



**В. А. СИЗЫХ**

---

# **СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ**

Учебник  
для подготовки  
квалифицированных  
мотористов-рулевых  
в системе  
профессионально-  
технического  
образования

---

**·ТРАНСПОРТ·**

**Сизых В. А.** Судовые энергетические установки: Учеб. для средних ПТУ.— 2-е изд., перераб. и доп.— М.: Транспорт, 1990.— 304 с.

В учебнике рассмотрены конструкции главных и вспомогательных дизелей энергетических установок, приведены основные сведения по устройству и принципам работы судовых механизмов, по ремонту энергетических установок и испытаниям их после ремонта.

Во втором издании учебника (1-е издание вышло в 1984 г.) отражены последние достижения в области судового машиностроения, указаны перспективы развития энергетических установок, более подробно изложены вопросы технического обслуживания, диагностирования и автоматизированного управления судовыми машинами и механизмами.

Учебник предназначен для учащихся средних ПТУ по специальности «Моторист-рулевой». Может быть использован при профессиональном обучении рабочих на производстве.

Ил. 176, библиогр. 21 назв.

Рецензент В. П. Фоменко

Заведующий редакцией Е. Д. Некрасова

Редактор А. А. Басенция

С  $\frac{3205030000-317}{049(01)-90}$  198-90

ISBN 5-277-00427-0

© Издательство «Транспорт», 1984

© В. А. Сизых, 1990, с изменениями и дополнениями.

Судовые машины и механизмы весьма многообразны и постоянно совершенствуются. В технической литературе практически о каждом из таких устройств имеются обширные сведения. Целью данного учебника является обобщение и представление в удобной для учащихся форме материалов о современных средствах судовой техники.

Второе издание учебника при сохранении в основном принятой структуры освобождено от излишне усложненного и второстепенного материала. Некоторые его главы и параграфы существенно сокращены, более подробно изложены вопросы технической эксплуатации установок и охраны окружающей среды, приведены необходимые сведения о перспективах развития судовых машин и механизмов. С учетом расширяющихся возможностей измерительной техники рассмотрены вопросы контроля, автоматизации управления и технического диагностирования дизелей.

По сравнению со вторым изданием в учебнике более четко изложены основные понятия и определения, предусмотренные действующей программой подготовки в средних профессионально-технических училищах специалистов по профессии моторист-рулевой. Тщательно составленные автором контрольные вопросы для самопроверки знаний, приведенные в конце каждого параграфа учебника, создают необходимые условия для самостоятельной работы учащихся по изучению программных заданий.

Кроме своего прямого назначения, учебник может быть полезен слушателям школ командного состава, учащимся и студентам техникумов (вузов), изучающим конструкции судового оборудования. Простейшая форма изложения, отсутствие сложного математического аппарата и наглядность иллюстраций учебника делают его доступным для практического применения и судовыми специалистами-эксплуатационниками.

При изучении материала следует учитывать, что, несмотря на значительный объем рассмотренных в учебнике вопросов, в нем не дается абсолютных рекомендаций по всем возможным положениям, с которыми может встречаться моторист-рулевой в своей практической работе. Поэтому в ряде случаев необходимо пользоваться сведениями из заводских инструкций, справочников и другой нормативной документацией.

## ВВЕДЕНИЕ

Современные суда оборудованы большим количеством машин и механизмов различного назначения, которые приводят их в движение с необходимой скоростью, содействуют созданию комфортных условий в жилых и служебных помещениях, выполняют перегрузочные операции, производят углубление, очистку водных путей и другие работы.

Комплекс устройств, предназначенных для полного удовлетворения всех потребителей на судне различными видами энергии, принято называть *судовой энергетической установкой* (СЭУ). Часть такой установки, обеспечивающую энергией основные производственно-технические нужды судна (движение, дноуглубительные работы), относят к *главной*, а вторую часть установки, предназначенную для снабжения электроэнергией, паром, горячей водой и другими энергоносителями неосновных потребителей, — к *вспомогательной*. Суда, выполняющие транспортную работу, могут иметь одну или несколько главных энергетических установок.

В состав каждой из них входят:

паровая машина, паровая турбина или двигатель внутреннего сгорания, преобразующие тепловую энергию в механическую;

механизм, передающий энергию от двигателя к движителю (как правило, гребному винту);

трубопроводы, контрольно-измерительные приборы (КИП), фильтры, теплообменные аппараты и другие устройства, обеспечивающие нормальную работу СЭУ.

В установках с паровыми машинами и паровыми турбинами рабочим телом (носителем тепловой энергии) является водяной пар, вырабатываемый паровым котлом.

Двигатели внутреннего сгорания (ДВС) подразделяют на поршневые и газотурбинные. Рабочим телом в них являются газы — продукты сгорания топлива в цилиндрах поршневых ДВС или специальных камерах газовых турбин. Степень использования тепловой энергии — коэффициент полезного действия (КПД) современных установок с поршневыми паровыми машинами составляет 20—22%; с паровыми турбинами 34—35%; газовыми турбинами 28—32%; поршневыми двигателями внутреннего сгорания 40—42%.

Тип, конструкция, компоновка и состав СЭУ определяются назначением и условиями эксплуатации судна. Существенное значение при выборе СЭУ имеют, кроме КПД, и такие ее пока-

затели, как габаритные размеры, масса, безопасность обслуживания, надежность работы при всех возможных условиях эксплуатации, продолжительность работы до капитального ремонта и другие характеристики. В настоящее время в наибольшей степени отвечают указанным требованиям установки с поршневыми двигателями внутреннего сгорания. *Двигатели*, используемые для вращения движителя (на транспортных судах) или для других основных производственных целей (на судах технического флота), называют *главными*. Остальные двигатели СЭУ, используемые на речных судах, как правило, для производства электрической энергии, относят к *вспомогательным*.

Основные элементы энергетических установок монтируют в специальных помещениях судна, называемых машинными. На пассажирских, грузопассажирских судах, ледоколах и буксирах-толкачах машинные помещения располагают ближе к средней части корпуса, а на грузовых теплоходах обычно — в корме судна. На судах специального назначения, например теплоходах с подводными крыльями, катамаранах и др., машинное помещение может быть размещено в кормовой или средней части в зависимости от конструкции корпуса.

При размещении механизмов в машинном помещении учитывают прежде всего их компактность, удобство обслуживания и ремонта. Механизмы общесудовых систем и обслуживающие главную энергетическую установку обычно размещают в промежутках между главными двигателями и бортами судна.

Для уменьшения шума вспомогательные двигатели СЭУ, спаренные с электрогенераторами, устанавливают на амортизаторах и располагают в специальных отсеках или отдельных выгородках со звукоизолирующими покрытиями. Аварийные электрогенераторы монтируют, как правило, на главной палубе в изолированных помещениях. Якорные, швартовные и буксирные лебедки устанавливают в основном на главной палубе, рулевые механизмы — в румпельном помещении на корме или в рулевой рубке.

Необходимые сведения об устройстве, принципе действия, техническом обслуживании и технологии ремонта СЭУ Вы можете получить в настоящей книге.

## ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ДИЗЕЛЯХ

## 1. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ДИЗЕЛЕЙ

Основные детали, механизмы и системы дизелей. В качестве машин, преобразующих тепловую энергию в механическую, на судах речного флота используют преимущественно поршневые двигатели внутреннего сгорания с самовоспламенением топлива в среде сжатого в цилиндре воздуха. Такие двигатели получили наименование дизелей по фамилии их изобретателя — немецкого инженера Р. Дизеля.

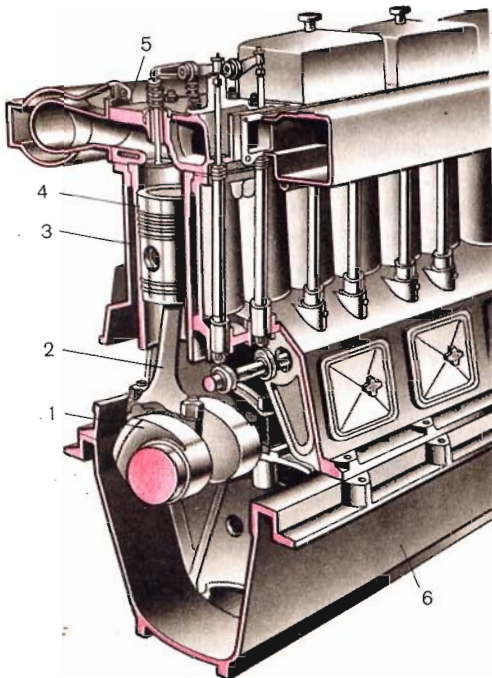


Рис. 1. Судовой дизель

Судовые дизели состоят из большого количества различных устройств, выполняющих в процессе их эксплуатации определенные функции. Остов дизеля образуют фундаментная рама 6 (рис. 1), станина и цилиндры 3, закрытые сверху крышками 5. У судовых дизелей станина и цилиндры чаще всего выполнены в виде общей отливки, называемой *блок-картером*.

Внутри цилиндра передвигается поршень 4, шарнирно связанный с шатуном 2, нижняя часть которого шарнирно соединена с коленчатым валом 1. Поршень, шатун и коленчатый вал образуют кривошипно-шатунный механизм, преобразующий поступательное движение поршня во вращательное движение коленчатого вала. Крайние положения поршня в цилиндре называют *мертвыми точками*, а расстояние, проходимое поршнем при его движении от одной мертвой точки до другой, — *ходом поршня*. Каждому ходу поршня соответствует поворот коленчатого вала на  $180^\circ$ .

Кроме перечисленных основных деталей остова, поршней, шатунов и коленчатого вала, дизель имеет еще целый комплекс механизмов, узлов, аппаратов и приборов, обеспечивающих его работу, называемых *системами*. Заполнение цилиндров воздухом (свежим зарядом) и очистку их в нужный момент от продуктов сгорания топлива осуществляет, например, *система газораспределения*. Очистку, хранение и подачу топлива в цилиндры выполняют уст-

ройства *топливной системы*. Непрерывное смазывание трущихся деталей дизеля обеспечивает *смазочная система*. При работе дизеля цилиндры и их крышки, поршни, выпускной коллектор и другие детали интенсивно нагреваются. Для отвода теплоты от этих деталей дизеля используется *система охлаждения*. С помощью системы регулирования автоматически поддерживается с определенной точностью заданная частота вращения коленчатого вала. В процессе эксплуатации судна возникает необходимость в изменении частоты вращения коленчатого вала, а также в пуске, реверсировании (обеспечении хода судна вперед или назад) и остановке дизеля. Эти операции выполняет *система управления*. Нормальная и безаварийная работа дизеля контролируется с помощью *системы предупредительно-аварийной сигнализации и защиты*.

Кроме перечисленных групп деталей, механизмов и систем, в конструкции дизелей могут быть и другие устройства, например средства приготовления и хранения сжатого воздуха, утилизации (использования теплоты выпускных газов), нейтрализации (обезвреживания) выпускных газов и т. п.

**Четырехтактные дизели.** При работе двигателя в его цилиндрах происходят термодинамические процессы впуска (наполнения цилиндров свежим зарядом воздуха), сжатия заряда, воспламенения и сгорания топлива, расширения газообразных продуктов сгорания топлива и выпуска их из цилиндров. Названные процессы в определенной последовательности периодически повторяются в каждом цилиндре двигателя. В комплексе все эти процессы, обеспечивающие преобразование химической энергии топлива в тепловую и механическую, называют *циклом*, а часть цикла, осуществляе-

мую в цилиндре за один ход поршня, — *тактом*. Цикл у поршневых двигателей внутреннего сгорания может совершаться за четыре или два хода поршня (два или один оборот кривошипа). Поэтому *двигатели* называют соответственно *четырёх-* или *двухтактными*.

Рассмотрим принцип действия четырехтактного дизеля. Предположим, что поршень *б* (рис. 2, *а*) при вращении коленчатого вала *8* через шатун *7* перемещается от верхней мертвой точки (ВМТ) к нижней мертвой точке (НМТ). Впускной клапан *2* системой газораспределения открыт, а выпускной клапан *4* закрыт. По мере движения поршня вниз объем над ним увеличивается, а давление падает. И когда оно становится ниже атмосферного (менее 0,1 МПа), в пространстве между крышкой *1*, стенками цилиндра *5* и поршнем *б* поступает воздух. Осуществляется такт *впуска* (наполнения) цилиндра. Объем цилиндра, освобожденный поршнем при его движении от ВМТ к НМТ, называется *рабочим*  $V_s$ , а объем над поршнем, когда последний находится в НМТ, — *полным* объемом цилиндра  $V_a$ .

Чем больше воздуха будет в цилиндрах дизеля, тем больше можно сжечь в них топлива и, следовательно, получить большую мощность. Всаживание воздуха из атмосферы не может начаться сразу же с началом движения поршня от ВМТ, так как давление остаточных газов в цилиндре в первый момент выше атмосферного. Поэтому для увеличения массы воздуха в цилиндре дизеля впускные клапаны открываются несколько раньше (до прихода поршня в ВМТ), когда кривошип (колесо) вала *8* не доходит до ВМТ на угол  $\varphi_1$ . О том, как протекает рабочий цикл в цилиндрах дизеля, можно судить по индикаторной диаграмме (замкнутой кривой), которую получают

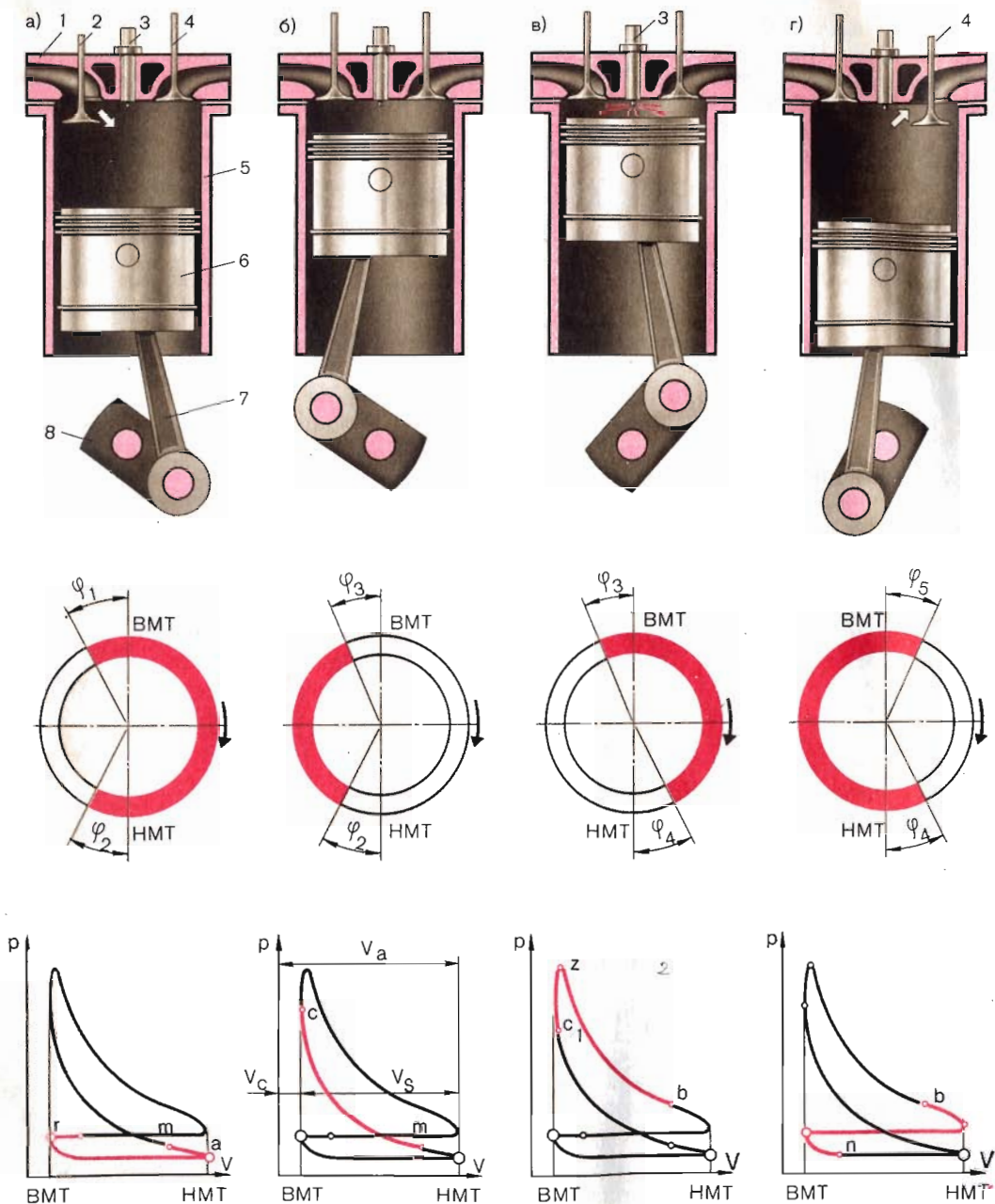


Рис. 2. Рабочий цикл четырехтактного дизеля



во время работы дизеля с помощью специального прибора (индикатора). По вертикальной оси диаграммы можно определить давление газов  $p$  в зависимости от их объема  $V$ , т. е. положения поршня в цилиндре. Изменение давления в период *впуска* воздуха на индикаторной диаграмме изображено линией *ram*. Давление при впуске воздуха в цилиндры остается практически постоянным. Когда поршень придет в НМТ, всасывание воздуха не прекратится и даже продолжается при движении поршня вверх, пока давление в цилиндре не станет выше атмосферного. Процесс впуска завершается по диаграмме в точке *m*, когда поршень перейдет НМТ и начнет двигаться вверх, а кривошип коленчатого вала повернется от НМТ на угол  $\varphi_2$ . Последовательность открытия и закрытия клапанов показана на круговой диаграмме распределения. Моменты открытия и закрытия их называют *фазами газораспределения*. Значения углов опережения открытия клапанов и запаздывания их закрытия устанавливают в каждом конкретном случае при заводских испытаниях дизелей.

В момент закрытия впускного клапана поршень, двигаясь к ВМТ (рис. 2, б), будет сжимать поступивший в цилиндр воздух. Процесс *сжатия*, сопровождаемый повышением давления и температуры воздуха, показан на индикаторной диаграмме линией *mc*. Температура воздуха в конце сжатия должна находиться в пределах, достаточных для самовоспламенения топлива. Обычно избыточное давление воздуха в конце сжатия достигает 3—10 МПа, а температура 580—800 °С. С приходом поршня в ВМТ объем над ним уменьшается до  $V_c$  — объема камеры сжатия. Отношение полного объема цилиндра к объему камеры сжатия  $V_a/V_c$  называют *степенью сжатия*  $\epsilon$ . Оно показывает,

во сколько раз уменьшается объем газов в цилиндре за ход сжатия. У дизелей  $\epsilon$  колеблется от 12 до 18.

Так как топливо самовоспламеняется не сразу в момент впрыскивания, оно подается в цилиндр через форсунку 3 (рис. 2, в) в конце такта сжатия (до прихода поршня в ВМТ). На индикаторной диаграмме момент подачи топлива соответствует точке  $c_1$ . Кривошип коленчатого вала в этом случае не доходит до ВМТ на угол  $\varphi_3$ , называемый *углом опережения подачи топлива*. При сгорании топлива избыточное давление и температура газов в цилиндрах дизеля (в точке *z* по диаграмме) возрастают соответственно до 6—15 МПа и 1400—1900 °С. Поршень под давлением газов смещается вниз к НМТ, поворачивая через шатун коленчатый вал.

Объем рабочего газа увеличивается, а давление его понижается. Происходит процесс *расширения* продуктов сгорания топлива. По индикаторной диаграмме он заканчивается в точке *b* до прихода поршня в НМТ. Так как газ при расширении совершает полезную работу, этот ход поршня называют *рабочим*.

До прихода поршня в НМТ (в конце рабочего хода) открывается выпускной клапан 4 (рис. 2, г), и продукты сгорания топлива вытесняются из цилиндра в выпускной коллектор. Чем большая масса газов будет удалена из цилиндра, тем, следовательно, при последующем такте впуска в него больше поступит воздуха. Поэтому процесс *выпуска* (линия *bn*) начинается с опережением на угол  $\varphi_4$  и заканчивается с опозданием на угол  $\varphi_5$ . С запаздыванием закрытия выпускного клапана продукты сгорания топлива даже при движении поршня вниз еще некоторое время, вследствие большой скорости истечения, вытесняются в выпускной коллектор по инер-

ции. Избыточное давление газов в начале выпуска (в точке *b* по индикаторной диаграмме) составляет 0,3—1,0 МПа, а температура 800—1050 °С. В период выпуска давление и температура газов понижаются соответственно до 0,11—0,25 МПа и 450—650 °С. Затем цикл повторяется. Как видно из рассмотренной схемы работы, в конце такта выпуска и начале такта впуска цилиндры четырехтактного дизеля при открытых впускных и выпускных клапанах некоторое время сообщаются как с впускным, так и выпускным коллектором. За этот период происходит *продувка* (принудительная вентиляция) камеры сгорания свежим зарядом воздуха. Продолжительность одновременного открытия клапанов должна быть достаточной для завершения очистки цилиндра от продуктов сгорания топлива при условии восстановления потерь свежего заряда воздуха, уходящего с выпускными газами в период вентиляции камеры сгорания.

**Двухтактные дизели.** У четырехтактных дизелей рабочий цикл осуществляется за четыре такта (два оборота коленчатого вала), причем только один ход поршня является рабочим, а остальные три совершаются в результате работы расширения продуктов сгорания топлива. В двухтактных дизелях рабочий цикл совершается за два такта (один оборот коленчатого вала). Такие дизели в простейшем варианте не имеют впускных и выпускных клапанов в крышках *3* (рис. 3, *a*). Воздух в цилиндры *2* двухтактных дизелей нагнетает продувочный насос. Окна *б* поэтому называют *продувочными*. Газы выпускаются из цилиндров через окна *a*.

Процессы сжатия, сгорания и расширения в двухтактных дизелях осуществляются так же, как и в четырехтактных. Предположим, что поршень

5 движется вверх, как показано на рис. 3, *a*. В конце хода поршня через форсунку *4* в цилиндр *2* дизеля впрыскивается топливо. Смесь топлива с воздухом самовоспламеняется, и образовавшиеся при его сгорании газы, расширяясь, перемещают поршень 5 вниз. В момент открытия поршнем выпускных окон *a* газы выходят в выпускной коллектор *1* и давление в цилиндре *2* падает. Процесс выпуска газов продолжается до тех пор, пока поршень 5 при движении к НМТ не откроет продувочные окна *б* (рис. 3, *б*). С этого момента в цилиндре будут происходить одновременно два процесса: выпуск продуктов сгорания топлива и впуск воздуха (продувка цилиндров). Так как расширение газов является в данном такте основным процессом при движении поршня от ВМТ к НМТ, его называют *рабочим ходом*. Работа расширения газов при помощи шатуна *б* передается кривошипу *7*.

При движении поршня вверх от НМТ к ВМТ процесс продувки цилиндра осуществляется до тех пор, пока поршень верхней кромкой не закроет продувочные окна. После продувочных перекрываются выпускные окна и происходит сжатие заряда, т. е. свежего воздуха и оставшихся в цилиндре продуктов сгорания топлива. Процесс сжатия является основным при движении поршня от НМТ к ВМТ, поэтому и такт называют *тактом сжатия*. С приближением поршня к ВМТ в цилиндр через форсунку *4* впрыскивается топливо и цикл повторяется.

**Сравнительная характеристика четырех- и двухтактных дизелей.** Сравнение рабочих циклов дизелей показывает, что при одних и тех же размерах (диаметре цилиндра, ходе поршня) и при равной частоте вращения коленчатых валов двухтактные дизели должны развивать вдвое большую мощ-

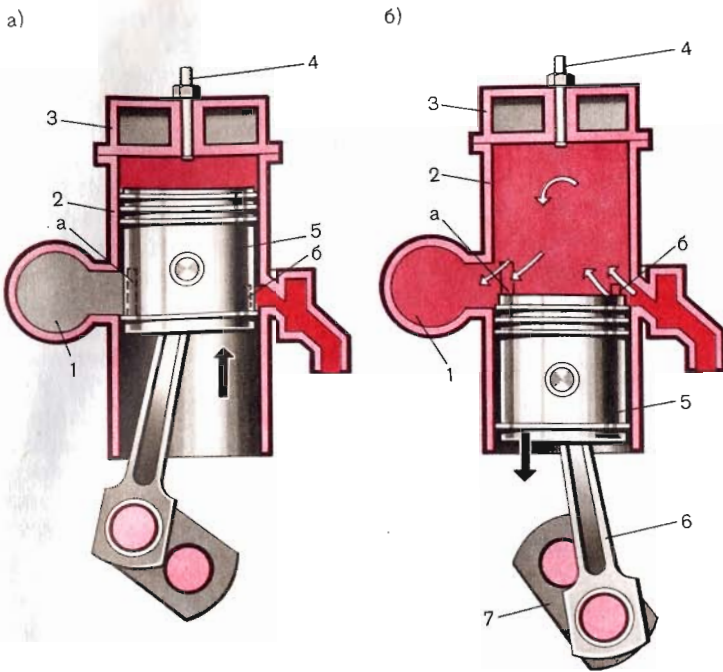


Рис. 3. Схема двухтактного дизеля

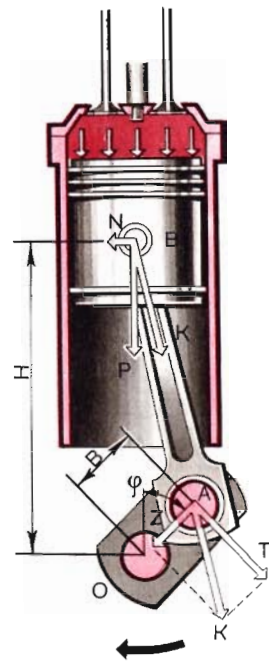


Рис. 4. Схема сил, действующих на основные детали дизеля

ность, чем четырехтактные. С точки зрения работы газа часть хода поршня двухтактного дизеля, используемая на продувку цилиндров, считается потерянной, поэтому практически двухтактный дизель при указанных выше одинаковых условиях развивает мощность не вдвое, а только в 1,7—1,8 раза больше четырехтактного. Устройство двухтактных дизелей с продувкой через окна в цилиндре проще четырехтактных, поэтому их легче обслуживать. Так как рабочий цикл в двухтактных дизелях совершается за один оборот коленчатого вала, последний вращается равномернее, чем у четырехтактных дизелей.

Однако в связи с более частым повторением процесса сгорания детали двухтактных дизелей испытывают боль-

шие температурные напряжения. Несмотря на простоту устройства и обслуживания двухтактные дизели вследствие худшей очистки цилиндров, дополнительных затрат энергии на привод продувочного насоса и более высокий расход топлива менее экономичны, чем четырехтактные. Поэтому на речном транспорте получили наибольшее распространение четырехтактные дизели.

Следует отметить, что с увеличением мощности и уменьшением частоты вращения коленчатых валов двухтактных дизелей их экономичность резко возрастает и приближается к экономичности четырехтактных, поэтому дизели с рабочим объемом цилиндра более 215 дм<sup>3</sup> делают, как правило, двухтактными.

**Силы и моменты, действующие в дизеле.** Во время работы дизеля на поршни действуют силы давления газов, силы инерции, вес движущихся частей и силы трения. Первые определяют как произведение давления газов на площадь поршня, вторые равны произведению масс движущихся деталей на их ускорение и направлены в сторону, противоположную ускорению. Значение сил тяжести подвижных деталей находят опытным путем. Силы трения вычислить точно невозможно, поэтому их относят к сопротивлению того механизма, который приводится в действие.

Наиболее значительными являются силы от давления газов и силы инерции движущихся масс. Предположим, что в какой-то момент к поршню приложена равнодействующая всех указанных сил  $P$  (рис. 4). Силу  $P$ , направленную по оси цилиндра, можно разложить на две составляющие:  $K$ , направленную по оси шатуна  $AB$ , и силу  $N$ , перпендикулярную к оси цилиндра. Если силу  $K$  перенести по оси шатуна в точку  $A$ , то ее также можно разложить на две составляющие: радиальную силу  $Z$ , направленную по радиусу  $AO$  к центру коленчатого вала, и касательную  $T$ . Сила  $N$  прижимает поршень к стенке цилиндра и, умноженная на плечо  $H$ , создает опрокидывающий момент, стремящийся «оторвать» неподвижные детали дизеля от судового фундамента. Радиальная сила  $Z$  увеличивает давление подвижных деталей на подшипники коленчатого вала. Касательная сила  $T$ , действуя на плече  $OA$ , равному радиусу кривошипа коленчатого вала  $R$ , создает вращающий момент. Так как сила  $P$  не является постоянной, в зависимости от угла поворота  $\varphi$  кривошипа вала изменяется и вращающий момент, причем, когда поршень находится в мертвых точках, его значение равно нулю. С изменением

вращающего момента меняются и нагрузки на детали дизеля, значительное колебание которых нежелательно. Если считать момент сопротивления вращению вала постоянным, то ясно, что при вспышках топлива в цилиндрах вращающий момент будет превышать момент сопротивления, а в периоды между вспышками, наоборот, будет меньше момента сопротивления. Изменение вращающего момента в течение цикла приводит к изменению и частоты вращения коленчатого вала. Неравномерность вращения вала оценивают *степенью неравномерности*  $\delta$ , которую определяют как отношение разности максимальной и минимальной частоты вращения коленчатого вала за цикл работы дизеля к средней частоте вращения, т. е.

$$\delta = (n_{\max} - n_{\min}) / n_{\text{ср.}}$$

Значения степеней неравномерности приводятся в формулярах дизелей: при работе дизелей на гребной винт  $\delta = 1/20 \div 1/40$ ; на генератор  $\delta = 1/100 \div 1/300$ .

Для достижения необходимой степени неравномерности вращения на коленчатом валу устанавливают маховик, представляющий собой диск с массивным ободом. С увеличением вращающего момента, когда он превышает момент сопротивления, маховик накапливает кинетическую энергию. При уменьшении вращающего момента аккумулированная в маховике энергия расходуется на преодоление сопротивления. На частоту вращения вала оказывает влияние и число цилиндров дизеля. В многоцилиндровых дизелях касательные силы на коленчатый вал передаются поочередно от всех цилиндров, и он вращается равномернее. Для выравнивания вращающего момента вспышки топлива в различных цилинд-

рах чередуют равномерно по углу поворота вала. Последовательность (порядок) работы цилиндров может быть различной. Ее выбирают с учетом равномерного распределения нагрузки на подшипники коленчатого вала, что возможно только в том случае, если одноименные такты совершаются в

цилиндрах двигателей внутреннего сгорания, например, в такой последовательности 1—5—3—6—2—4; 1—4—2—6—3—5. Нумерацию цилиндров производят от места отбора мощности (для вспомогательных дизелей от электрогенератора, для главных — с кормы на нос).

---

1. Что входит в состав судовой энергетической установки? 2. Какие судовые механизмы называют главными и какие вспомогательными? 3. Из каких основных деталей, механизмов и систем состоит дизель? 4. Какими характерными признаками определяется тактность дизеля? 5. Чем отличаются понятия «такт» и «рабочий процесс»? 6. Как протекает

рабочий цикл в цилиндре четырехтактного дизеля? 7. Каков принцип работы двухтактного дизеля? 8. Почему на речных судах преимущественное распространение получили четырехтактные дизели? 9. Какие силы действуют на кривошипно-шатунный механизм дизеля? 10. Как снижают неравномерность вращения коленчатого вала?

---

## 2. ПОНЯТИЕ О ТОПЛИВЕ И ПРОЦЕССЕ СГОРАНИЯ ЕГО В ДИЗЕЛЯХ

**Физико-химические свойства топлива.** Судовые дизели работают на жидком топливе. Основными химическими элементами, входящими в состав топлива, являются углерод и водород. Топливо для дизелей, как правило, содержит 83—87% углерода и 11—14% водорода. Кроме углерода и водорода, в состав топлива могут входить сера, кислород, азот, водорастворимые кислоты и щелочи, различные механические примеси и вода. Сера в топливе содержится в виде различных соединений, наличие которых крайне нежелательно. При сгорании сера превращается в сернистый газ, который при реакции с водой образует сернистую или серную кислоты, вызывающие повышенную коррозию внутренних поверхностей цилиндров, стенок цистерн, трубопроводов и деталей топливной аппаратуры. По этой же причине нежелательно содержание в топливе и других кислот и щелочей. Содержание серы в топливе различных марок должно быть не более 0,5—3%. Вредными составляющими

топлива являются также высокомолекулярные соединения с плотностью, превышающей 1 г/см<sup>3</sup>, называемые смолами. Они увеличивают количество осадков в топливе, повышают коррозионную активность последнего, ухудшают работу топливной аппаратуры и при сгорании в виде нагара откладываются на стенках деталей цилиндропоршневой группы. Содержание смол в топливе допускается не более 50 мг на 100 мл. Доля азота и кислорода в топливе по массе незначительна: первого 0,1—0,2%, второго — не более 1%. Азотистые соединения практически не влияют на качество сгорания. Кислород, как известно, поддерживает горение. Однако в составе различных соединений кислот, смол и других примесей он оказывает вредное воздействие на детали дизеля.

Механические примеси состоят из частиц органического и неорганического происхождения. Наличие в топливе механических примесей приводит к интенсивному изнашиванию топливной

аппаратуры и деталей цилиндропоршневой группы. Чтобы обеспечить нормальные условия эксплуатации дизелей, количество механических примесей в топливе не должно превышать по массе 0,02—0,03%.

Содержание воды в топливе также нарушает нормальную работу дизеля и ускоряет изнашивание его деталей. Согласно требованиям государственных стандартов воды в топливе должно быть не более 1,5%.

Жидкое топливо характеризуется и рядом других физико-химических свойств: плотностью, теплотой сгорания, вязкостью, температурами вспышки, самовоспламенения и кристаллизации (застывания).

Плотность определяется массой 1 м<sup>3</sup> топлива при температуре 20 °С. Для судовых дизелей используют топлива с плотностью более 800 кг/м<sup>3</sup>.

Основным свойством, определяющим качество топлива как носителя тепловой энергии, является теплота сгорания. Количество теплоты, выделяемой при полном сгорании 1 кг топлива (теплота сгорания), для дизелей колеблется в пределах 40—43 МДж/кг. При большей теплоте сгорания топлива обеспечивается меньший расход его в дизеле. Это особенно важно для судовых дизелей, так как при заданном запасе топлива увеличивается автономность плавания судна. Нормирование и отчетность по расходу горючего на судах ведутся в единицах условного топлива. Так называют топливо с теплотой сгорания 29,307 МДж/кг. Например, если СЭУ за отчетный период израсходовано 50 т дизельного топлива с теплотой сгорания 42,5 МДж/кг, то это будет составлять  $50 \cdot 42,5 / 29,307 = 72,5$  т условного топлива.

Качество сгорания топлива в дизелях во многом зависит от его вязкости,

под которой понимают свойство жидкости оказывать сопротивление перемещению одних ее частиц относительно других. С уменьшением вязкости топлива смазочные свойства его несколько ухудшаются. Значительное снижение вязкости топлива может привести к повышенному изнашиванию деталей топливной аппаратуры. С увеличением вязкости снижается качество распыливания топлива, увеличивается его расход, затрудняется пуск дизеля. Вязкость топлива при повышении температуры уменьшается, поэтому сорта топлив с высокой вязкостью перед впрыскиванием в цилиндры подогревают до 40—70 °С. О возможности применения топлива при низких температурах окружающей среды судят по температуре кристаллизации, когда выпадающие из топлива кристаллы углеводов затрудняют его подачу к форсунке. Момент образования кристаллов характеризуется температурой помутнения. Текучесть топлива полностью прекращается с достижением температуры застывания. Она определяет условия, при которых топливо теряет способность перемещаться. При температуре застывания топлива выше 5 °С в топливную систему включают устройства для его подогрева.

Пожарную безопасность топлива характеризует температура вспышки, т. е. минимальная температура окружающей среды (воздуха), при которой пары топлива вспыхивают от соприкосновения с пламенем. Топливо для судовых дизелей должно иметь температуру вспышки не ниже 60 °С.

В дизелях, как указывалось, топливо самовоспламеняется при соприкосновении с нагретым в цилиндре воздухом. Поэтому одной из его важных характеристик является температура самовоспламенения, т. е. такая минимальная температура нагрева, при ко-

торой топливо воспламеняется в присутствии воздуха без постороннего источника зажигания. Обычно у дизельных топлив температура самовоспламенения не превышает 400 °С.

Для улучшения естественных свойств в топливо вводят различные присадки, способствующие лучшему его распыливанию, а также снижающие изнашивание, нагарообразование и предотвращающие коррозию деталей дизеля.

**Топливо для дизелей.** Затраты на топливо составляют основную долю расходов по эксплуатации судна, поэтому выбор марки топлива для каждого типа дизеля обосновывают экономическими расчетами с определением народнохозяйственного эффекта. Марки и характеристики топлив, выпускаемых отечественной промышленностью, приводятся в соответствующих государственных стандартах. Судовые дизели работают на легком (дизельном) или тяжелом (газотурбинном или моторном) топливе. Дизельное топливо марки Л (летнее) используют в дизелях, эксплуатируемых при температуре окружающего воздуха не ниже 0 °С, марки З (зимнее) — при температуре воздуха от 0 °С до минус 20 °С, А (арктическое) — от минус 20 °С и ниже.

Вязкость дизельного топлива марки Л колеблется в пределах 3,0—6,0 мм<sup>2</sup>/с; марки З — 1,8—5,0 мм<sup>2</sup>/с; марки А — 1,5—4 мм<sup>2</sup>/с.

Количество серы в названных марках дизельного топлива определяется первой цифрой. Например, марка Л-0,2-60 означает, что в летнем топливе с температурой вспышки 60 °С массовая доля серы составляет 0,2%; марка З-0,2-35 — в зимнем топливе с температурой застывания минус 35 °С содержится до 0,2% серы; в топливе марки А-0,4 массовая доля серы достигает 0,4%.

Использование лучших марок топ-

лива экономически невыгодно, так как они имеют более высокую стоимость. На речном транспорте широкое применение получило газотурбинное топливо ТГ и ТГВК (газотурбинное высшей категории качества). В топливе марки ТГВК содержится до 1% серы, в топливе марки ТГ — до 3%. Температура застывания топлива обеих марок не выше 5 °С, а теплота сгорания около 40 МДж/кг. Газотурбинное топливо несколько дешевле дизельного. Низкую стоимость имеет и моторное топливо марки ДТ с содержанием серы от 0,5 до 1,5%. Газотурбинное и моторное топлива имеют повышенную вязкость, поэтому дизели, работающие на этих марках топлив, оборудуют устройствами для их подогрева и предварительной очистки. В последнее время для работы дизелей используют смеси дизельного и моторного топлив или при пуске, во время маневров и перед остановкой двигателя — дизельное, а в остальных случаях — моторное.

**Смесеобразование в дизелях.** Для полного сгорания топливо в цилиндре должно быть распылено на мельчайшие капли, тщательно перемешано с частицами воздуха и равномерно распределено по объему камеры сгорания. Процесс подготовки топлива к сжиганию называют *смесеобразованием*. На мельчайшие частицы топливо начинает дробиться в момент выхода из отверстий форсунки 2 (рис. 5, а). Количество струй определяется числом отверстий в форсунке. Чем их больше, тем равномернее распределяется топливо в камере сгорания. Скорость истечения топлива из форсунки достигает 250—350 м/с, а давление впрыскивания 40—100 МПа. Необходимое для распыливания топлива давление создает специальный насос, называемый топливным насосом высокого давления (ТНВД).

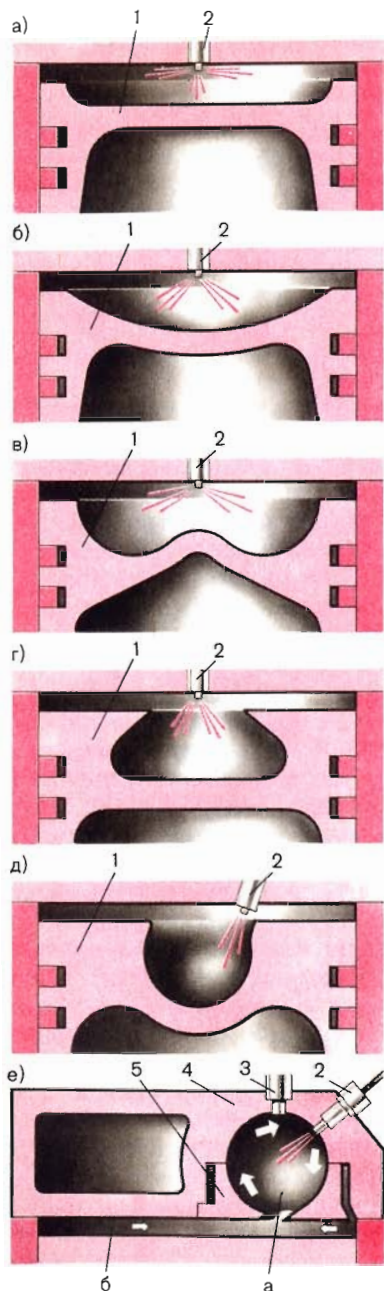


Рис. 5. Формы камер сгорания

Форма камер сгорания должна соответствовать количеству, направлению и длине струй топлива. В ней не должно быть «мертвых пространств», в которые не проникло бы распыленное топливо. Площадь поверхности камеры должна быть возможно наименьшей. Чем она меньше, тем меньше и потери теплоты через стенки камеры. В зависимости от числа и конструкции камер сгорания в дизелях может осуществляться одно- или двухкамерное смесеобразование. При однокамерном смесеобразовании формы камер сгорания судовых четырехтактных дизелей определяются конфигурацией верхней части (днищ) поршней. Наибольшее распространение получили камеры сгорания с плоским (см. рис. 5, а), с полусферическим углублением днища (рис. 5, б), с выступом в центре днища (рис. 5, в), с углублением трапециевидальной формы (рис. 5, г) и сферическим углублением днища (рис. 5, д). Частицы воздуха в таких камерах при движении поршня вверх перемещаются в различных направлениях с неодинаковой скоростью, что обеспечивает их лучшее перемешивание с топливом. В камерах с плоским и полусферическим углублением днища поршня 1 (см. рис. 5, а, б) основная масса воздуха сосредоточивается в районе форсунки 2. При таких формах камер исключается попадание частичек топлива на стенки цилиндра. Однако при сгорании в них топлива днища поршней усиленно нагреваются, из-за чего усложняются условия работы верхних поршневых колец. Кроме того, в центре камеры образуется «мертвое пространство», куда не попадают частицы топлива. В результате неравномерности распределения частиц топлива снижается эффективность процесса смесеобразования. Форме струй топлива в наибольшей степени соответствует камера



сгорания с выступом в центре днища поршня (см. рис. 5, в), основная масса воздуха в которой находится вдали от форсунки. Движение воздуха в таких камерах близко к вихреобразному, и условия для качественного смесеобразования в них лучше. Недостатком камеры является повышенный нагрев выступа в центре днища и кольцевого выступа по образующей поршня.

Наиболее организованное вихреобразное движение воздуха осуществляется в камерах с углублением трапецидальной формы (см. рис. 5, г) конструкции Центрального научно-исследовательского дизельного института (ЦНИДИ). Однако при сгорании топлива в таких камерах значительно нагреваются днище и стенки поршня, из-за чего они могут применяться лишь в дизелях небольших размеров.

Рассмотренные способы смесеобразования называют *объемными*, так как при подготовке к сжиганию доза топлива полностью распыливается в объеме соответствующей камеры. В некоторых дизелях с диаметром цилиндра до 140 мм осуществляется объемно-плечное смесеобразование. Камера сгорания таких дизелей образуется сферическим углублением в днище поршня 1 (см. рис. 5, д). При впрыскивании топлива через форсунку 2 около 95% его оседает на стенках поршня 1 и лишь около 5% распыливается в камере. Процесс сгорания топлива в камерах с объемно-плечным смесеобразованием можно условно разделить на две стадии: вначале самовоспламеняется распыленное топливо, а затем по мере испарения сгорает и топливная пленка, покрывающая стенки камеры. Частично объемно-плечное смесеобразование происходит и в камерах ЦНИДИ (см. рис. 5, г). Дизели с камерой, показанной на рис. 5, д, отличаются наиболее мягкой работой, так как

топливо в них сгорает постепенно и скорость нарастания давления в период сгорания сравнительно невысока.

При однокамерном смесеобразовании топливо в цилиндры дизеля подается с высоким давлением через 6—8 отверстий диаметром 0,2—0,5 мм. Чтобы обеспечить высокое давление впрыскивания топлива, дизели оборудуют сложной топливной аппаратурой. В целях упрощения топливной аппаратуры и процесса обслуживания отдельные дизели небольшой мощности имеют две камеры сгорания: в крышке цилиндра и в пространстве под крышкой. Камеры в крышке 4 (рис. 5, е) обычно сферической формы часто делают со вставной горловиной 5, которая выполняет функции теплового аккумулятора. Горловина нагревается при работе дизеля и повышает температуру сжатого воздуха.

Во время такта сжатия воздух из камеры б в дизелях с двухкамерным смесеобразованием по соединительному каналу поступает в камеру а. Последний имеет сферическую форму, и воздух движется в ней вихреобразно. Поэтому такой способ смесеобразования называют *вихрекамерным*. В вихревую камеру поступает 70—80% всего объема воздуха. Здесь сгорает основная часть топлива, подаваемого через форсунку 2. При воспламенении топлива давление в вихревой камере возрастает и продукты сгорания с частицами несгоревшего топлива выходят в камеру б, где они окончательно догорают. Вследствие большой скорости движения и интенсивного вихреобразования топливо в таких камерах хорошо распыливается и перемешивается с воздухом. Дизели с двухкамерным смесеобразованием имеют несколько упрощенную топливную аппаратуру. Топливо в них впрыскивается при давлении 12—24 МПа через форсунку

с одним отверстием диаметром более 1 мм. Они менее чувствительны к качеству очистки топлива. Однако крышки цилиндров у них имеют более сложную конструкцию. Чтобы облегчить пуск дизелей, в вихревых камерах часто устанавливают спирали накаливания (запальные свечи) 3. Дизели с двухкамерным смесеобразованием расходуют больше топлива на единицу мощности, чем однокамерные, из-за чего снижается их экономичность и ограничивается область применения. На судах такие дизели, как правило, используют в качестве вспомогательных.

**Основные сведения о процессе сгорания топлива.** Поступающее в цилиндр дизеля топливо воспламеняется не сразу. Сначала частички его испаряются в среде сжатого воздуха, перемешиваются с воздухом и нагреваются до температуры самовоспламенения. На это затрачивается 0,001—0,005 с. Кривошип коленчатого вала за этот период повернется на некоторый угол, поэтому впрыскивание топлива в цилиндр производят до прихода поршня в ВМТ.

У судовых дизелей в зависимости от их типа, частоты вращения коленчатого вала, сорта топлива и других показателей угол опережения впрыскивания топлива колеблется от 15 до 33°. Время, прошедшее с момента поступления частиц топлива в цилиндр до начала их горения, называют *периодом задержки самовоспламенения*.

Чтобы обеспечить нормальную (мягкую) работу дизеля, необходимо стремиться к уменьшению периода задерж-

ки самовоспламенения, следить за герметичностью деталей цилиндропоршневой группы и поддерживать дизель в горячем состоянии. При хорошей герметизации камеры сгорания повышается давление сжатия воздуха в цилиндре. С возрастанием давления сжатия увеличивается плотность воздуха, улучшается теплообмен между воздухом и топливом, снижается температура самовоспламенения топлива, уменьшается период задержки самовоспламенения. Теплообмен между воздухом и топливом улучшается также и при повышении температуры воздуха. Известно, что холодный дизель при пуске иногда работает жестко (со стуками в цилиндре). Стуки прекращаются по мере нагрева дизеля.

Период задержки самовоспламенения определяется также составом топлива, качеством его распыливания в цилиндре и во многом зависит от самовоспламеняемости топлива. Это свойство топлива характеризуется цетановым числом. Его определяют в лабораторных условиях по совпадению периода задержки самовоспламенения эталонного и испытуемого топлив. Цетановое число соответствует процентному содержанию цетана в эталонной смеси, период задержки самовоспламенения которой такой же, как и испытуемого топлива. Чем выше цетановое число топлива, тем короче его период задержки самовоспламенения и тем лучше пусковые качества дизеля. Для обеспечения наиболее мягкой работы дизелей цетановое число топлива должно быть не ниже 45.

1. Какими основными физико-химическими показателями характеризуется жидкое топливо? 2. Какие марки топлив применяют для дизелей? 3. Что понимают под периодом задержки самовоспламенения топлива? 4. Какое свойство

топлива характеризует цетановое число? 5. В чем заключается процесс смесеобразования в дизелях? 6. Какие камеры сгорания применяют в судовых дизелях, как они устроены, их преимущества и недостатки?

### 3. МОЩНОСТЬ, ЭКОНОМИЧНОСТЬ И КЛАССИФИКАЦИЯ ДИЗЕЛЕЙ

**Индикаторная и эффективная мощности.** Совершенство протекания рабочего цикла в дизеле характеризуется прежде всего его мощностью, т. е. работой, произведенной в единицу времени.

Работу газов в цилиндре за один рабочий цикл  $L_{и}$  можно определить по площади *индикаторной диаграммы*  $f$  (рис. 6). При испытаниях дизелей площадь диаграммы измеряют планиметром. Полученная при этом площадь с учетом масштаба диаграммы и будет соответствовать определяемой работе. Ее можно вычислить также по формуле

$$L_{и} = p_i FS,$$

где  $p_i$  — среднее индикаторное давление;  $F$  — площадь поршня;  $S$  — ход поршня.

*Средним индикаторным давлением*  $p_i$  называют условное постоянное по значению давление, которое, действуя на поршень, совершило бы за один ход работу, равную работе цикла.

Графически среднее индикаторное давление (рис. 6, а) представляет в определенном масштабе высоту прямоугольника с основанием  $S$ , равновеликого по площади диаграмме цикла, т. е.  $p_i = f/Sm$ , где  $m$  — масштаб диаграммы по оси давлений. При отсутствии планиметра  $p_i$  определяют по средней ординате (рис. 6, б). Для этого длину  $S$  диаграммы рабочего цикла делят на 10 или более равных частей  $p_1, p_2, \dots, p_{10}$  (чем больше частей, тем выше точность определения). Среднюю ординату находят по формуле

$$p_i = \frac{p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_{10}}{10m}.$$

В четырехтактных дизелях рабочий цикл совершается за два оборота коленчатого вала, т. е. они имеют коэффициент тактности  $k=2$ . Поэтому при повороте вала на  $360^\circ$  (один оборот) работа газов  $L_{об} = p_i FS/k$ . При умножении данного выражения на частоту вращения коленчатого вала в секунду

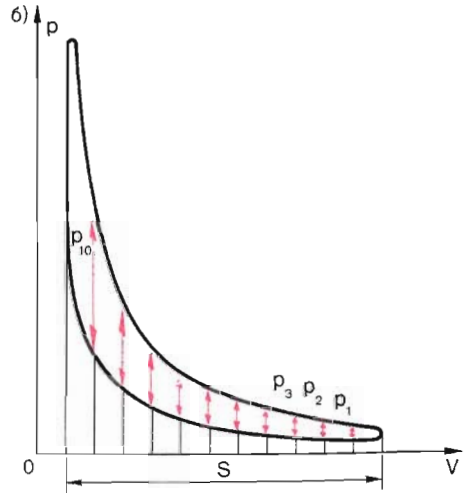
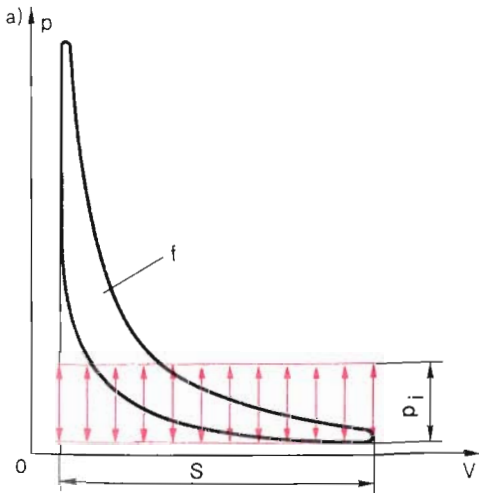


Рис. 6. Индикаторные диаграммы дизеля

$n/60$  получим работу в секунду, т. е. мощность. *Индикаторная мощность*, развиваемая газами при работе в одном цилиндре,  $N_{iu} = p_i F S n / (60k)$ . Индикаторная мощность дизеля, имеющего  $z$  цилиндров,  $N_i = p_i F S n z / (60k)$ . В двухтактных дизелях рабочий цикл совершается за один оборот коленчатого вала, поэтому при определении их индикаторной мощности по указанной формуле принимаем  $k = 1$ .

В формулу индикаторной мощности входит ряд постоянных величин  $N_i = A p_i n$ , где  $A = F S z / (60k)$ . Частоту вращения коленчатого вала  $n$  ( $\text{мин}^{-1}$ ) определяют специальным прибором — тахометром. Часть индикаторной мощности, получаемой в цилиндрах дизеля, расходуется на преодоление сил трения между деталями, на преодоление сопротивлений при впуске воздуха в цилиндры и выпуске продуктов сгорания топлива в атмосферу, на приведение в действие навесных топливных, масляных, водяных насосов, компрессоров и других механизмов. Если мощность, соответствующую всем механическим потерям в дизеле, обозначить  $N_m$ , то эффективная мощность, т. е. мощность, которую отдает дизель потребителю (коленчатому валу),  $N_e = N_i - N_m$ . Отношение  $N_e / N_i = \eta_m$  называют *механическим коэффициентом полезного действия* (КПД). Он показывает, какая доля индикаторной мощности воспринимается потребителем (рабочим органом), в данном случае коленчатым валом. У четырехтактных дизелей  $\eta_m$  колеблется в пределах 0,75—0,92. Произведение  $\eta_m p_i = p_e$  называют *средним эффективным давлением*. Оно характеризует работу цикла ( $p_i$ ) и совершенство конструкции, изготовления и содержания ( $\eta_m$ ) дизеля. Среднее эффективное давление и эффективная мощность дизелей связаны между собой такой же зависи-

мостью, как и  $p_i$  с  $N_i$ , т. е.  $N_e = A p_e n$ . Максимальную эффективную мощность, отнесенную к площади всех поршневой дизеля ( $\text{кВт}/\text{дм}^2$ ), называют поршневой мощностью  $N_p = N_e / (zF)$ . Поршневая мощность характеризует степень форсирования, т. е. удельную нагрузку на поршни и динамическую напряженность деталей дизеля при работе. У современных четырехтактных дизелей  $N_p$  составляет 6—45  $\text{кВт}/\text{дм}^2$ .

**Показатели экономичности работы дизелей.** Основным показателем, определяющим экономичность работы дизелей, является *удельный расход топлива*,  $\text{г}/(\text{кВт}\cdot\text{ч})$ :  $g_e = G / N_e$ , где  $G$  — расход топлива,  $\text{г}/\text{ч}$ . У лучших современных дизелей удельный эффективный расход топлива составляет 210—220  $\text{г}/(\text{кВт}\cdot\text{ч})$ , а у большинства дизелей он колеблется от 225 до 260  $\text{г}/(\text{кВт}\cdot\text{ч})$ .

Для всесторонней оценки экономичности работы дизеля, кроме удельного расхода топлива, определяют также *коэффициенты полезного действия*: механический, индикаторный и эффективный. Индикаторным КПД называют отношение количества теплоты, превращенной в индикаторную работу цикла, к расчетной теплоте сгорания топлива, затраченной на производство этой работы. При индикаторной мощности  $N_i$   $\text{кВт}$  ( $\text{кДж}/\text{с}$ ) работа цикла за 1 ч составит  $3600 N_i$   $\text{кДж}$ . Для выполнения этой работы при расходе топлива  $G$   $\text{кг}/\text{ч}$  и его теплоте сгорания  $Q_n$   $\text{кДж}/\text{кг}$  в течение 1 ч будет затрачено  $G Q_n$   $\text{кДж}$  теплоты. Следовательно, индикаторный КПД  $\eta_i = 3600 N_i / (G Q_n)$ . Индикаторный КПД характеризует совершенство дизеля как тепловой машины и у современных дизелей составляет 0,4—0,53. По аналогии эффективный КПД  $\eta_e = 3600 N_e / (G Q_n)$ . Так как  $N_e = \eta_m N_i$ , то, следовательно,  $\eta_e = \eta_m \eta_i$ . Математически  $\eta_e$  выражает совершенство рабочего цикла ( $\eta_i$ ) и внутренние потери

работы в дизеле ( $\eta_m$ ). У дизелей эффективный КПД составляет 0,3—0,42, т. е. из каждого килограмма топлива при сжигании в дизеле только 420 г в лучшем случае используется на полезную работу.

Распределение теплоты, полученной в дизеле при сгорании топлива, на полезную работу и тепловые потери называют *тепловым балансом*. Его можно представить как  $Q_n = Q_c + Q_r + Q_{ж} + Q_n$ , где  $Q_n$ ,  $Q_c$ ,  $Q_r$ ,  $Q_{ж}$ ,  $Q_n$  теплота, соответственно поступившая в цилиндр с топливом, превращенная в эффективную работу; уносимая с выпускными газами; теряемая с охлаждающей детали дизеля жидкостью и прочие потери теплоты.

Если принять количество теплоты, поступившей в дизель за 100%, то согласно опытным данным слагаемые теплового баланса для различных типов дизелей имеют следующие значения, %:  $Q_c = 30 \div 42$ ;  $Q_r = 23 \div 32$ ;  $Q_{ж} = 12 \div 33$  и  $Q_n = 4 \div 10$ . Из приведенных данных видно, что одним из основных путей повышения экономичности работы дизелей является утилизация (использование) теплоты, уносимой с выпускными газами и с охлаждающей детали дизеля жидкостью (с водой и смазочным маслом).

**Классификация четырехтактных дизелей.** В технике используют поршневые двигатели внутреннего сгорания самых разных типов. Приводимая классификация дана по наиболее существенным признакам применительно к судовым четырехтактным дизелям, которые имеют большое распространение на речном транспорте.

Четырехтактные судовые *дизели* по назначению подразделяют на *главные* и *вспомогательные*. Главные дизели являются источниками энергии для привода движителей (на транспортных судах), перемещения грунта (на судах

технического флота), перекачки нефтепродуктов (на топливоперекачивающих станциях). Вспомогательные дизели вырабатывают энергию для привода в действие электрических генераторов, компрессоров и других рабочих механизмов.

В зависимости от мощности дизели могут быть *маломощными* (менее 74 кВт), *средней мощности* (от 74 до 736 кВт) и *мощными* (свыше 736 кВт). Четкой классификации дизелей по этому признаку нет, поэтому деление их по группам мощности чисто условное. По поршневой мощности (степени форсирования) дизели также условно подразделяют на *нефорсированные* с мощностью менее 14,7 кВт/дм<sup>2</sup>, *форсированные* — с мощностью 14,7—44 кВт/дм<sup>2</sup> и *высокофорсированные* — с мощностью более 44 кВт/дм<sup>2</sup>. На речных судах в качестве главных используют в основном нефорсированные и форсированные дизели средней мощности.

По способу наполнения цилиндров свежим воздухом на речном флоте применяют дизели с *наддувом* и *без наддува*. У дизелей с наддувом воздух в цилиндр подается под давлением, создаваемым специальным компрессором. С помощью наддува можно увеличить массу воздуха в том же объеме цилиндра, а следовательно, сжечь больше топлива за цикл и повысить мощность дизеля. В зависимости от степени наддува различают дизели с *низким наддувом* (при давлении наддувочного воздуха менее 0,19 МПа), со *средним наддувом* (при давлении 0,19—0,25 МПа) и *высоким наддувом* (при давлении более 0,25 МПа). В дизелях без наддува цилиндры заполняются воздухом вследствие разрежения в пространстве над поршнем при его движении вниз. Строительство новых дизелей без наддува допускается толь-

ко при их цилиндровой мощности менее 30 кВт и рабочем объеме цилиндра до 3,5 л (3500 см<sup>3</sup>).

Дизели по виду используемого топлива могут быть *однотопливными*, работающими на дизельном, газотурбинном или моторном топливе, и *двухтопливными*, для которых основным видом топлива является, например, моторное, а пуск их осуществляется на дизельном топливе. В последнее время проводятся исследования по переводу дизелей на газообразное топливо.

В зависимости от числа цилиндров дизели подразделяют на *одно- и многоцилиндровые*. На речных судах преимущественное распространение получили 4-, 6-, 8- и 12-цилиндровые дизели. По расположению цилиндров дизели делят на *одно- и двухрядные*. У первых цилиндры располагаются вертикально вдоль оси коленчатого вала, у вторых — V-образно.

Судовые дизели строят с однокамерным и двухкамерным смесеобразованием. У первых форма камер сгорания определяется конфигурацией днищ поршней, у вторых днища поршней имеют, как правило, плоскую форму и основная камера (обычно сферической формы) располагается в крышке цилиндра. Маломерные суда мощностью менее 55 кВт (катера и моторные лодки) оборудуют чаще всего поршневыми двигателями с внешним смесеобразованием. Смешивание топлива с воздухом в таких двигателях происходит не в цилиндрах, а в специальных устройствах, называемых *карбюраторами*. Приготовленная таким образом смесь воспламеняется в цилиндрах от принудительного источника зажигания (электрической свечи), поэтому машины подобного типа называют *двигателями с электроискровым зажиганием*. Иногда на катерах и моторных лодках

используют *конвертированные* (приспособленные для работы на судах) автомобильные и тракторные двигатели.

Дизели могут быть *нереверсивные* (с одним постоянным направлением вращения коленчатого вала) и *реверсивные* (с вращением вала в разных направлениях). Реверсивные дизели выполняют с коленчатым валом, вращающимся по часовой или против часовой стрелки. Направление вращения при этом определяют со стороны потребителя мощности, т. е. со стороны гребного винта или генератора. Если коленчатый вал при работе дизеля на передний ход вращается по часовой стрелке, дизель считается правого вращения, если против часовой стрелки — левого вращения. Не следует отождествлять их с дизелями правой и левой модели, которые по своей компоновке являются зеркальным отображением один другого. Дизель левой модели устанавливают в машинном помещении по левому борту, правой — по правому борту.

По частоте вращения коленчатого вала дизели классифицируют на три группы: менее 240 мин<sup>-1</sup> — малооборотные; от 240 до 750 мин<sup>-1</sup> — среднеоборотные; свыше 750 мин<sup>-1</sup> — высокооборотные.

В зависимости от средней скорости поршня, определяемой по формуле  $C_m = 2Sn/60$ , дизели подразделяют на *тихоходные* со средней скоростью поршня до 10 м/с и *быстроходные* со средней скоростью поршня выше 10 м/с. При высокой средней скорости поршня сокращается срок службы дизеля, снижается экономичность и повышается шум во время его работы, поэтому серийные речные суда в основном оснащены среднеоборотными тихоходными дизелями.

По объему автоматизации в соответствии с ГОСТ 14228—80 главные дизели подразделяют на четыре степе-

ни. *Дизели с 1-й степенью автоматизации* имеют как минимум регуляторы частоты вращения (скорости) коленчатого вала, регуляторы температуры смазочного масла и воды в системе охлаждения, средства автоматической предупредительной сигнализации и защиты. Время их необслуживаемой работы не менее 4 ч.

*Дизели с 2-й степенью автоматизации* могут работать без обслуживания не менее 24 ч. Кроме средств, предусмотренных для дизелей с 1-й степенью автоматизации, они имеют как минимум устройства для дистанционного автоматизированного управления с производством предпусковых и послеостановочных операций, автоматизированное управление для перехода с одного вида топлива на другой, средства для автоматической совместной работы с другими агрегатами. *Дизели с 3-й степенью автоматизации* имеют период необслуживаемой работы не менее 150 ч. Кроме операций 2-й степени, на этих дизелях должны обеспечиваться как минимум автоматическое пополнение топливных, масляных, водяных расходных цистерн и воздушных баллонов, автоматическая подзарядка аккумуляторных батарей, автоматизация работы вспомогательных агрегатов, обслуживающих дизель. *Дизели с 4-й степенью автоматизации*, кроме соответствия 3-й степени, должны быть оборудованы средствами для автоматического управления, регулирования, контроля и диагностирования из одного центра с помощью управляющих машин. С установкой названных средств время необслуживаемой работы дизеля должно составлять не менее 250 ч. Подробная характеристика дизелей приводится в формулярах, где указывают их мощность, частоту вращения коленчатого вала, сорта топли-

ва и смазочного масла, расходы последних на единицу мощности в час и другие сведения.

По ГОСТ 4393—82 дизелям присваивают условное обозначение (марку), состоящую из цифр и букв. Цифра в начале марки указывает число цилиндров дизеля, буквы после нее означают: Ч — четырехтактный, Д — двухтактный, Р — реверсивный, С — с реверсивной муфтой, П — с редукторной передачей, Н — с наддувом, Г — газовый, 1А, 2А, 3А, 4А — степень автоматизации. Буквы СП, входящие в обозначение дизелей, показывают, что дизель имеет реверсивную муфту и редуктор, т. е. устройство, которое изменяет направление и частоту вращения гребного винта. Цифры после букв соответствуют: в числителе — диаметру цилиндра, в знаменателе — ходу поршня в сантиметрах. Марки, которые присваивает дизелям завод-изготовитель, обычно не соответствуют обозначениям по государственному стандарту. Например, дизелю 6ЧНСР 18/22 завод «Дальдизель» в зависимости от модели и объема автоматизации присвоил марки ДД01, ДД02, ДД03, ДД04, ДД101, ДД102, ДД103, ДД104; завод «Двигатель революции», выпускающий дизели марки 6ЧРН 36/45, в зависимости от степени наддува и некоторых других особенностей именует их Г 60, Г 70, Г 70-5, Г 74.

Дизели, поставляемые в нашу страну из ЧСФР, Финляндии, Японии и других стран, маркируют согласно стандартам и нормам этих стран. Например, у двигателей, которые имеют заводской индекс 6 (8)ФД 26/20 АЛ 1 (2, 3), цифры 6 (8) означают число цилиндров; буквы Д — дизель, Ф — четырехтактный, А — с наддувом, Л — левой модели; цифры: 26 — ход поршня; 20 — диаметр цилиндра (ход и диаметр в сантиметрах). Цифры

1 (2, 3) означают конструктивные варианты дизелей с различным средним эффективным давлением или с различной частотой вращения коленчатого вала.

Кроме того, в некоторых марках дизелей есть буквы: У — реверсивный; С — приспособленный для работы на тяжелом топливе или с реверсивной передачей; Р — правой модели; р — правого вращения; л — левого вращения; Н — со средним ходом (отношением хода поршня к диаметру цилиндра более 1:3).

У дизелей, выпускаемых ЧСФР, дру-

гие обозначения. Буквы А, В, С означают тип дизеля; Л — судовой; ПН, ПС, ПФ — соответственно с низким, средним и высоким наддувом; Р — реверсивный; р — с ручным приводом реверсирования; цифры 1, 2, 3, 4 условно характеризуют степень наддува (1 — низкий наддув, 2, 3 — средний, 4 — высокий).

В индексе дизеля 6-27,5 А2Л (6ЧН 27,5/36), например, цифра 6 означает число цилиндров; 27,5 — диаметр цилиндра в см; буква А — тип четырехтактного дизеля; Л — судовой; цифра 2 — со средним наддувом.

---

1. Как определяют индикаторную мощность дизеля? 2. Что понимают под средним индикаторным давлением? 3. Какие потери учитывают при определении эффективной мощности дизеля? 4. Какие коэффициенты полезного действия используют для оценки эффективности

работы дизеля? 5. Для какой цели вводится понятие о тепловом балансе дизеля? 6. По каким признакам классифицируют судовые дизели? 7. Как расшифровываются марки дизелей: 4Ч 10,5/13; 6ЧСП 18/22; 6ЧРН 36/45; 6ЧСПН 15/18; 6ЧН 27,5/36?

---



## ОСНОВНЫЕ ДЕТАЛИ ДИЗЕЛЕЙ

## 4. ОСТОВ ДИЗЕЛЕЙ

**Фундаментные рамы и картеры.** Детали остова при работе дизеля подвергаются действию больших сил, поэтому во избежание недопустимых деформаций их соединяют между собой в одну общую жесткую конструкцию. Корпус дизеля в общем виде образуют фундаментная рама, станина, цилиндры и их крышки. Фундаментные рамы служат основанием для всех других деталей дизеля. Их, как правило, отливают из чугуна. У высокооборотных дизелей рамы могут быть и из алюминиевых сплавов.

Чугунная цельнолитая рама четырехтактного дизеля 6ЧН 16/22,5 (6Л160ПН) представляет собой массивную деталь корытообразной формы. Она состоит из двух стенок 4 (рис. 7) и семи поперечных перегородок 1.

Последние делят раму на ряд отсеков, в которых могут свободно вращаться кривошипы коленчатого вала (см. рис. 1). Число отсеков соответствует числу цилиндров дизеля. Шейками вал опирается на коренные подшипники 2 (см. рис. 7), смонтированные в гнездах. Нижняя часть рамы имеет полки 3, которыми она опирается на судовый фундамент. На верхней пришабренной плоскости рамы расположены отверстия б для шпилек, соединяющих раму со станиной. Фундаментная рама, станина и цилиндры образуют закрытую камеру (картерное пространство) для кривошипно-шатунного механизма (КШМ).

У судовых дизелей средней мощности станину обычно отливают совместно с рамой и называют блок-рамой (картером), или выполняют в еди-

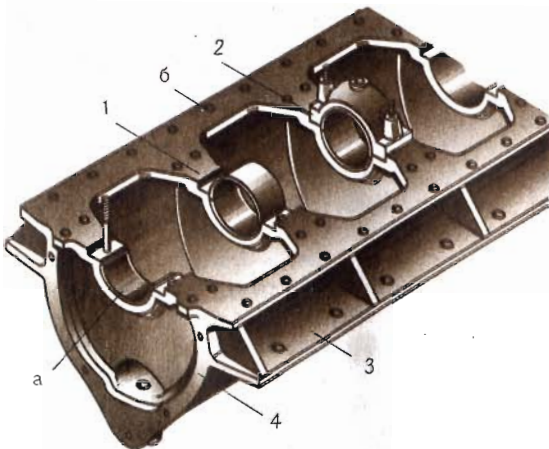


Рис. 7. Фундаментная рама дизеля 6ЧН 16/22,5

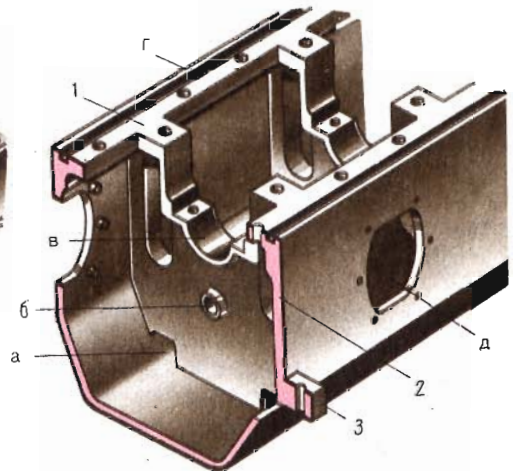


Рис. 8. Блок-рама дизеля 6ЧСП 18/22

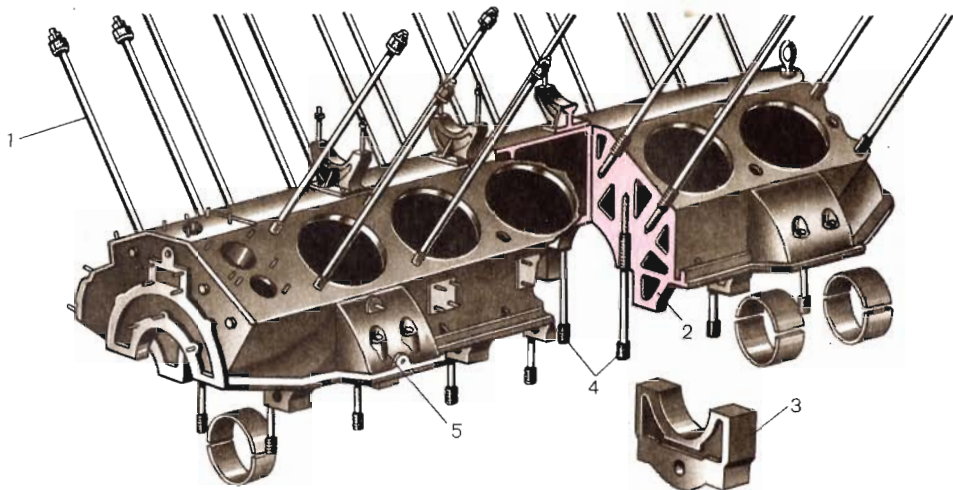


Рис. 9. Несущий картер дизеля 12ЧСП 15/18

ной отливке с блоком цилиндров и называют блок-картером. В блок-рамах (рис. 8) коренные подшипники располагают ниже верхней плоскости рам, поэтому они имеют более высокие продольные стенки 2 с люками  $\delta$ , закрываемыми крышками. Аналогично, как и у обычных рам, полки 3 соединяют с судовым фундаментом болтами (шпильками) и гайками. На верхней плоскости рамы монтируют блок цилиндров, уплотняемый жгутом, вставленным в паз  $z$ . Во время работы дизеля с деталей КШМ в раму стекает смазочное масло. Оно собирается в поддоне (нижней части) рамы и через отверстие  $a$  в перегородках перетекает из одного отсека в другой. У дизелей 6ЧСП 18/22 в отсеке третьего цилиндра смонтирован приемный фильтр, через который смазочное масло из блок-рамы откачивается насосом и после соответствующей очистки и охлаждения по трубопроводу, проходящему через отверстия  $b$  в поперечных перегородках 1, подводится к коренным подшипникам. Аналогичную по конст-

рукции блок-раму имеют и дизели 6ЧРН 36/45.

Некоторые многооборотные дизели, как, например, 6ЧСП 15/18 (ЗД6), 12ЧСПН 15/18 (ЗД12), 12ЧСН 18/20 (М401-А) и др., не имеют фундаментных рам. Несущей деталью корпуса у них является верхний картер (рис. 9), полками (или лапами) 5 установленный на судовом фундаменте. Коренные подшипники в таком картере располагают на подвесках 3, закрепленных шпильками 4 в поперечных перегородках 2. К карттеру снизу прикрепляют поддон (нижний картер) для сбора масла, а на верхней плоскости шпильками 1 крепят блок цилиндров дизеля.

**Коренные подшипники.** В гнездах поперечных перегородок рамы (картера), как было указано, монтируют коренные подшипники. По назначению они могут быть *опорными* и *установочными* (фиксирующими). Последние не только выполняют функции опор коленчатого вала, но и предохраняют его от осевых перемещений. Корен-

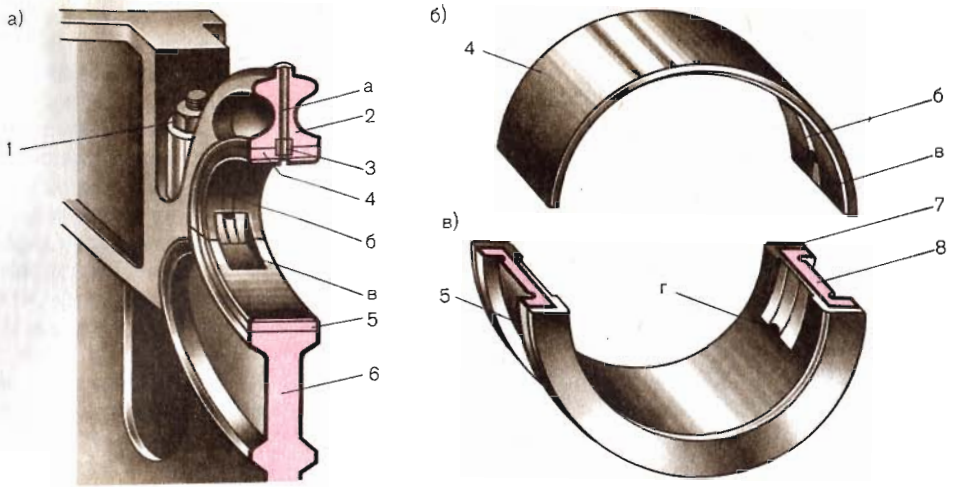


Рис. 10. Коренной подшипник дизеля 6ЧРН 32/48

ные подшипники (рис. 10, а) состоят из нижнего 5 и верхнего 4 вкладышей, плотно подогнанных соответственно к гнезду рамы 6 и крышке 2. Верхний вкладыш фиксируют от поворота в крышке втулкой 3. Крышки подшипников двугаврового или коробчатого сечения отливают из чугуна или стали. К раме их крепят шпильками с гайками 1. Крышки подшипников некоторых дизелей, как, например, 6ЧРН 32/48 (6НФД 48-2АУ), соединяют с рамой двусторонними шпильками. У многооборотных дизелей с подвесными подшипниками для прочности крепления крышек наряду с вертикальными (см. рис. 9) устанавливают еще и горизонтальные двусторонние шпильки. Масло к подшипнику у среднеоборотных дизелей подводится, как правило, через канал а (см. рис. 10, а) в крышке 2. В районе стыковки вкладышей расположены карманы в, называемые «холодильниками», направляющие масло к середине подшипника. На вкладышах с наплавкой толщиной менее 1 мм «холодильники» б (рис. 10, б)

могут быть сквозными. Масло к «холодильникам» подводят по внутренней канавке в, если верхний вкладыш 4 нагружен меньше, чем нижний. Однако подвод масла сверху через крышку затрудняет разборку подшипника. В связи с этим иногда применяют подвод масла по каналу, просверленному в перегородке рамы. При подводе масла снизу в нижнем вкладыше 5 (рис. 10, б) прорезают внешнюю канавку с выходными каналами г. У некоторых высокооборотных дизелей масло к одинаково нагруженным верхним и нижним вкладышам подводится через коленчатый вал (см. рис. 23). Для регулирования масляного зазора между шейкой коленчатого вала и вкладышами в плоскости разъема вкладышей у дизелей ранних выпусков установлены наборы прокладок из фольги определенной толщины. Прокладки уменьшают жесткость подшипника, поэтому на дизелях последних лет постройки их не устанавливают. Масляный зазор в подшипниках регулируют в этом случае торцеванием

вкладышей, т. е. снятием необходимого слоя металла с поверхности их стыкования.

Вкладыши коренных подшипников у большинства среднеоборотных дизелей стальные. Их рабочие поверхности покрывают антифрикционным материалом: баббитом, свинцовистой бронзой или алюминиевым сплавом. Наилучшие антифрикционные свойства имеют баббиты Б83, Б16 и БН. Это сплавы на основе олова или свинца с добавками сурьмы, меди и других элементов. Обычно нижние вкладыши подшипников, как наиболее нагруженные, наплавляют баббитом Б83, а верхние — баббитом Б16 или БН. Баббиты выдерживают температуру нагрева подшипников не более 130 °С. Поэтому для сильно нагруженных подшипников (с температурой нагрева до 250 °С) в качестве антифрикционных покрытий вкладышей используют сплав АСМ (алюминий, сурьма, магний) и свинцовистую бронзу. Взаимозаменяемые вкладыши из сталеалюминиевой полосы получают методом совместной прокатки листов из стали и сплава АСМ. Вкладыши, залитые свинцовистой бронзой, обычно после шлифования для уменьшения износа шейки вала упрочняют и наносят на поверхность их наплавки тонкий приработочный слой свинца, баббита или другого легкого сплава. Такие *вкладыши* называют *трехслойными*.

В последние годы вкладыши коренных подшипников делают тонкостенными из стали толщиной от 2 (при диаметре шейки вала 50—80 мм) до 6 мм (при диаметре шейки вала 250—320 мм). Антифрикционные покрытия тонкостенных вкладышей делают из баббита Б83 или алюминиевых сплавов АО 20-1, содержащих 17—23% олова и 0,7—1,2% меди. Сплав АО 20-1 толщиной 0,3—1 мм наносят на сталь-

ную ленту в процессе ее прокатки на специальных станках.

Установочный (фиксирующий) подшипник чаще всего монтируют в кормовой части дизеля. От других подшипников он отличается большей длиной и наличием на вкладышах (рис. 10, б) концевых буртов 8 с антифрикционной наплавкой по торцам 7. При отсутствии концевых буртов у вкладышей к торцам подшипника крепят упорные кольца из антифрикционного сплава.

**Цилиндры и блок-картеры.** Цилиндры судовых дизелей изготавливают как цельную деталь (блок) или в виде общей отливки со станиной (блок-картера). Когда несколько цилиндров отлиты в одном блоке, то уменьшается масса и длина дизеля, достигается большая жесткость конструкции корпуса. Блоки цилиндров и блок-картеры изготавливают из чугуна тех же марок, что и фундаментные рамы.

Блок цилиндров (рис. 11) полками 2 устанавливают на верхнюю плоскость блок-рамы (см. рис. 8), крепят к ней силовыми шпильками, ввертываемыми в отверстие *е* (см. рис. 11), и болтами по краям для уплотнения стыка. В блок цилиндров вставлены втулки 1. Пространство между блоком и цилиндрыными втулками образует полость водяного охлаждения *в*. Уплотнение полости в верхней части достигается путем прижатия притертого буртика втулки к блоку цилиндров, внизу — с помощью уплотнительных резиновых колец 3, уложенных в канавки втулок. Охлаждающая вода поступает в полость *в* снизу. Площадь поперечного сечения полости охлаждения сверху меньше, чем внизу. Скорость потока воды в связи с этим постепенно возрастает, благодаря этому обеспечивается лучший отвод теплоты от наиболее нагретой верхней части втул-

ки. Блок цилиндров имеет симметричную конструкцию относительно продольной оси дизеля. В нижней части (справа и слева) в вертикальных перегородках сделаны отверстия  $d$  для подшипников распределительного вала. Цилиндрические отверстия  $z$  направляющих втулок толкателей механизма газораспределения в зависимости от модели дизеля растачивают только с одной какой-либо (на рис. 11 с правой) стороны блока. Левую полость  $b$  блока используют в качестве впускного коллектора, поэтому отверстия  $z$  в ее перегородках заглушены. В нарезные отверстия  $a$  блока ввертывают шпильки для крепления крышек цилиндров. Уплотнение между крышками, блоком и втулками цилиндров обеспечивается армированной прокладкой. Отверстие в нижней части торцевой стенки  $ж$  блока и фундаментной рамы закрывают специальной крышкой. Основной составляющей корпуса судовых дизелей чаще всего является блок-картер.

Для крепления к фундаментной раме блок-картер имеет полки  $5$  и  $6$  (рис. 12). Осмотр и ремонт деталей КШМ производят через люки  $1$  и  $4$ , закрываемые крышками. В поперечных перегородках блок-картера выполнены отверстия  $d$  для подшипников распределительного вала. Детали механизма газораспределения и топливные насосы монтируют на полке  $3$ .

Втулки цилиндров  $2$  устанавливают в блок-картере так, что между ними образуются полости охлаждения  $б$ ,  $в$  и  $г$ , вода к которым подводится через отверстие  $a$ . Изготавливают втулки преимущественно из чугуна. Некоторые многооборотные дизели имеют стальные втулки. Для свободного перемещения клапанов в верхней части втулок дизелей ЧРН 32/48 выфрезерованы карманы. Внутреннюю (рабочую) поверхность втулок в целях повышения изно-

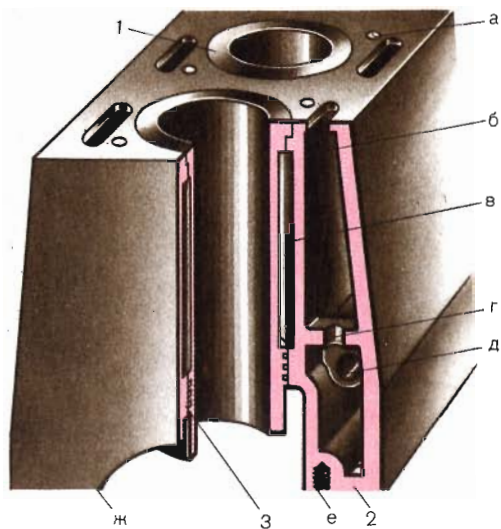


Рис. 11. Блок цилиндров дизеля 6ЧСП 18/22

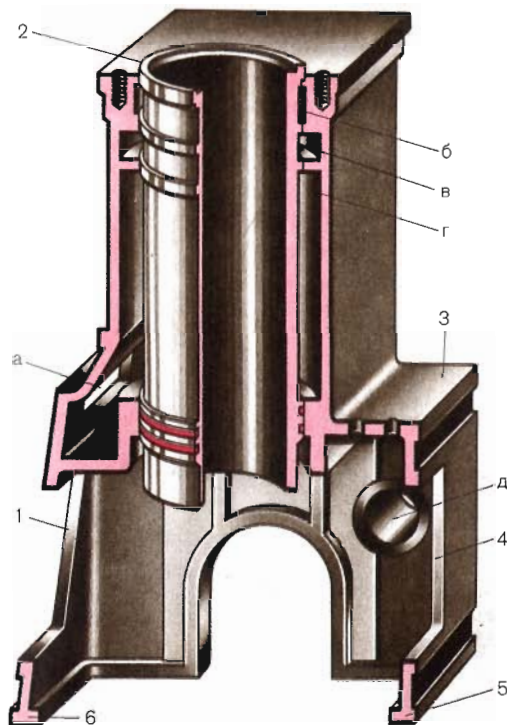


Рис. 12. Блок-картер дизеля 6ЧРН 32/48

соустойчивости шлифуют, подвергают закалке токами высокой частоты, азотированию или пористому хромированию. Наружную поверхность втулок (со стороны полостей охлаждения) для защиты от коррозии покрывают кадмием или бакелитовой смолой. Уплотнение верхней части втулки со стороны полостей охлаждения достигается взаимной притиркой плоскостей посадки втулки и корпуса блок-картера. У некоторых дизелей для этой цели между буртом втулки и блок-картера в верхней части устанавливают медную прокладку. В нижней части втулки уплотняют резиновыми кольцами. У высокооборотных дизелей блок-картер может быть и основной несущей деталью. В этом случае его соединяют непосредственно с судовым фундаментом, а коренные подшипники коленчатого вала крепят в нижней части блока на подвесках.

Картерное пространство дизеля насыщено мельчайшими частицами масла. В нем могут быть также и частицы топлива. Смесь воздуха с маслом и топливом при определенных соотноше-

ниях может оказаться взрывоопасной. Для отвода газов из картерного пространства в соответствии с Правилами Речного Регистра РСФСР дизели с диаметром цилиндров более 200 мм и объемом картера более 0,6 м<sup>3</sup> оборудуют специальными предохранительными клапанами.

**Крышки цилиндров. Головки блока цилиндров. Моноблоки.** Крышки цилиндров отливают, как правило, из чугуна и выполняют в виде отдельной части (индивидуально для каждого цилиндра) или в виде блока для нескольких или всех цилиндров дизеля. В последнем случае их называют *головками блока цилиндров* и изготавливают обычно из алюминиевых сплавов. Крышки закрывают цилиндры и образуют их рабочую полость. Снизу у крышки для фиксации ее положения и обеспечения герметичности рабочей полости расположен уплотнительный бурт (кольцевой выступ), входящий в канавку втулки цилиндра. Рабочие полости цилиндров уплотняют индивидуальными прокладками из отожженной меди или алюминия под каждой из крышек или общей прокладкой под головкой дизеля. По форме крышки цилиндров могут быть четырех-, пяти-, шести-, восьмигранные и цилиндрические. Четырехгранная крышка дизеля 6ЧСП 18/22 (рис. 13) образована стенками 2, верхним 1, нижним 3, днищами и перегородками между ними. В крышке выполнено гнездо ж для форсунки, через которую в цилиндр подается топливо. Симметрично оси форсунки размещены гнезда в для впускного и гнезда е для выпускного клапанов с каналами для подвода воздуха и удаления продуктов сгорания топлива. В зависимости от частоты вращения коленчатого вала в крышках дизелей может быть два впускных и два выпускных клапана, а также пусковой

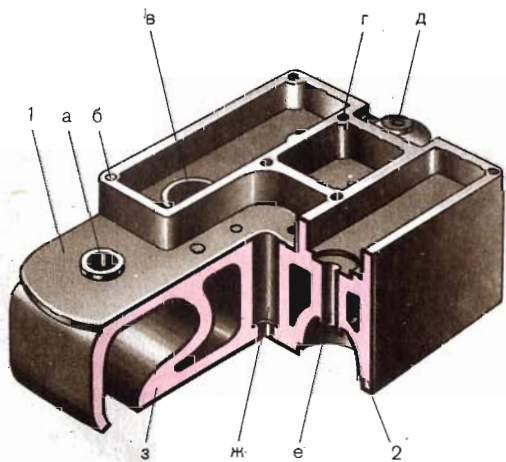


Рис. 13. Крышка цилиндра дизеля 6ЧСП 18/22

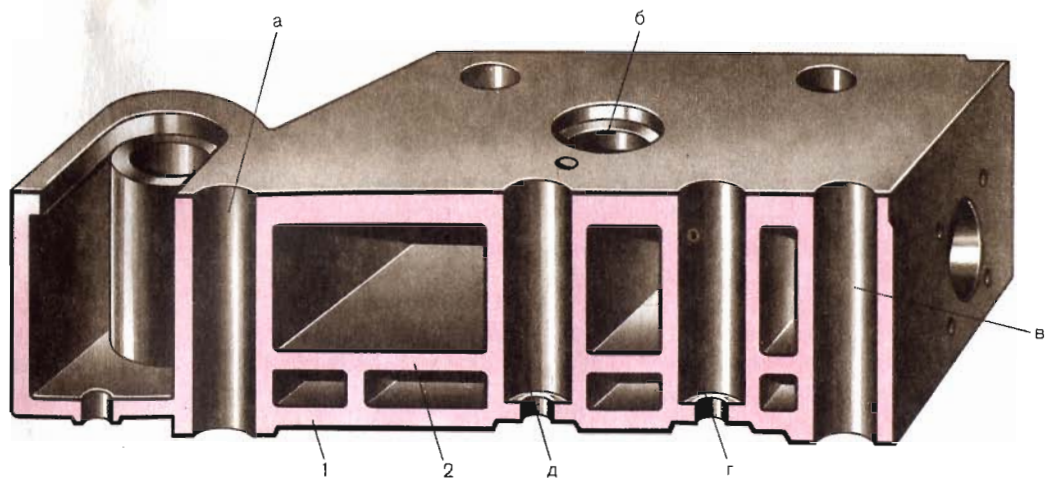


Рис. 14. Крышка цилиндра дизеля 6ЧРН 36/45

клапан и индикаторный кран. Через пусковой клапан в цилиндр подается сжатый воздух при пуске дизеля. Индикаторный кран служит для подсоединения специальных приборов (индикатора, максиметра) при определении параметров рабочего цикла в цилиндрах дизеля. Крышки дизелей с диаметром цилиндров 180 мм и более снабжены, кроме того, предохранительными клапанами, предотвращающими повышение давления в цилиндре сверх установленных значений.

Крышки дизелей 6ЧСП 18/22 соединяют с блоком цилиндров четырьмя шпильками, которые проходят через отверстия *а*. Детали механизма газораспределения (открытия и закрытия впускного и выпускного клапанов) крепят на крышке четырьмя шпильками, ввернутыми в резьбовое отверстие *г*, и закрывают кожухом, для шпилек крепления которого в крышке предусмотрены отверстия *б*. В гнездо *д*, закрытое пробкой, вмонтирован прибор для измерения температуры выпускных газов. Гнезда клапанов, стенки и днища крышки омываются охлаждающей во-

дой. Для интенсификации охлаждения нижнего днища и гнезда форсунки крышки некоторых дизелей выполнены с горизонтальной перегородкой *2* (рис. 14). Вода из блока дизеля входит в нижнюю полость крышки через специальные отверстия (на рисунке не показаны) и, двигаясь в ней с повышенной скоростью, интенсивно охлаждает днище *1*. Крышку крепят к блоку шестью шпильками, проходящими через отверстия *а*, *в*. В гнездах *д*, *б*, *г* монтируют форсунку, выпускной и пусковой клапаны. Для осмотра и очистки полостей охлаждения крышка имеет специальные люки, закрываемые заглушками.

Крышки цилиндров и головки дизеля подвергаются динамическому воздействию давления газов, испытывают большую нагрузку от предварительной затяжки шпилек крепления, а также воспринимают значительные тепловые напряжения, поэтому они должны обладать высокими прочностью и жесткостью. Необходимая их жесткость обеспечивается формой каркаса (стенками, массивным днищем и перегород-

ками). У сильно нагруженных высокооборотных дизелей, как, например, 12ЧСН 18/20 (М401), головка представляет единую отливку с блоком цилиндров. Такую конструкцию называют *моноблоком*.

Единая отливка обеспечивает более высокую жесткость блока и исключает возможность прорыва газов между головкой и блоком цилиндров. Моноблок крепят на верхнем картере дизеля силовыми шпильками. Втулки цилиндров вставляют в моноблок снизу. Конструктивное оформление остова

дизеля определяют его назначение и компоновка.

Для соединения деталей остова дизеля применяют болтовой и анкерный способы крепления. В первом случае детали корпуса дизелей 6ЧРН 36/45, 6ЧСП 27,5/36, 6ЧРН 27,5/35, 6(8)ЧСН 20/26, 6(8)ЧРН32/48 и др. крепят попарно: например, крышку с блок-картером (блок-цилиндром) и блок-картер (блок-цилиндров) с фундаментной рамой. Анкерными связями, как у дизелей 12ЧСН 18/20, соединяют одновременно все детали.

1. Из каких деталей состоит корпус дизеля и как их соединяют между собой? 2. Чем конструктивно отличаются фундаментные рамы и блок-рамы? 3. Для чего предназначены коренные подшипники? 4. Каково назначение установочного подшипника и чем он конструктивно

отличается от остальных коренных подшипников? 5. Каковы особенности устройства блок-картера и несущего картера? 6. Как крепят рабочие втулки в цилиндрах дизеля? 7. Какие клапаны монтируют в крышках цилиндров двигателей внутреннего сгорания?

## 5. ДЕТАЛИ КРИВОШИПНО-ШАТУННОГО МЕХАНИЗМА

Основными движущимися частями кривошипно-шатунного механизма являются поршневая группа, шатуны и коленчатый вал с маховиком и гасителем колебаний.

**Поршневая группа.** Поршни, поршневые кольца, поршневые пальцы, крепежные детали, а также устройства для охлаждения (в отдельных случаях) образуют поршневую группу (поршневой комплект) ДВС. Поршни дизелей изготавливают из чугуна или алюминиевых сплавов, обладающих высокой прочностью и достаточной теплопроводностью. Поршни из алюминиевых сплавов легче, чем из чугуна. Вследствие высокой теплопроводности они меньше нагреваются. Однако поршни из алюминиевых сплавов изнашиваются быстрее и стоимость их несколько выше, чем чугунных. Конструкцию поршней выби-

рают с учетом обеспечения лучшего отвода теплоты, свободного перемещения их в цилиндре и надежной герметичности, благодаря которой исключалась бы возможность сообщения камеры сгорания с полостью картера. Поршень дизеля условно разделяют на головку и тронк. Тронк имеет несколько больший диаметр и является направляющей при движении поршня в цилиндре. В его приливах (бобышках) 3 с отверстиями в (рис. 15, а) монтируют поршневой палец 5, шарнирно соединяющий поршень с шатуном. Бобышки подкрепляют ребрами жесткости 1. Для предотвращения осевого перемещения поршневого пальца в бобышках служат стопорные кольца 4. Головка поршня воспринимает давление газов и закрыта сверху массивным днищем 2. Конфигурацию днищ поршня



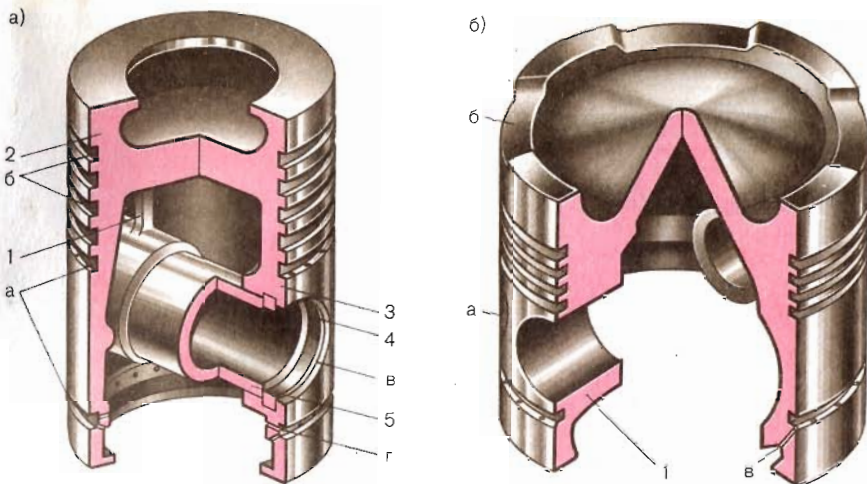


Рис. 15. Неохлаждаемые поршни

выбирают в зависимости от принятых условий смесеобразования. В данном случае днище чугунного поршня дизеля 6ЧСП 18/22 сделано с углублением трапецеидальной формы. Чтобы предотвратить утечки газов из камеры сгорания в картер, на цилиндрической поверхности головки поршня имеется несколько поршневых канавок *б* для уплотнительных колец. Последние уплотняют поршень в цилиндре и при работе дизеля перемещают смазочное масло по стенкам цилиндра. В нижней части головки поршня и на его тронке имеются канавки *а* для маслосъемных колец. При движении поршня маслосъемные кольца снимают с поверхности втулок излишек смазочного масла, который через дренажные отверстия *г* сбрасывается в картер.

Поршень дизеля 6ЧСП 15/18 из алюминиевого сплава показан на рис. 15, б. На наружной поверхности поршня выфрезерованы углубления *б* для впускных и выпускных клапанов. Изнутри поршень имеет два прилива (бобышки) *1* с расточкой под диаметр

поршневого пальца. Для уменьшения теплового расширения тронка в направлении оси пальца и для снижения массы поршня в районе его бобышек расположены карманы *а* по два с каждой стороны. На цилиндрической образующей поршня проточено пять канавок для поршневых колец. Четвертая и пятая канавки, считая от днища, имеют фаски с дренажными отверстиями *в* для сброса масла в картер.

Поршневые (уплотнительные и маслосъемные) кольца изготавливают из чугуна с повышенным содержанием фосфора и с присадками хрома, никеля или молибдена, придающими материалу колец необходимую прочность и хорошие антифрикционные свойства. Верхние поршневые кольца у некоторых форсированных дизелей, например 12ЧСН 18/20, делают из стали. Кольца тщательно (с зазором 0,06—0,3 мм) подгоняют по высоте к канавкам поршня. Часть кольца вырезают. В местах выреза у них образуется косой *1*, *2* или прямой *3* замок (рис. 16, а), поэтому в свободном состоянии кольца имеют

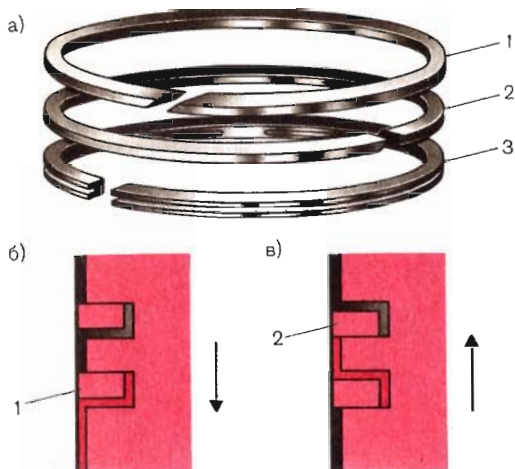


Рис. 16. Поршневые кольца

диаметр несколько больший диаметра втулки цилиндра. Уплотнительные кольца делают с косым замком при правом или левом направлении разреза, масло-съемные кольца выполняют обычно с прямым замком. При монтаже колец на поршне для уменьшения пропуска газов замки располагают так, чтобы они не находились на одной линии. Когда поршень движется вниз (рис. 16, б), кольца прижимаются к верхним кромкам канавок и в образовавшийся, например, под кольцом 1 зазор поступает масло. С изменением направления движения поршня (рис. 16, в) кольцо 1 прижимается к нижним кромкам канавок и выдавливает масло к кольцу 2. Таким образом от одного кольца к другому через несколько ходов поршня масло поднимается все выше в сторону камеры сгорания. Масло-съемные кольца предохраняют от проникновения масла в камеру сгорания, удаляя излишек масла с поверхности втулки цилиндра. В целях повышения износоустойчивости колец их хромируют, лудят, омедняют, подвергают изотермической закалке или сульфидиро-

ванию (поверхностному насыщению серой). На преодоление трения поршневых колец затрачивается приблизительно 40—50%, а иногда и до 60% всех механических потерь, при этом наибольшие затраты энергии приходятся на первое уплотнительное кольцо. Поэтому у высокофорсированных дизелей в качестве первого, а иногда и первых двух применяют трапециевидные уплотнительные кольца (рис. 17, а) как менее склонные к закоксовыванию. Для снижения работы трения без ухудшения уплотняющей способности колец иногда уменьшают площадь поверхности трения путем снижения высоты кольца (рис. 17, б). Улучшения работоспособности колец достигают также завальцовкой в их боковую рабочую поверхность бронзовых, медных или алюминиевых кольцевых пластин 1 (рис. 17, в). На рабочую поверхность верхнего уплотнительного кольца для лучшей прирабатываемости иногда наносят кольцевые риски (рис. 17, г), хорошо удерживающие смазочное масло.

Уплотнительные кольца в сечении имеют, как правило, прямоугольную форму с толщиной по радиусу несколько меньшей, чем по высоте, благодаря чему повышаются их упругие свойства. Масло-съемные кольца имеют обычно трапециевидную форму с конической внешней поверхностью (рис. 18, а). Когда поршень 1 движется вверх, между таким кольцом и втулкой цилиндра создается масляный клин б. Давлением масла кольцо сжимается и скользит по его слою. Двигаясь вниз, кольцо острой кромкой соскабливает излишек масла со стенок втулки и через отверстие а сбрасывает его в картер. Часто масло-съемные кольца делают с кольцевой наружной выточкой б и прорезью в (рис. 18, б). При движении вверх такие кольца прижимаются к нижней

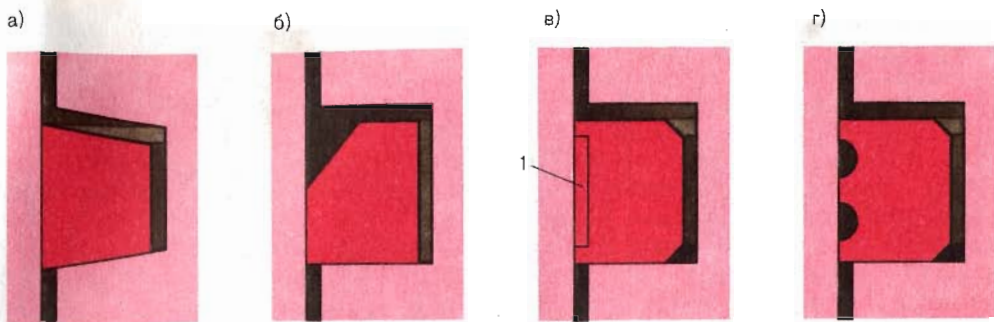


Рис. 17. Основные типы уплотнительных колец

кромке канавки поршня и масло сбрасывается в картер через дренажное отверстие *г*. Когда поршень движется вниз, масло стекает в картер через отверстия *г* и *а*. На одном и том же поршне, как, например, у дизелей 6ЧРН 32/48, могут устанавливаться кольца первого и второго типов. В последнее время в качестве поршневых колец получили применение торсионные (самоскручивающиеся) кольца (рис. 18, *в*) с улучшенными маслосъемными свойствами. Торсионные кольца имеют несимметричное поперечное сечение благодаря эксцентричной выточке *б* в верхней грани. Нижняя рабочая кромка их выполнена в виде скребка с концентричной выточкой *а*. В канавках поршней некоторых дизелей размещают два маслосъемных кольца *1, 2* (рис. 18, *г*)

с выточкой снизу, которая придает им вид скребка и способствует лучшему удалению масла со стенок втулки.

Поршень тронкового дизеля соединяют с шатуном поршневым пальцем. В судовых дизелях наибольшее распространение получили «плавающие» пальцы, т. е. пустотелые втулки (рис. 19), которые при движении поршня могут поворачиваться вокруг своей оси. Их изготавливают из углеродистых или легированных сталей. Для повышения износостойкости пальцы обычно цементируют, азотируют и закаливают токами высокой частоты. Во избежание осевого смещения пальцы *3* (рис. 19, *а*) фиксируют в бобышках поршня *1* стопорными кольцами *2* круглого или прямоугольного сечения. Фиксация «плавающих» пальцев от осевых перемещений

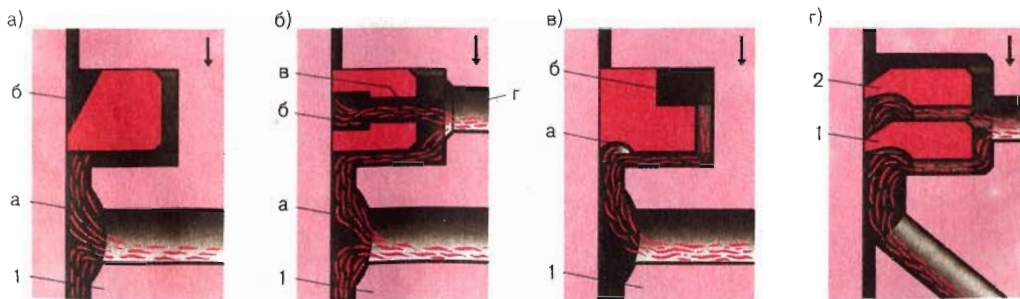


Рис. 18. Маслосъемные кольца

может осуществляться также специальными заглушками 2 (рис. 19, б) из алюминиевых сплавов, вставленных в расточку пальца 3 или бобышки 1 (рис. 19, в). При работе дизеля заглушки 2 скользят по стенке втулки цилиндра и препятствуют смещению пальца. У дизелей с диаметром цилиндров более 250 мм внешнюю сторону заглушек обрабатывают по радиусу цилиндра. Поворот таких заглушек предотвращают с помощью штифтов 4. В бобышках 1 предусмотрен сливной канал *a*, чтобы под ними не скапливалось масло. Заглушки вынимают из бобышек поршня с помощью рымов, ввертываемых в нарезные отверстия *b*. Для уменьшения износа бобышек между ними и пальцами устанавливают бронзовые втулки 5. У некоторых дизелей, например 6ЧРН 36/45, пальцы 3 (рис. 19, г) имеют каналы *a* для подвода смазочного масла от шатуна к бобышкам поршня 1. Во избежание попадания большого количества масла на стенки втулки цилиндра палец в этом случае фиксируют заглушками 2, прикрепляемыми к бобышкам поршня винтами. Между заглушками и бобышками поршня устанавливают прокладки 4.

При работе дизелей поршни, особенно их днища, подвергаются действию

высоких температур. Для улучшения условий работы толщину днищ поршней обычно увеличивают, а переход от днища к стенкам стремятся сделать плавным. В целях облегчения условий работы у некоторых поршней над верхним поршневым кольцом протачивают канавку, отклоняющую тепловой поток в направлении нижних колец. При больших диаметрах цилиндров для отвода теплоты от поршней их охлаждают маслом, подводимым через шатун. Охлаждение поршней, например, дизелей 6ЧНСР 27,5/36, осуществляют фонтанирующей струей масла (рис. 20, а). От смазочной системы масло по трубе 1 через кольцевой зазор *a* между поршневым пальцем и головкой шатуна 2 поступает под давлением к соплу 3. Струя масла, фонтанируя из сопла, ударяется о днище поршня 4 и, охлаждая его, стекает в картер.

Поршни некоторых дизелей, например 6ЧРН 36/45 и др., отличающиеся высоким тепловым напряжением, имеют проточное охлаждение. К перегородке таких поршней, образующей полость охлаждения, прикреплен направляющий стакан 4 (рис. 20, б), внутри которого находится втулка 2. Последняя пружиной 3 прижимается к шатуну 1. Масло через кольцевой зазор *a* в шатуне и втулку 2 поступает в полость б, ох-

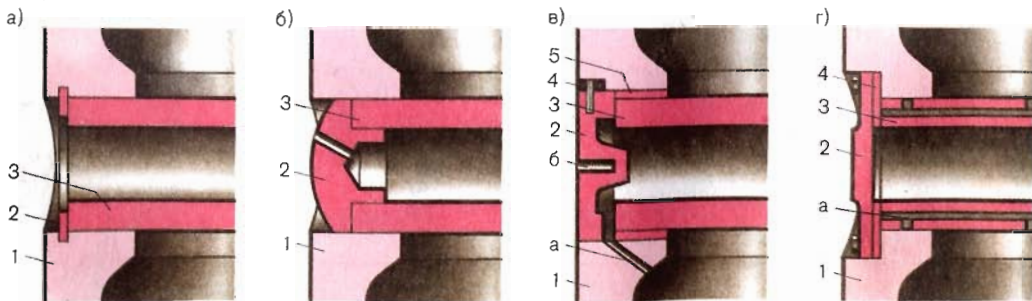


Рис. 19. Поршневые пальцы

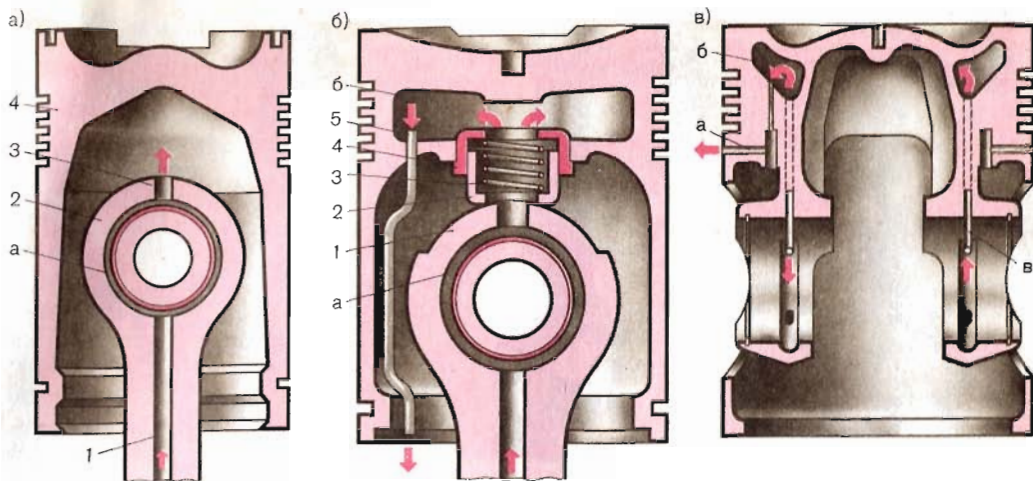


Рис. 20. Охлаждаемые поршни

лаждает головку поршня и по трубе 5 стекает в картер дизеля. У дизелей 12ЧН 22/24 (12Ф 22В) головки поршней охлаждают «методом взбалтывания». Из смазочной системы масло поступает в полость б поршня (рис. 20, в) по каналам в и выходит на цилиндрическую поверхность поршня по каналам а.

**Шатуны.** Во время работы дизеля верхняя часть шатунов, качаясь на поршневых пальцах, участвует вместе с поршнем в возвратно-поступательном движении, а нижняя вращается совместно с шатунной (кривошипной) шейкой коленчатого вала. Условия работы шатуна характеризуются значительными динамическими нагрузками, действующими вдоль его продольной оси. Под действием давления газов шатун сжимается. Силы инерции, стремясь оторвать поршень от коленчатого вала, растягивают шатун и изгибают его в плоскости качания. Поэтому конструкция шатуна при небольшой массе должна обладать высокими прочностью, надежностью и жесткостью.

Шатуны обычно изготовляют из углеродистых и легированных сталей. Они могут быть штампованными или коваными.

Основными элементами шатуна являются верхняя (поршневая) и нижняя (кривошипная) головки и связывающий их стержень. Как правило, у штампованных шатунов поперечное сечение стержня 5 — двутавровое (рис. 21, а), у кованных — круглое. Большинство судовых дизелей имеет двутавровые шатуны. Во избежание концентрации напряжений переход стержня к головкам делают плавным с определенным радиусом кривизны. Верхнюю головку 4 шатуна выполняют заодно со стержнем неразъемной. В нее запрессовывают втулку 3, которая стопорится от проворачивания специальным винтом. Втулки изготавливают из оловянистой бронзы или стали, заплавленной изнутри свинцовистой бронзой. Нижнюю головку для соединения с коленчатым валом выполняют разъемной. Она образует шатунный подшипник. Крышка 8 подшипника нижней

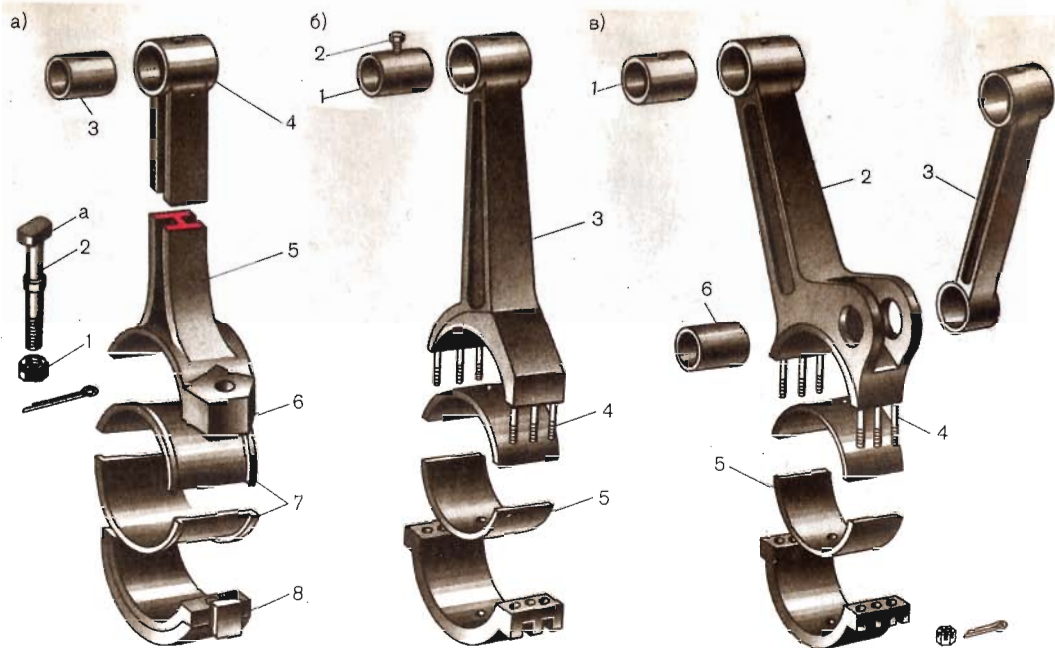


Рис. 21. Шатуны:

а — с неотъемной нижней головкой; б — с косым разрезом нижней головки; в — V-образных дизелей

головки центрируется с пяткой *б* шатуна соответствующими выступами и шатунными болтами *2*. От проворачивания шатунные болты *2* стопорят штифтами, вставляемыми в пазы *а*, и крепят шплинтованными корончатыми гайками *1*. Между пяткой шатуна и крышкой подшипника устанавливают вкладыши *7*, рабочие поверхности которых покрывают антифрикционным сплавом. Встречаются также шатуны, нижняя головка которых имеет только один верхний вкладыш. Крышка подшипника у таких шатунов заплавлена антифрикционным сплавом без вкладыша. Подшипник нижней головки шатуна смазывают маслом, поступающим от смазочной системы по каналам коленчатого вала. Из нижней головки в верхнюю масло поступает через канал, просверленный внутри стержня, или по

специальной трубе, прикрепленной к стержню шатуна скобками.

У некоторых дизелей первых выпусков шатуны имеют съемную нижнюю головку. В таких головках к пятке шатуна болтами прикреплены две половины подшипника: верхняя и нижняя. Между верхней половиной подшипника и пяткой шатуна в этом случае устанавливают прокладку, изменяя толщину которой, можно увеличивать или уменьшать объем пространства сжатия, а следовательно, и изменять степень сжатия. Съемные нижние головки увеличивают массу и уменьшают жесткость шатунов, поэтому в последнее время их применяют реже, чем неотъемные.

Для удобства обслуживания размеры нижней головки шатуна выбирают таким образом, чтобы при сборке и

разборке нижняя головка шатуна свободно проходила через цилиндр. Вследствие ограничения внешнего размера нижней головки при обычно применяемых диаметрах шатунной шейки коленчатого вала, близких к диаметру цилиндра, приходится сильно сокращать радиальную толщину тела головки в зоне прямого разреза. С целью повышения жесткости головки в качестве частично компенсирующей меры из-за вынужденного ослабления зоны разреза обычно увеличивают высоту средней части крышки, выполняя ее для ограничения массы в виде двутаврового профиля. Отмеченные недостатки нижних головок с прямым разрезом (с плоскостью разреза, перпендикулярной оси стержня) привели к широкому распространению у высокооборотных дизелей головок с косым разрезом, когда плоскость разреза располагают под острым углом к оси стержня. Нижняя головка шатуна с косым разрезом показана на рис. 21, б. Крышку подшипника головки соединяют с пяткой шатуна шпильками 4. Вкладыши 5 подшипника тонкостенные. При изнашивании их заменяют новыми. Стержень 3 шатуна двутаврового сечения, а верхняя головка с втулкой 1 и стопорным винтом 2 по конструкции аналогична показанной на рис. 21, а. В верхней головке шатуна и втулке 1 (рис. 21, в) у дизелей, не имеющих подвода смазочного масла от нижней головки шатуна к верхней, выполняют ряд сверлений. Через эти сверления на поршневой палец поступают капельки смазочного масла из масляного тумана в картерном пространстве. В одно из сверлений вставляют латунную трубку, которая стопорит втулку 1 от проворачивания. Вкладыши 5 подшипника нижней головки у таких шатунов залиты свинцовой бронзой. Крышку головки крепят к пятке главно-

го шатуна 2 шпильками 4. У прицепного шатуна 3 нижняя головка, как и верхняя, неразъемная, с бронзовой втулкой 6. Прицепной шатун соединяют с главным посредством пальца с каналами для подвода смазочного масла. Шатунные болты (шпильки) с гайками обеспечивают не только крепление, но и центровку составных частей головки, для чего их выполняют с центрирующими поясами. От проворачивания болты (шпильки) фиксируют штифтами. Для этой же цели головки у некоторых шатунных болтов имеют боковой плоский срез. Корончатые гайки болтов (шпилек) затягивают с определенной силой, указанной в инструкции, по возможности динамометрическими ключами, и стопорят от проворачивания шплинтами. Равномерность прилегания головок и гаек шатунных болтов (шпилек) к поверхностям головки проверяют по краске. Для удобства разборки и разгрузки шпилек 1 (рис. 22, а) от осевых усилий у дизелей 12ЧН 22/24 плоскость разреза нижней головки 2

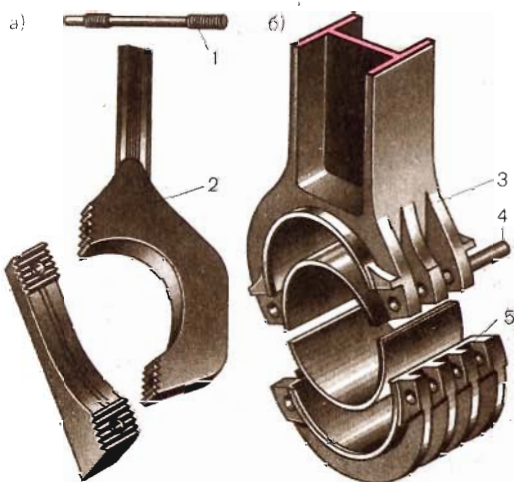


Рис. 22. Нижние головки шатунов высокооборотных дизелей

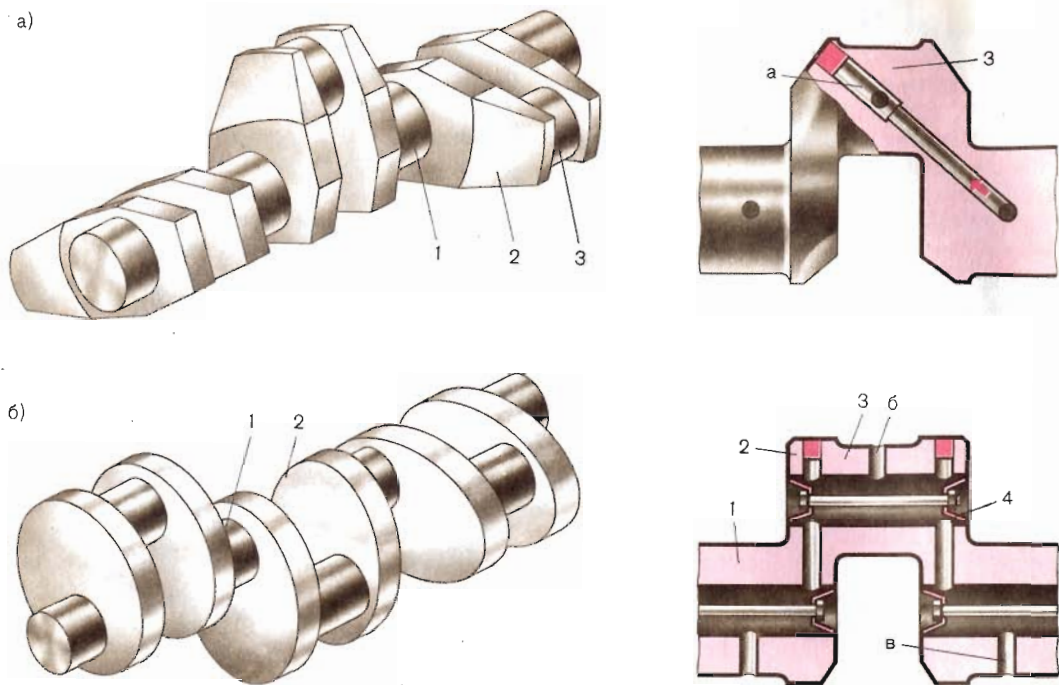


Рис. 23. Кривошипы коленчатых валов

шатунна сделана рифленой. У некоторых высокооборотных дизелей крышку 5 (рис. 22, б) нижней головки крепят к пятке 3 шатуна коническими штифтами 4.

**Коленчатые валы.** Целные, кованые или штампованные коленчатые валы судовых дизелей изготовляют из углеродистых сталей. Основными элементами вала (рис. 23, а) являются коренные 1 и шатунные (кривошипные) 3 шейки и соединяющие их щеки 2. Для повышения износостойкости шейки обычно подвергают поверхностной закалке токами высокой частоты. Во избежание концентрации напряжений переход (галтель) от шеек вала к щекам выполняют плавным. Щеки вала могут иметь прямоугольную, овальную и круглую форму. Для уменьшения массы и наи-

большей уравновешенности часть металла щеки с наиболее удаленных от оси вала мест снимают в пределах, обеспечивающих их необходимую прочность. Две щеки и шатунная шейка образуют кривошип вала. Число кривошипов соответствует числу цилиндров дизеля. Кормовой конец коленчатого вала главного дизеля имеет фланец для соединения с судовым валопроводом. Эту же часть вала обычно используют для привода распределительного механизма. От носовой части вала приводятся в действие различные вспомогательные агрегаты.

Смазывание трущихся деталей кривошипно-шатунного механизма обеспечивается, как указывалось, через соответствующие каналы в коренных подшипниках. В шатунные подшипники



масло поступает по наклонным  $a$  (см. рис. 23,  $a$ ) или радиальным каналам  $b$  (рис. 23,  $b$ ). В последнем случае шатунные и коренные шейки выполняют полыми. Внутренние полости шеек герметизируют с помощью заглушек 4, стянутых болтами. Масло из коренного подшипника поступает внутрь полой коренной шейки 1, по радиальному каналу  $a$ , затем проходит в шатунную шейку 3 и через отверстие  $b$  — к шатунному подшипнику.

**Понятие об уравновешенности дизелей.** Как уже отмечалось, при работе дизеля на его поршни действуют в основном силы от давления газов и силы инерции. Давление газов во все стороны камеры сгорания (на поршень, стенки цилиндра, головку дизеля) передается равномерно и силы, возникающие при этом, взаимно уравновешиваются. Сумма сил инерции и моментов сил инерции относительно центра тяжести дизеля тоже должна равняться нулю. Когда это требование удовлетворяется, дизель считается уравновешенным. В противном случае силы инерции и их моменты могут вызвать вибрацию корпуса судна как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскости. Эффектным средством уравновешивания тепловых машин являются использование многоцилиндровых дизелей, у которых рабочие такты в различных цилиндрах чередуются равномерно по углу поворота вала. Для этого кривошипы вала располагают под углом, равным  $720^\circ/z$  — у четырехтактных и  $360^\circ/z$  — у двухтактных дизелей, где  $z$  — число цилиндров.

Наилучшая уравновешенность в данном случае достигается при одинаковом расположении кривошипов, равно отстоящих от середины коленчатого вала. Уравновешиванию дизеля способствует и целесообразный порядок работы цилиндров, обеспечивающий в

то же время и повышение равномерности вращения коленчатого вала. Для сохранения уравновешенности дизеля не следует допускать, чтобы после ремонта массы поршней у одного дизеля отличались более чем на 0,5—1%, шатунов — на 0,2—1,5%. Силы инерции и их моменты могут быть уравновешены и искусственно путем присоединения к кривошипам вала дополнительных масс, называемых *противовесами*. Массы противовесов подбирают так, чтобы действующие на них центробежные силы соответствовали по значениям силам, действующим на шатунные шейки валов, и были направлены в противоположную сторону. Для уменьшения массы противовесов их стараются располагать как можно дальше от оси вращения коренной шейки вала. У некоторых двигателей противовесы отковывают за одно целое со щеками вала. Противовесы разгружают подшипники коленчатого вала от центробежных сил, поэтому ими оборудуют иногда даже полностью уравновешенные дизели.

**Крутильные колебания коленчатого вала.** Во время рабочего хода сила давления газов, воспринимаемая кривошипно-шатунным механизмом, стремится скрутить коленчатый вал относительно валопровода и гребного винта, которые в этот момент имеют меньшую частоту вращения. С уменьшением вращающего момента (в период между очередными вспышками топлива) коленчатый вал раскручивается, проходит равновесное состояние и закручивается в обратном направлении. Так возникают крутильные колебания вала. *Момент*, выводящий коленчатый вал из состояния равновесия, принято называть *возмущающим*, а колебательные движения его — *вынужденными*.

Упругие колебания вала и насаженных на него масс, возникающие

после прекращения действия возмущающих моментов, называют *свободными*. Они совершаются с определенной частотой (числом колебаний в секунду), называемой *частотой свободных колебаний*. С изменением частоты возмущающего момента (изменением частоты вращения коленчатого вала) меняет свое значение и частота вынужденных колебаний системы. В случае совпадения частоты возмущающего момента с частотой свободных колебаний системы наступает *резонанс*. *Частоту вращения вала*, при которой наступает резонанс, называют *критической*. При работе на такой частоте вращения возможны стуки во всех сочленениях деталей, вибрация дизеля на фундаменте и даже поломки вала. Современные дизели проектируют с расчетом, чтобы критическая частота вращения их вала находилась за пределами рабочей. На шкале тахометра зона критической частоты вращения вала ограничивается красными линиями. Работа дизеля в этой зоне запрещается и ее следует проходить быстро при изме-

нении подачи топлива. Для поглощения энергии крутильных колебаний на коленчатых валах судовых дизелей устанавливают демпферы механического или жидкостного трения. С помощью механического (пружинного) гасителя колебаний используются силы трения, возникающие при крутильных колебаниях между носовой или кормовой частями вала и ободом демпфера. При работе дизеля ступица демпфера повторяет колебания коленчатого вала, а обод стремится благодаря инерции сохранить свою частоту вращения постоянной. Разность частот вращения ступицы и обода демпфера вызывает проскальзывание их одного относительно другого. Энергия колебаний вала затрачивается при этом на преодоление сил трения между ступицей и ободом, разделяемых дисками трения с пружинами. Жидкостные демпферы работают по такому же принципу, как и механические, только ступицу и обод у последних разделяет силиконовая жидкость с высокой вязкостью, представляющая собой раствор солей кремния.

---

1. Какие преимущества и недостатки имеют поршни из чугуна и сплава на алюминиевой основе? 2. Как соединяют поршни с шатунами? 3. С какой целью на поршне устанавливают уплотнительные и маслосъемные кольца? 4. Как охлаждают поршни? 5. Каковы

особенности устройства нижних головок шатунов? 6. Какие части коленчатого вала составляют кривошип? 7. Как осуществляется смазывание деталей кривошипно-шатунного механизма? 8. Зачем на коленчатых валах устанавливают противовесы и демпферы?

---

## ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЕ И УСТРОЙСТВА ТОПЛИВОПОДАЧИ

### 6. СИСТЕМА ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ

**Схема систем.** Впускные и выпускные клапаны системы газораспределения четырехтактных дизелей открываются и закрываются в нужные моменты специальным приводом. По конструктивному исполнению клапанный привод бывает с нижним или верхним расположением распределительного вала. Большинство судовых дизелей имеют штанговый клапанный привод с расположением распределительного

вала 2 (рис. 24, а) на уровне верхней части картера. От коленчатого вала 1 к распределительному вращение передается через шестерни 13, 11, 12, 10. У четырехтактных дизелей каждый клапан должен открываться один раз за два оборота коленчатого вала, поэтому шестерня 10 вращает распределительный вал 2 с частотой в 2 раза меньшей частоты вращения коленчатого вала. На распределительном валу монтируют

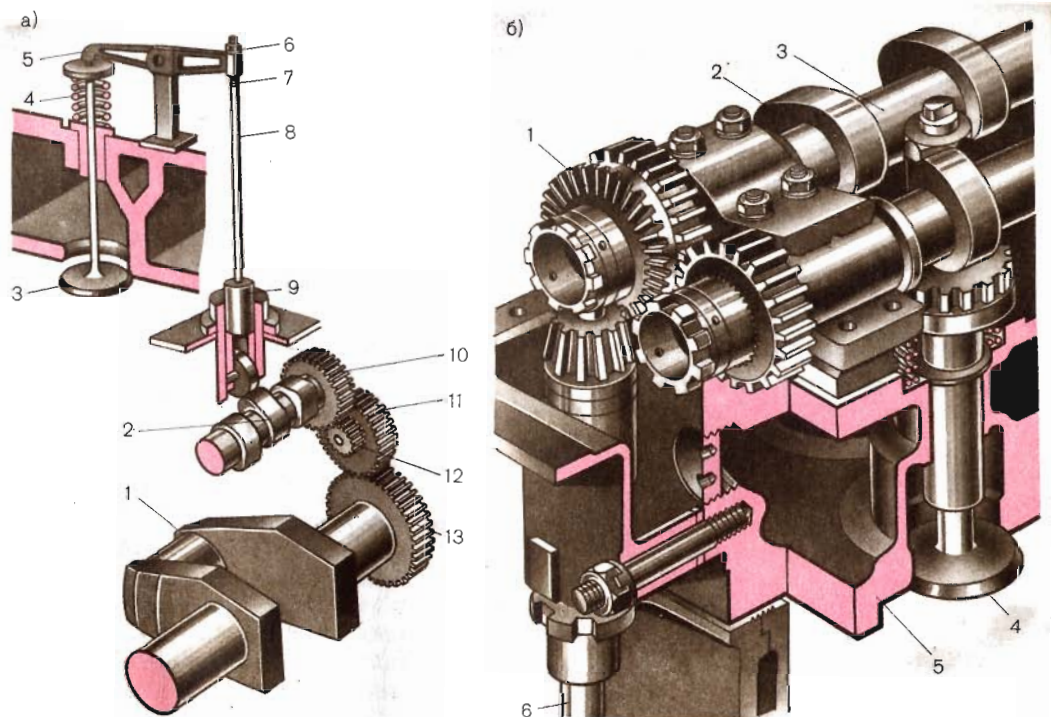


Рис. 24. Клапанные приводы

комплекты кулачных шайб для впускных, выпускных клапанов и топливных насосов. Иногда на распределительном валу устанавливают и шайбы пусковых золотников. Чаще всего при нижнем расположении распределительный вал монтируют внутри картера, из-за чего усложняется сборка и обслуживание привода, но обеспечиваются хорошие условия для смазывания его деталей. Для облегчения монтажа, демонтажа и обслуживания привода у некоторых дизелей распределительный вал смонтирован в специальной выгородке блок-картера или блок-цилиндров. Смазочное масло к распределительному валу в этом случае подается по специальному маслопроводу.

При вращении распределительного вала выступ кулачной шайбы набегают на ролик толкателя 9 и поднимают штангу 8. Клапанный рычаг (коромысло) 5 поворачивается относительно своей оси и, сжимая пружину 4, открывает клапан 3. А когда ролик толкателя сбегает с выступа шайбы, клапан под действием пружины закрывается.

Для компенсации удлинения штока клапана и штанги при их нагревании между штоком клапана и рычагом 5 должен быть определенный тепловой зазор. Значение теплового зазора устанавливают винтом 7 и фиксируют контргайкой 6. Рассмотренный привод характерен для среднеоборотных судовых дизелей.

Высокооборотные дизели, как, например 6ЧСП 15/18, 12ЧСН 18/20 и др., оборудованы клапанным приводом с верхним (надклапанным) расположением двух распределительных валов, не имеющих штанг и клапанных рычагов. При вращении распределительных валов 3 (рис. 24, б) их шайбы 2 воздействуют непосредственно на впускные и выпускные клапаны 4. Распределительные валы 3 в этом случае монтируют над головкой дизеля 5. С коленчатым валом они связаны зубчатой конической передачей 1 и промежуточным валом 6, используемым также и для привода различных механизмов. Клапанные приводы с верхним расположением распределительных валов усложняют демонтаж головок дизеля. Для снятия головки в этом случае необходима разборка клапанного привода.

**Распределительный вал.** У высокооборотных и нереверсивных дизелей распределительный вал выполняют обычно вместе с кулачными шайбами 2 (рис. 25) и для удобства монтажа делают составным. Две части вала соединяют фланцами 1 (рис. 25, а) или шпонкой 5 (рис. 25, б) и винтом 7. В последнем случае конец одной части 6 вала вставляют в расточку другой части вала 4. Для повышения износостойкости рабочие поверхности шеек 3 валов и кулачных шайб 2 подвергают цементации, закалке и тщательной механической обработке. В зависимости от числа клапанов и схемы их привода кулачные шайбы на распределительном

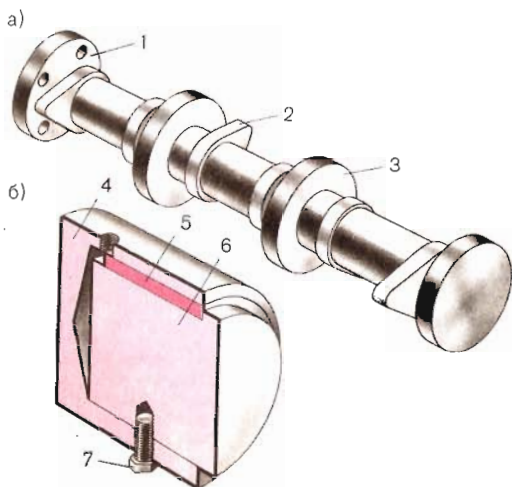


Рис. 25. Составные распределительные валы

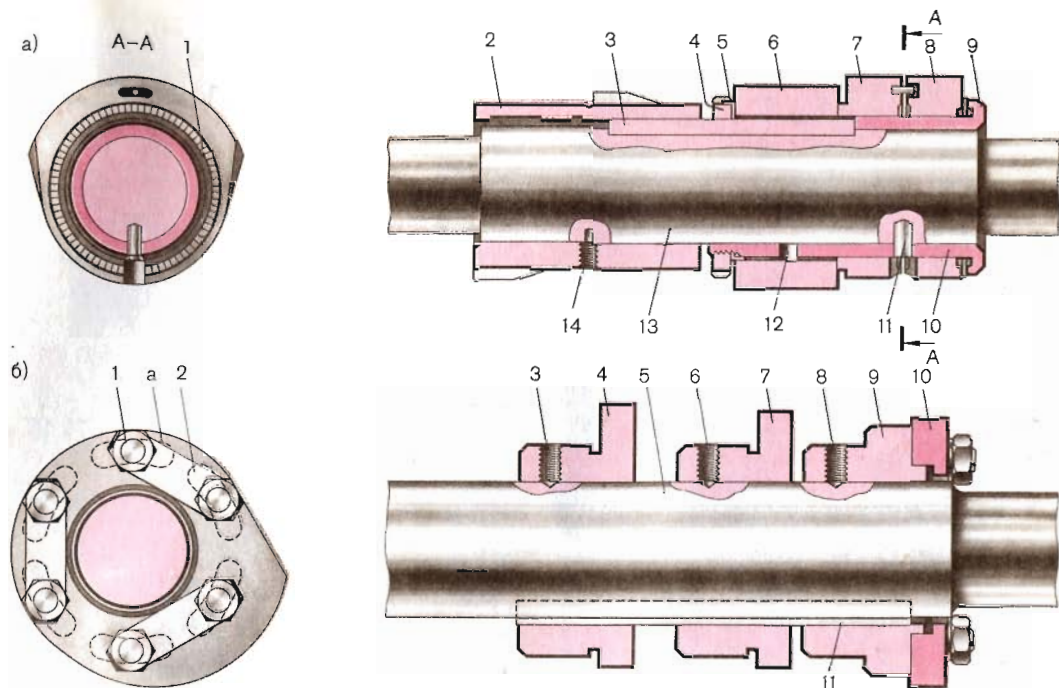


Рис. 26. Распределительные валы со съёмными кулачными шайбами

тельном валу располагают определенным образом в соответствии с принятым порядком работы цилиндров. Высота и профиль шайб обуславливают моменты открытия, закрытия клапанов и размеры проходного сечения каналов для впуска воздуха в цилиндр и выпуска из него продуктов сгорания топлива.

Реверсивные дизели имеют на распределительном валу по два комплекта кулачных шайб: один для переднего, другой для заднего хода. На рис. 26, а показан участок распределительного вала, относящийся к одному цилиндру дизеля 6ЧРН 32/48. У таких дизелей шайбы впускных и выпускных клапанов выполнены в едином блоке 2, закрепленном на распределительном валу 13 шпонкой 3 и винтом 14. Шайбы

переднего 8 и заднего 7 хода топливного насоса имеют шлицевое крепление. Блок 6 кулачных шайб пусковых золотников, закрепленных штифтом 12, и шайбы 7, 8 смонтированы на общей втулке 10. Последнюю соединяют с валом шпонкой 3 и штифтом 11. Торцовые поверхности шайб и бурт 9 втулки выполнены с радиальными шлицевыми поясами 1. Такие пояса имеют по окружности 180 шлицев, так что смещение кулачных шайб 7, 8 на один зуб относительно втулки или одной относительно другой соответствуют повороту их на  $2^\circ$ . Шайбы топливного насоса вместе с блоком шайб 6 пусковых золотников надевают на втулку, крепят гайкой 4 и стопорят замковой шайбой 5.

На рис. 26, б показан участок распределительного вала, относящийся к

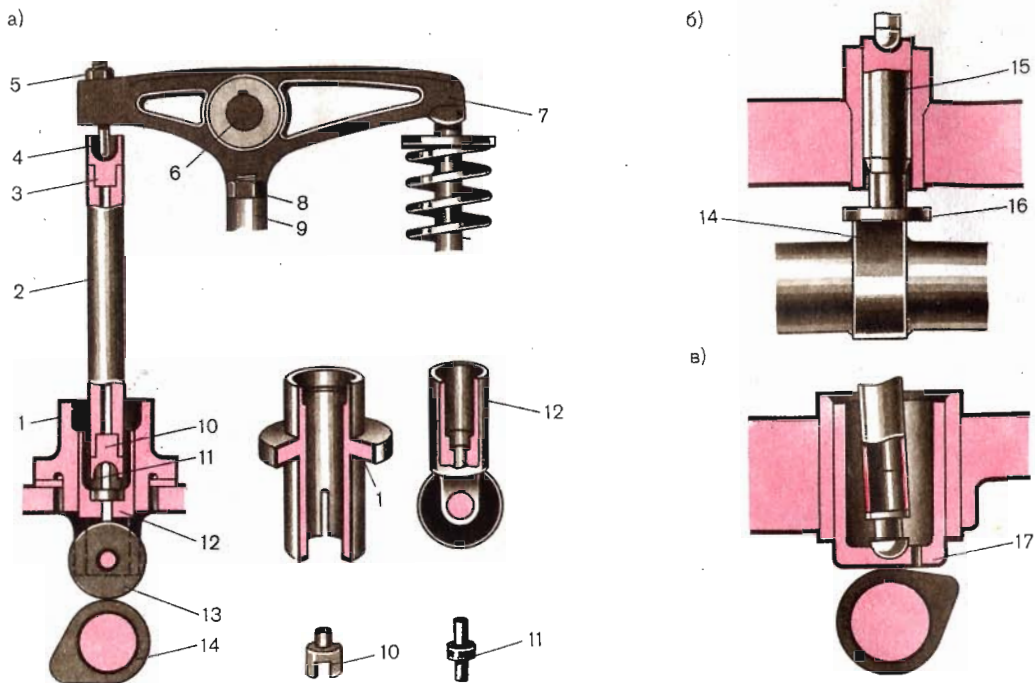


Рис. 27. Детали штангового клапанного привода

одному цилиндру дизеля 6ЧСПН 27,5/36. На валу 5 шпонкой 11 и винтами 3, 6, 8 закреплены блок 4 кулачных шайб выпускных, блок 7 кулачных шайб впускных клапанов и муфта 9. Кулачные шайбы 10 топливного насоса крепят к муфте болтами 1 (у реверсивных дизелей — к блоку 7 шайб впускных клапанов). Отверстия а под болты в шайбах 10 выполняют продолговатой формы, благодаря чему обеспечивается возможность их поворота при регулировании работы насоса. Гайки крепления шайб стопорят от проворачивания накладками (пластинами) 2.

**Клапанные рычаги, штанги, толкатели.** Механизмы привода клапанов с нижним расположением распределительного вала получают импульс для движения от кулачных шайб через тол-

катели, штанги и клапанные рычаги (коромысла). На рис. 27, а показан один из механизмов привода с неразрезным клапанным рычагом, жестко закрепленным на валу 6. Опорами вала служат роликовые подшипники, вмонтированные в стойки 9. Последние соединены с крышкой цилиндра шпильками и гайками 8. Правое плечо рычага имеет сферическую головку 7, которой оно воздействует на шток клапана. В левое плечо рычага ввернут регулировочный винт 4 с контргайкой 5. Сферическая головка винта опирается на верхний наконечник 3 пустотелой трубки (штанги) 2. На сферическую поверхность нижнего наконечника 10 воздействует упор 11 толкателя 12. Ролик 13 толкателя при набегании на него выступа шайбы поднимается и, воз-

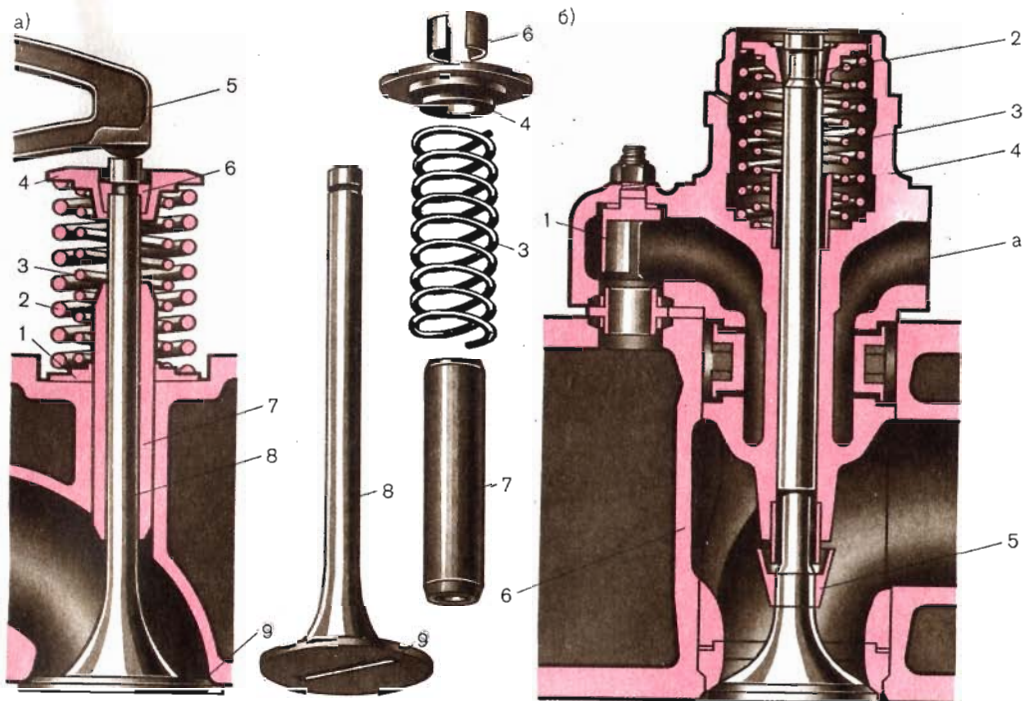


Рис. 28. Клапаны среднеоборотных дизелей

действуя на детали привода, открывает клапан. Направляющей толкателя служит втулка 1. Встречаются и другие конструкции толкателей. У высокооборотных дизелей, например 4Ч 10,5/13, толкатели 15 (рис. 27, б) сделаны с плоской формой головки 16. Оси их смещены по отношению к оси кулачных шайб 14, поэтому толкатели при вращении распределительного вала не только скользят по рабочим профилям шайб, но и вращаются вокруг своих осей, благодаря чему происходит более равномерное изнашивание торцевой поверхности шайб. Иногда толкатели, как у дизелей 6ЧСП 18/22, выполняют в форме плоского стакана 17 (рис. 27, в), воздействие от которого передается штанге через сферический наконечник клапанного рычага.

**Впускные и выпускные клапаны.** Материалом для впускных клапанов служат хромистые или хромоникелевые среднеуглеродистые стали. Выпускные клапаны работают в условиях более высоких температур, чем впускные, поэтому их изготавливают из жароупорных и износостойких сталей.

По конструкции клапаны нефорсированных дизелей одинаковы, они состоят из тарелки 9 (рис. 28, а) и стержня (штока) 8. Рабочая поверхность тарелки притирается к седлу в крышке цилиндра. У некоторых дизелей седла клапанов съемные. Для уменьшения сопротивления при впуске воздуха в цилиндры иногда диаметр тарелки впускных клапанов делают несколько большим, чем выпускных. Клапаны, изготовленные отечественными заво-

дами, на торцевой части тарелки имеют клеймо: ВС (всасывающий, впускной) и ВХ (выхлопной, выпускной). Под действием клапанного рычага 5 тарелка 9 и шток 8, смещаясь вниз, сообщают рабочую полость цилиндра с впускным или выпускным коллекторами. При появлении зазора между штоком и клапанным рычагом тарелка 9 клапана пружинами 2, 3 прижимается к гнезду и рабочая полость цилиндра разобщается с коллектором. Направляющей для движения штока служит втулка 7, запрессованная в крышку цилиндра. Пружины опираются внизу на крышку цилиндра или неподвижную фасонную шайбу 1, а вверху — на подвижную фасонную шайбу 4 (ее называют также тарелкой). Шайба 4 крепится на штоке двумя коническими

полукольцами (сухарями) 6. Надежность действия клапанов, работающих с большими скоростями и находящихся под воздействием высоких температур, в основном зависит от значения сил инерции, условий охлаждения и смазывания. Особенно сильно нагреваются выпускные клапаны форсированных дизелей с наддувом, поэтому их корпуса 4 (рис. 28, б) имеют, как правило, охлаждение. Клапан с защитным отражателем 5, пружинами 3, тарелкой и штоком 2 монтируют в корпусе 4, скрепленном с крышкой цилиндра 6. Вода поступает в корпус 4 клапана из крышки цилиндра через регулировочный кран 1, а отводится в магистраль по каналу а.

Детали клапанного привода смазываются, как правило, централизованно,

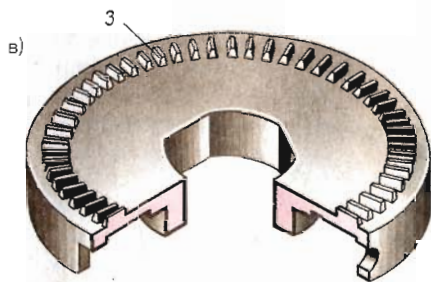
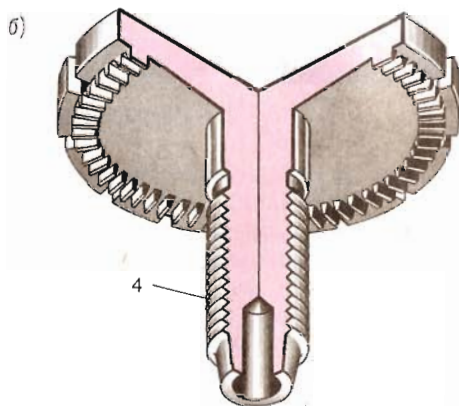
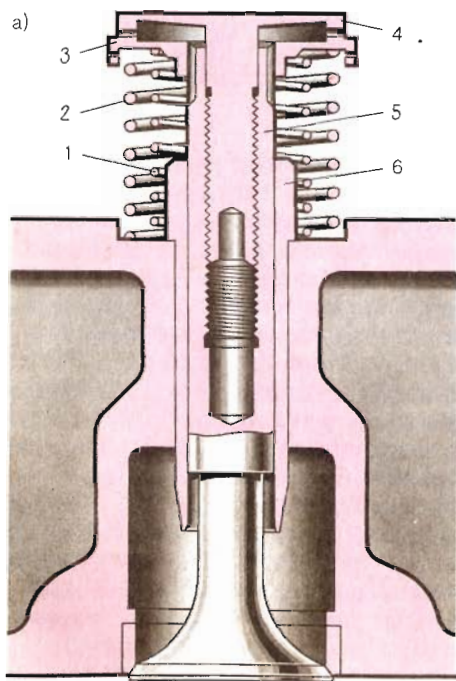


Рис. 29. Клапан высокооборотного дизеля



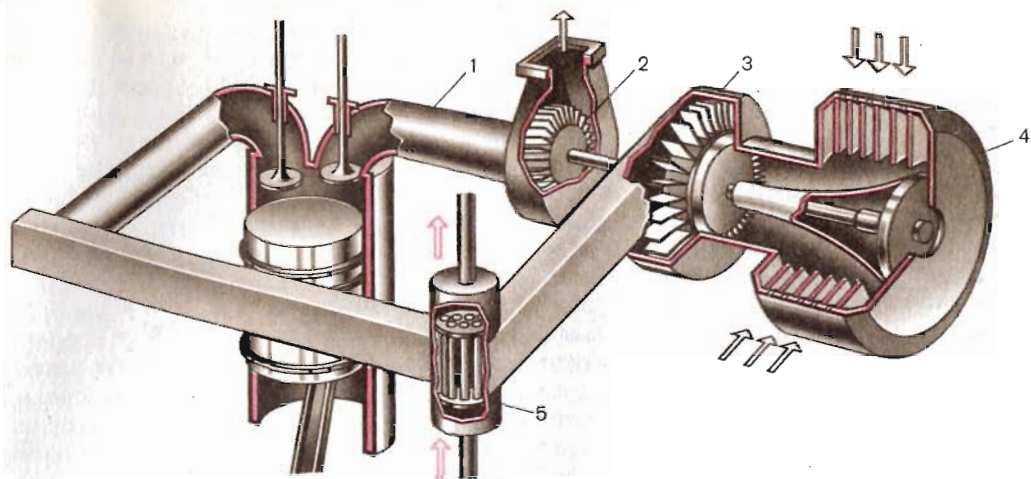


Рис. 30. Схема газотурбинного наддува

и во избежание потерь масла крышки цилиндров (головки дизеля) закрывают колпаками. В необходимых случаях, как, например, у дизелей 6ЧРН 36/45, с этой целью оборудуют кожухами и штанги клапанного привода. В приводах с верхним расположением распределительного вала кулачковая шайба воздействует непосредственно на упорную тарелку 4 (рис. 29, а), хвостовик которой ввернут в пустотелый шток 5. Под упорной тарелкой 4 (рис. 29, б) установлена тарелка 3 (рис. 29, в), называемая замковой. Ее соединяют со штоком 5 (рис. 29, а) осевыми шлицами. По поверхности соприкосновения тарелки имеют радиальные шлицы. Пружины 2, 1 прижимают замковую тарелку к упорной и предотвращают проворачивание последней относительно штока 5. Направляющей для движения штока служит втулка 6. Рабочей поверхностью клапан опирается на вставное седло.

**Понятие о наддуве дизелей.** Мощность дизеля можно увеличить путем повышения давления воздуха при впуске его в цилиндры. Подачу воздуха

в цилиндры дизеля под давлением 0,13—0,25 МПа и выше называют *наддувом*. Воздух в цилиндры дизелей с наддувом нагнетается специальным насосом, называемым *компрессором*. В зависимости от привода компрессоров различают механический и газотурбинный наддув. У дизелей с механическим наддувом компрессор приводится в действие от коленчатого вала посредством цепной или зубчатой передачи. На судах речного флота наибольшее распространение получил газотурбинный наддув, при котором компрессор 3 (рис. 30) приводится в действие от газовой турбины 2, подключенной к газопроводу 1. На рабочем колесе (роторе) турбины по окружности смонтированы лопатки, а перед ними в корпусе располагают неподвижные лопатки так называемого направляющего аппарата. Газы с лопаток направляющего аппарата на рабочие лопатки турбины могут поступать по радиусу к оси вращения ротора или вдоль него, поэтому турбины называют соответственно *радиальными* или *осевыми*. При движении газов от периферии к центру

радиальные турбины называют *центростремительными*, в случае движения газов от центра к периферии — *центробежными*. В направляющем аппарате турбины скорость газов увеличивается, а давление уменьшается, т. е. потенциальная энергия выпускных газов преобразуется в кинетическую. Подобный процесс происходит и в каналах между лопатками рабочего колеса турбины. Вследствие этого рабочее колесо турбины начинает вращаться, следовательно, будет вращаться и рабочее колесо центробежного компрессора 3. Воздух, поступающий на лопатки рабочего колеса компрессора, через фильтр 4 отбрасывается от центра вращения к периферии. При движении воздуха в каналах между лопатками рабочего колеса компрессора кинетическая энергия воздуха преобразуется в потенциальную, скорость движения его уменьшается, а давление возрастает. Поступивший в компрессор воздух, двигаясь между лопатками рабочего колеса, сжимается и по нагнетательному патрубку направляется в наддувочный коллектор дизеля. Отношение давления наддувочного воздуха к давлению атмосферного воздуха называют *степенью наддува*.

Центробежные компрессоры, объединенные в один агрегат с газовой турбиной, образуют турбокомпрессор. В соответствии с ГОСТ 9658—81 отечественные турбокомпрессоры подразделяют на два унифицированных типоразмерных ряда: ТК — центробежный компрессор с осевой турбиной и ТКР — центробежный компрессор с центростремительной турбиной. Турбокомпрессоры выпускают с различными степенями повышения давления: Н — низкого давления, повышающие давление атмосферного воздуха менее чем в 1,9 раза; С — среднего давления, повышающие давление атмосферного воздуха в 1,9—2,5 раза; В — высокого дав-

ления, повышающие давление атмосферного воздуха более чем в 2,5 раза.

Марки турбокомпрессоров расшифровываются таким образом: буквы перед цифрами означают тип агрегата (ТК или ТКР), цифры — диаметр рабочего колеса компрессора в сантиметрах, буква после цифр — модификацию компрессора по степени повышения давления. Например, марка турбокомпрессора ТК 30С означает, агрегат с осевой турбиной, среднего давления и диаметром рабочего колеса компрессора 30 см. Судовые среднеоборотные дизели оборудуют в основном турбокомпрессорами с турбинами осевого типа.

При сжатии в компрессоре воздух нагревается, из-за чего снижается его массовая подача и увеличивается тепловое напряжение деталей турбокомпрессора. Для обеспечения нормальных условий эксплуатации турбокомпрессора и увеличения массового заряда воздух перед поступлением в цилиндры дизеля охлаждаются водой в охладителе 5 (см. рис. 30). Мощность дизеля увеличивается примерно пропорционально степени наддува при условии охлаждения воздуха до температуры окружающей среды. Трубки охладителя воздуха изготавливают в основном из меди, латуни или нержавеющей стали. Для интенсификации теплообмена на трубках припаивают, приваривают или накатывают ребра различной конфигурации. Вода прокачивается насосом внутри трубок, а воздух омывает их снаружи.

**Впускной коллектор и газопровод дизеля.** В цилиндры дизеля воздух поступает через впускной коллектор. У четырехтактных дизелей впускной коллектор имеет форму трубы круглого или квадратного сечения с патрубками к отдельным цилиндрам. Продукты сгорания топлива вытесняются из ци-

линдров в выпускной коллектор, состоящий из отдельных цилиндрических чугунных или стальных сварных труб. Несколькими патрубками коллектор соединяют с крышками цилиндров. Выпускной коллектор у дизелей без наддува изготавливают с двойными стенками, между которыми прокачивается охлаждающая вода. Для измерения температуры выпускных газов на патрубках коллектора устанавливают термометры, а для удаления воды и воздуха из полостей охлаждения коллектор снабжают специальными кранами. Чтобы уменьшить падение температуры газов на участке газопровода до турбокомпрессора, выпускные коллекторы дизелей с наддувом делают неохлаждаемыми. Газы при движении в коллекторе создают сильный шум, для уменьшения которого дизели оборудуют глушителями. Достаточное глушение шума у дизелей с наддувом обеспечивают газовые турбины, а при последовательном включении в газопровод турбины и котла-

утилизатора надобность в глушителе отпадает. Работа глушителей основана на расширении газов, потере их энергии при переходе в полость повышенного объема и отделении частиц сажи с изменением направления движения потока газов. По принципу действия *глушители шума* бывают *активные* и *реактивные*. В активных глушителях звуковая энергия превращается в тепловую при прохождении газов через специальные сопротивления (сетки, перфорированные листы, звукопоглощающие материалы). В реактивных глушителях происходит уменьшение амплитуды колебаний вследствие расширения потока газов. На судах речного флота, особенно на танкерах, устанавливают глушители, с помощью которых не только уменьшается шум выпуска, но и предотвращается вылет искр из дымовой трубы. В выходной патрубках таких глушителей газы проходят через слой воды, фонтанирующей из отверстий кольцевого трубопровода.

1. Из каких основных деталей состоит система газораспределения с нижним расположением распределительного вала? 2. Почему частота вращения распределительного вала четырехтактного дизеля вдвое меньше, чем коленчатого вала? 3. Как передается движение от кулачков распределительного вала

к клапану? 4. Для чего необходим тепловой зазор в клапанном приводе? 5. Для какой цели на газопроводе дизеля устанавливают глушители? 6. В чем заключается сущность наддува дизелей? 7. Что понимают под степенью наддува? 8. Каков принцип действия турбокомпрессора?

## 7. ТОПЛИВНАЯ СИСТЕМА

**Схемы топливной системы.** Топливная система предназначена для приема, хранения, перекачки, подогрева, очистки и подачи в нужные моменты определенных доз распыленного топлива в цилиндры дизеля. В настоящее время основным видом топлива для СЭУ является дизельное. Однако в

последнее десятилетие Минречфлотом принят ряд мер для увеличения объема использования тяжелых топлив, главным образом моторного. Моторные топлива имеют повышенную вязкость, в них много смолистых веществ, воды и прочих примесей. В связи с этим дизели, работающие на моторном топливе,

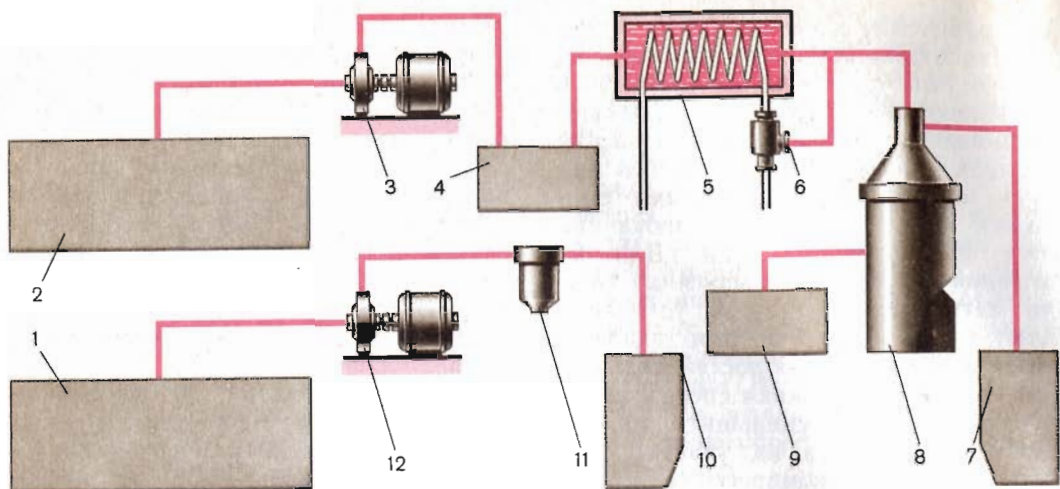


Рис. 31. Схема подачи топлива к расходным цистернам

оборудуют специальной системой топливоподготовки. Топливные системы дизелей можно условно разделить на два участка: первый — от основной цистерны до расходной и второй — от расходной до дизеля.

Топливо на речных судах хранят в специальных цистернах основного запаса. Вместимость их рассчитана на 10—20 сут работы судна. Цистерны основного запаса дизельного 1 (рис. 31) и моторного 2 топлива размещают в корпусе судна и оборудуют указателями уровня, вентиляционными трубами и пламепрерывающими устройствами. Из цистерны 1 топливо перекачивается дежурным топливным насосом 12 в расходную цистерну 10 дизельного топлива, предварительно пройдя фильтр 11. Моторное топливо из цистерны 2 подается насосом 3 в отстойную цистерну 4, откуда через сепаратор 8 нагнетается в расходную цистерну 7. В отстойной цистерне 4 топливо предварительно очищается от воды и механических примесей. Объем отстойной цистерны выбирают исходя

из времени отстоя топлива в течение не менее 8 ч. Более глубокая очистка топлива от воды и других примесей производится в сепараторе. Воду и механические примеси из сепаратора 8 удаляют в шламовую цистерну 9, а из отстойной цистерны 4 и фильтров 11 — в специальный бак. Перед поступлением в сепаратор топливо подогревают паром, водой или электротокком в подогревателе 5. Заданную температуру подогрева топлива в системе поддерживают с помощью терморегулятора 6. Для обеспечения необходимой вязкости моторного топлива обычно во всех цистернах системы предусматривают его общий или местный (в районе приемных патрубков) подогрев.

Расходные цистерны обычно монтируют в верхней части машинного помещения и снабжают указателем уровня топлива, а также вентиляционными трубами и краном в нижней части для удаления отстоя. Общую вместимость расходных цистерн (их может быть и несколько) выбирают с таким расче-

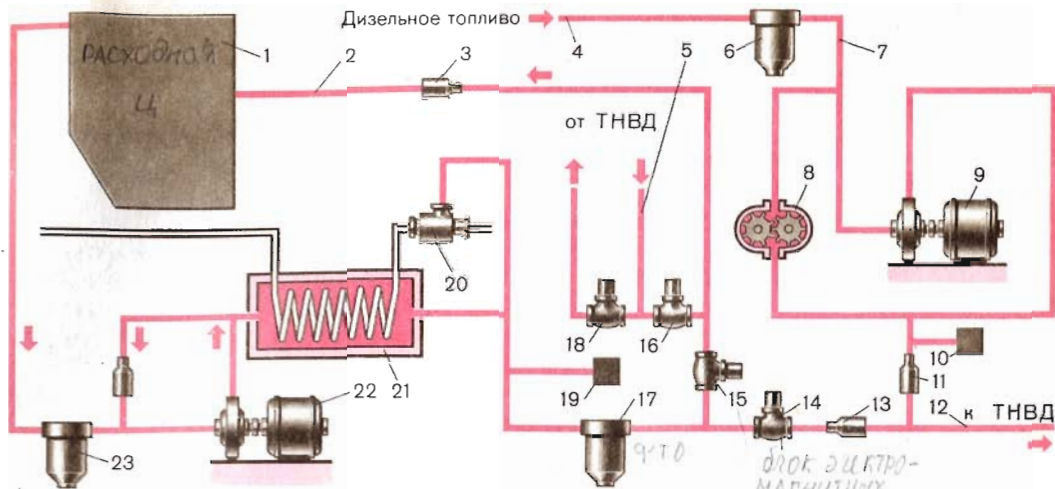


Рис. 32. Двухтопливная система питания дизеля

том, чтобы запасов топлива в них хватило на 6—8 ч работы дизелей.

На судах, экипажи которых работают по методу совмещения профессий или без постоянной вахты в машинном помещении, подача топлива в расходные цистерны автоматизирована. В схему дизельного и моторного топлив включают обычно по два дежурных топливных насоса: ручной и электроприводной. Последний в автоматизированных топливных системах вступает в действие при опускании уровня топлива в расходной цистерне до нижнего предела. По мере заполнения расходной цистерны поплавки всплывают и в определенный момент размыкают контакты в цепи управления, при этом останавливается электроприводной насос и подача топлива в цистерну прекращается. В случае необходимости при соответствующем переключении трехходовых кранов топливо в расходную цистерну можно перекачивать и ручным насосом.

Второй участок топливной системы предназначен для контрольной филь-

трации топлива, подачи к дизелю соответствующего количества дизельного и моторного топлива необходимой вязкости. Моторное топливо подводят к двигателю или отдельно от дизельного или вместе с ним. В первом случае при пуске, маневрах и остановке на продолжительное время (более 1,5 ч) двигатель работает на дизельном топливе, при работе под нагрузкой (с заданной заводом-изготовителем мощностью) — на моторном. Во втором случае в двигатель подается смесь моторного и дизельного топлив, приготовленная в специальных смесителях, причем состав смеси изменяют в зависимости от нагрузки дизеля.

Принципиальная схема отдельной подачи моторного и дизельного топлива к двигателю показана на рис. 32. Из расходной цистерны 1 моторное топливо, предварительно очищенное в фильтре 23, может подаваться электроприводным насосом 22 через подогреватель 21 и фильтр тонкой очистки 17 к блоку электромагнитных клапанов 14, 15.

В обесточенном состоянии все электромагнитные клапаны закрыты.

При нажатии кнопки «Моторное топливо» на панели дистанционного (ДПУ) или местного поста управления (МПУ) замыкаются контакты в электрических цепях подогревателя 21 и клапанов 14, 16. Последние открываются и электроприводной подкачивающий насос 22 подает моторное топливо в магистраль 12 к топливному насосу высокого давления (ТНВД), нагнетающему топливо через форсунки в цилиндры дизеля. Поэтому избыточное топливо от ТНВД по трубопроводу 5 через электромагнитный клапан 16, обратный клапан 3 и трубопровод 2 снова возвращается в расходную цистерну. На входе в дизель регулятором 20 поддерживается температура тяжелого топлива. Она должна быть как минимум на 10 °С ниже температуры вспышки. Управление электроприводным насосом 22 в автоматическом режиме обеспечивается с помощью термореле 19. При включенном контуре подготовки моторного топлива пускать дизель на этом топливе можно только после стоянки продолжительностью не более 1,5 ч.

С нажатием на кнопку «Дизельное топливо» или «Пуск» на панели ДПУ (МПУ) топливо к двигателю поступает по трубопроводам 4, 7. В магистраль дизельного топлива включены фильтр 6, топливopодкачивающий насос 8 с приводом от дизеля, расходная цистерна (на схеме не показана) и резервный электроприводной насос 9, подключенный в магистраль параллельно с насосом 8. Автоматическое управление насосом 9 осуществляет реле 10, которое включает его в действие при падении давления дизельного топлива перед ТНВД ниже 0,05 МПа. С включением насоса в работу на посту управления загорается табло «Пуск дизеля». Неза-

висимо от режимов работы дизеля в магистрали 12 перед ТНВД перепускные клапаны поддерживают давление не менее 0,1 МПа.

Рассмотрим принцип действия системы. При нажатии кнопки «Пуск» ДПУ (МПУ) открываются электромагнитные клапаны 15, 18. Подкачивающий насос 8 из расходной цистерны забирает дизельное топливо и через открытый обратный клапан 11 (клапан 13 закрыт) подает его к ТНВД дизеля. Избыточное дизельное топливо через клапан 18 сливается в расходную цистерну. На посту управления загорается табло «Дизельное топливо». Одновременно вступает в работу и электроприводной насос 22, прокачивая моторное топливо по контуру: расходная цистерна 1 — подогреватель 21 — электромагнитный клапан 15 — расходная цистерна 1. Как только температура моторного топлива на выходе из подогревателя 21 достигает установленного значения, реле 19 обесточивает электромагнитные клапаны 15, 18 и замыкает контакты клапанов 14, 16. Последние открываются и в дизель подается моторное топливо. После прекращения подачи дизельного топлива на посту управления загорается табло «Моторное топливо». При минимальной и максимальной температуре моторного топлива реле 19 включает на посту управления соответствующие сигнальные лампы. В случае недопустимого падения вязкости (повышения температуры) топлива реле 19 обесточивает электромагнитные клапаны 14, 16 и двигатель переводится на дизельное топливо. Электроприводной подкачивающий насос 22 в этом случае прокачивает моторное топливо по контуру системы через отключенный подогреватель, предотвращая его перегрев. С понижением температуры топлива до 60 °С электроприводной насос останавливается.

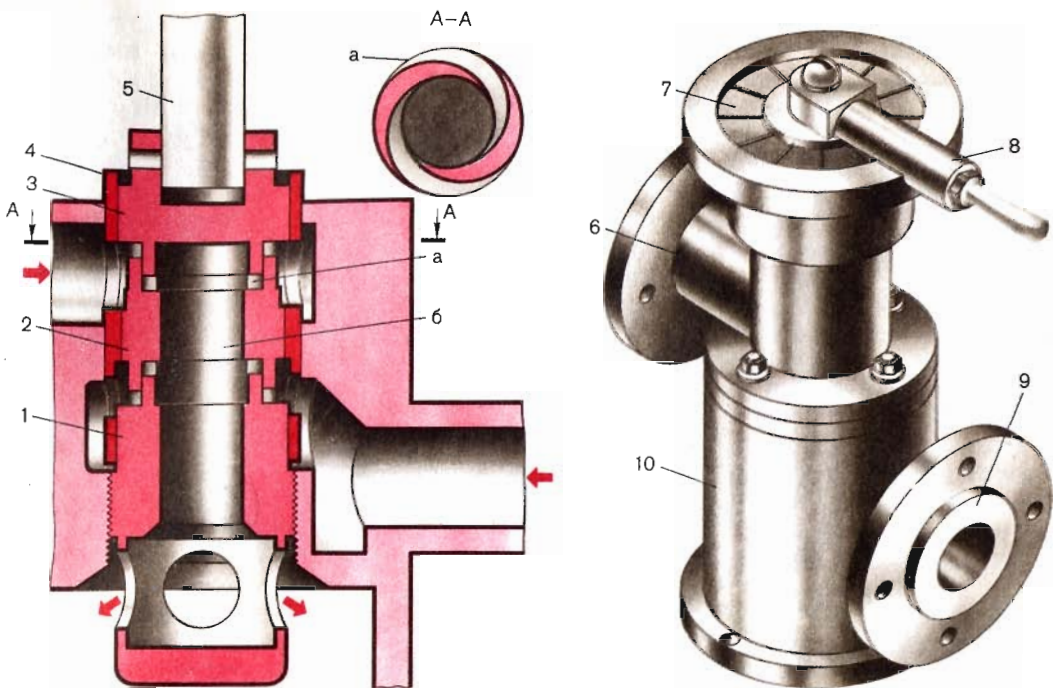


Рис. 33. Ультразвуковой смеситель УЗГС 5000

Системы смешения оборудуют специальным смесителем, который в зависимости от условий работы дизеля подготавливает в определенном соотношении смесь дизельного и моторного топлива. Технологическая схема системы смешения предусматривает местный подогрев топлива в основной цистерне до 30—35 °С, очистку исходных топлив в топливных фильтрах до смесителя, смешение тяжелого и дизельного топлива в смесителе и подачу топливной смеси в расходную цистерну. Для подачи топлива к смесителю в схему включают два шестеренных насоса примерно равной подачи с перепускными клапанами, отрегулированными на одинаковые давления. Из расходной цистерны топливную смесь забирает штатный топливоподкачивающий насос и

после очистки в фильтрах ТНВД подает ее в цилиндры дизеля. Практика использования топливных смесей показывает, что дизели эффективно работают на смеси с содержанием 20—30% моторного топлива. При повышенном долевом содержании моторного топлива в смеси, подаваемой в главные дизели 6ЧРН 36/45 и 6ЧРН 32/48, предусмотрен ее подогрев перед ТНВД до 40—45 °С в специальном подогревателе. Теплоносителем в подогревателях обычно является вода из контура охлаждения дизелей.

Для приготовления топливных смесей на речных судах используют в основном ультразвуковые гидродинамические смесители УЗГС 5000, обеспечивающие смешение в среднем 5 м<sup>3</sup>/ч (5000 л/ч) топлива. Смеситель (рис. 33)

состоит из стального корпуса и крышки с промежуточным фланцем между ними. Корпус имеет два входных *6, 9* и одну выходную *10* патрубки. В него вмонтированы три резонатора ультразвука: резонаторы первой и второй ступени *3, 1* и промежуточный резонатор *2*, скрепленные с втулкой *4* и через шпindel *5* с рукояткой *8*. В нижней части резонатора первой, верхней части резонатора второй ступени, а в промежуточном резонаторе вверху и внизу расположены каналы *a*: в первых двух в виде правой торцевой двухзаходной резьбы по спирали Архимеда, а в промежуточном резонаторе — с левой резьбой обратного направления. Дизельное топливо поступает в смесительную камеру *б* по патрубку *6* через каналы в резонаторах *3, 2*, а моторное топливо — по патрубку *9* и каналам резонаторов *2, 1*.

Принцип действия смесителя основан на интенсивном перемешивании в резонаторах движущихся под давлением потоков моторного и дизельного топлива. Энергия перепада давления в

смесительной камере *б* преобразуется в энергию ультразвуковых колебаний, вызывающих кавитацию жидкости в районе торможения потоков, которая способствует качественной обработке смеси, дроблению смолистых и асфальтовых образований и хорошему перемешиванию жидкостей. Регулирование подачи дизельного и моторного топлива осуществляется изменением площади проходных сечений входных спиральных каналов в резонаторах, которые перемещаются вдоль оси корпуса при вращении рукоятки *8* смесителя. Содержание тяжелого топлива в смеси, руководствуясь делениями на верхней шкале *7*, можно регулировать от 0 до 100%.

#### Топливоподкачивающие насосы.

В топливных системах судовых дизелей используют поршневые, шестеренные или роторно-пластинчатые подкачивающие насосы, подающие топливо из расходной цистерны (или из цистерн основного запаса на небольших судах) к ТНВД с давлением 0,15—0,35 МПа. Схема поршневого топливоподкачи-

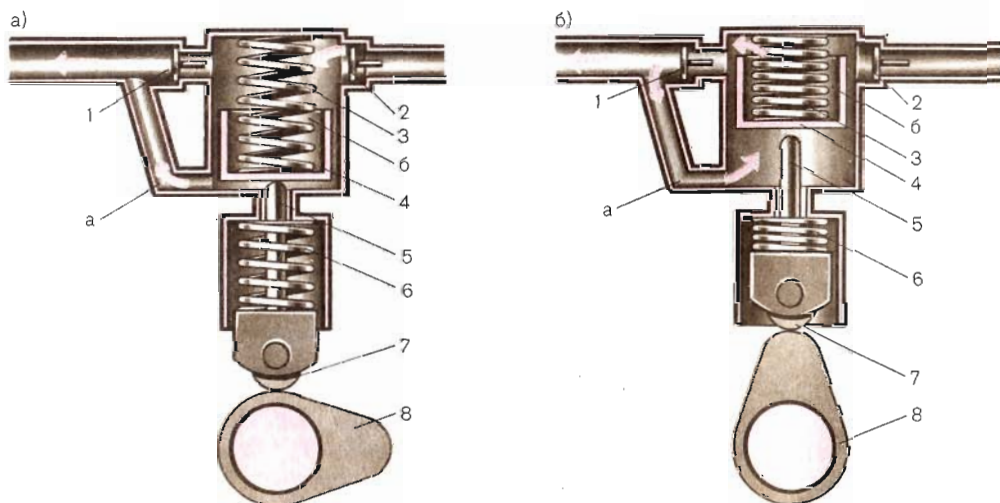


Рис. 34. Поршневой топливоподкачивающий насос



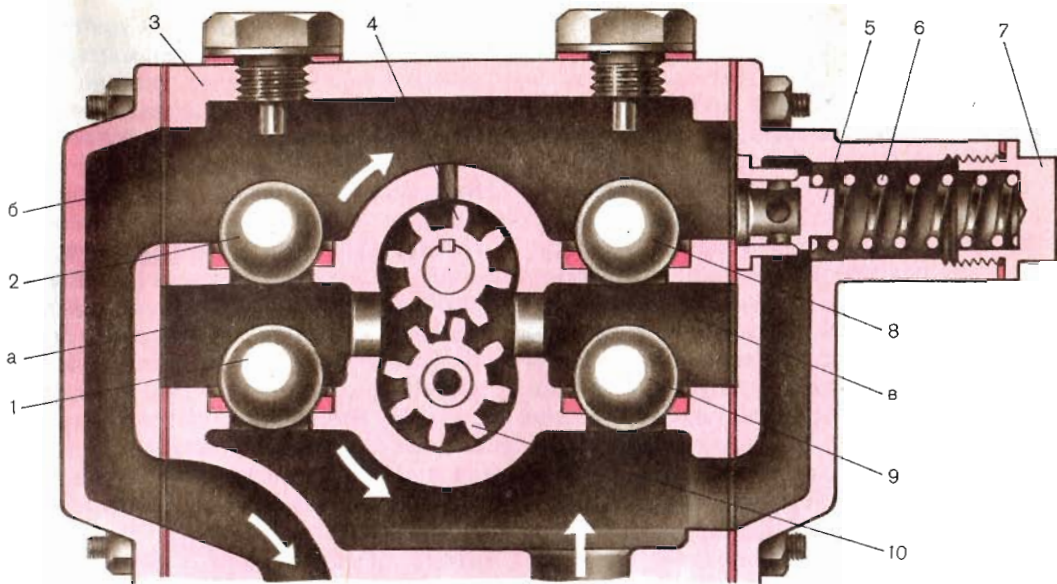


Рис. 35. Шестеренный топливоподкачивающий насос

вающего насоса с приводом от распределительного вала показана на рис. 34. На поршень 4 насоса (рис. 34, а) воздействуют пружина 3 и толкатель 5. Ролик 7 толкателя под действием пружины 6 удерживается в постоянном соприкосновении с кулачной шайбой 8, закрепленной на распределительном валу. При сбежании ролика 7 с выступа шайбы поршень 4 под действием пружины 3 смещается вниз. Топливо при открытом всасывающем клапане 2 поступает в полость б. В полости а при этом давление повышается и определенная доза топлива из-под поршня вытесняется в нагнетательный трубопровод к ТНВД. По мере расходования топлива поршень 4 под действием пружины 3, смещаясь вниз, подает к ТНВД столько топлива, сколько его расходует дизель, т. е. насос является саморегулирующимся, он сам регулирует подачу топлива к ТНВД и без перепускного клапана обеспечивает по-

стоянное давление. В обратном направлении поршень 4 передвигает толкатель 5, когда выступ кулачной шайбы набежит на ролик 7. Давление в полости б (рис. 34, б) в этом случае возрастает, всасывающий клапан 2 закрывается и открывается нагнетательный клапан 1.

Рабочий объем полости а насоса несколько больше объема топлива, расходоуемого дизелем за цикл, поэтому поршень 4 при движении вверх на некоторое время, отрываясь от толкателя, «зависает» в цилиндре (см. рис. 34, б) и основная масса топлива из полости б перетекает в полость а. Таким образом, ход поршня вверх является подготовительным. При этом поршень возвращается в исходное положение начала нагнетательного хода. Наиболее широкое применение в качестве топливо- и маслоподкачивающих получили шестеренные насосы. В корпусе 3 (рис. 35) шестеренного подка-

чивающего насоса установлены ведомая 10 и ведущая 4 шестерни, причем первая свободно вращается на специальной оси, а вторая закреплена на конце приводного вала, который вращается от коленчатого вала через передаточный механизм. Реверсивные дизели оборудуют шестеренными насосами с клапанами различной конструкции, обеспечивающими движение топлива (масла) в постоянном направлении при вращении коленчатого вала в любую сторону. На рис. 35 показан насос, в перегородках корпуса которого установлено четыре шариковых клапана 1, 2, 8, 9. При вращении, как показано на рис. 35 стрелками, зубья шестерен в полости *a* выходят из зацепления. Поступающее в полость *a* топливо через всасывающий клапан 1 впадинами между зубьями переносится в полость *b* и вытесняется далее через нагнетательный клапан 8 по каналу *b* в магистраль топливной системы. С изменением направления вращения шестерен топливо засасывается из полости *b* через всасывающий клапан 9, а выталкивается в канал *b* через нагне-

тательный клапан 2. Подача шестеренных насосов, как и поршневых, значительно превышает расход топлива. Однако в отличие от поршневых шестеренные насосы несаморегулирующиеся, поэтому давление в магистрали перед ТНВД поддерживается в установленных пределах перепускным клапаном 5. С повышением давления в магистрали клапан 5 открывается и сообщает канал *b* с полостью всасывания насоса. Значение давления в системе перед ТНВД зависит от положения гайки 7 и упругости пружины 6. Как следует из рассмотренного, реверсивные насосы работают по такому же принципу и отличаются от реверсивных отсутствием всасывающих и нагнетательных клапанов.

Топливные системы высокооборотных дизелей 6ЧСП 15/18 сконструированы с роторно-пластинчатым подкачивающим насосом (рис. 36). В корпус 1 насоса вмонтирован пустотелый цилиндр 2. Его внутренняя поверхность окнами *b* и *a* сообщается соответственно с полостями всасывания и нагнетания насоса. В цилиндре 2 установлен ротор 5 с «плавающим» пальцем 4 и лопастями (пластинами) 3. Наружные концы лопастей опираются на поверхность цилиндра 2, а внутренние — на поверхность пальца 4.

При вращении ротора по часовой стрелке лопасти 3 перемещают топливо справа налево из полости всасывания в полость нагнетания насоса. Давление в магистрали поддерживается постоянным с помощью перепускного клапана. С повышением давления в полости нагнетания перепускной клапан открывается и излишек топлива сбрасывается в полость всасывания.

**Фильтры, сепараторы и гомогенизаторы топлива.** Из-за наличия в топливе различных механических примесей усложняется изнашивание деталей топлив-

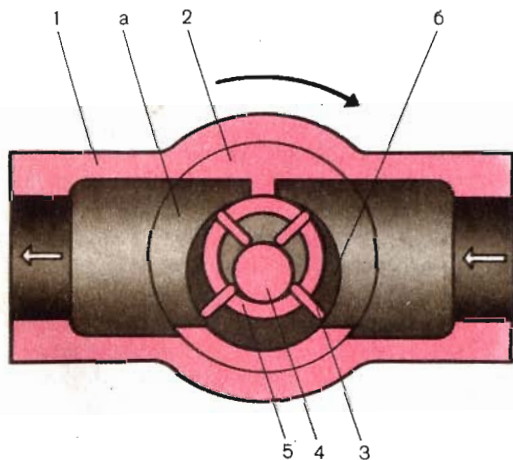


Рис. 36. Роторно-пластинчатый насос

ной аппаратуры и снижается надежность ее работы. От механических примесей топливо очищается в специальных фильтрах, а обводненное или загрязненное — в сепараторах. Предварительно топливо обрабатывают в фильтрах грубой очистки, в которых задерживаются механические примеси размерами более 50 мкм. Последующую очистку топлива от более мелких загрязнений производят в фильтрах тонкой очистки. Первые обычно включают в топливную систему до подкачивающего насоса, а вторые — перед ТНВД. С течением времени фильтры загрязняются, увеличивается их внутреннее сопротивление и ухудшается качество фильтрации топлива. Степень загрязнения фильтра определяют по разности давлений в магистрали до фильтра и после него. Когда перепад давлений достигает установленных правилами эксплуатации значений, фильтр очищают. Топливные системы дизелей оборудуют, как правило, сдвоенными фильтрами. Каждый из них может функционировать самостоятельно, благодаря чему возможно поочередно очищать фильтры при работе дизеля.

Грубую очистку топлива осуществляют в основном с помощью сетчатых фильтров. В корпусе фильтра крепят цилиндрический перфорированный (с отверстиями) стакан, обтянутый двумя-тремя слоями латунной сетки. Иногда для более тонкой очистки между латунными сетками размещают слой фланели. Топливо, поступающее в корпус фильтра, проходит через латунную сетку перфорированного стакана и освобождается от механических примесей. Воду и механические примеси, скапливающиеся в корпусе, периодически удаляют из фильтра через специальные краны. Для очистки фильтрующего элемента (перфорированного стакана с сеткой)

загрязненную секцию отключают от топливной магистрали работающего дизеля, разбирают фильтр, вынимают стакан с сеткой и промывают его керосином или дизельным топливом.

Для увеличения фильтрующей поверхности, а следовательно, и более тщательной очистки топлива, фильтрующую вставку 7 (рис. 37) часто выполняют сборной из отдельных элементов. Фильтрующие элементы монтируют на центральной перфорированной трубе 10 и крепят в корпусе 8 фильтра на стержне 9. Последний при ввертывании в основание 13 с помощью гайки 5 соединяет в единую конструкцию корпус 8, крышку 3 и фильтрующую вставку 7. Элементы фильтрующей вставки закрепляют на стержне сверху гайкой 6. Нижней опорой их служит шайба 11, нагруженная пружиной 12. В верхней и нижней частях стержня 9 имеются центральные каналы *г* и *д*, сообщающиеся с полостью *в*. Через верхний канал из фильтра при вывертывании пробки 4 удаляют воздух, а через нижний канал полость *в* сообщается с каналом *е* основания 13. В основании фильтра расположена двойная трехходовая пробка 2 крана, при повороте которой топливо по каналу *а* и трубе 1 направляется в корпус 8 соответствующей секции фильтра и после очистки из полости *в* по каналам *д*, *е*, *б* подается к ТНВД. При установке пробки 2 в соответствующее положение можно осуществлять подключение той или иной секции насоса к топливной магистрали. Топливо при необходимости удаляют из секции фильтра через пробку 14.

В зависимости от требуемой тонкости отсева фильтрующие элементы топливных фильтров могут иметь различную конструкцию. Например, у дизелей 6ЧСПН 15/18 (ЗД6) они состоят из нескольких дисков 1, 3 (рис. 38, а),

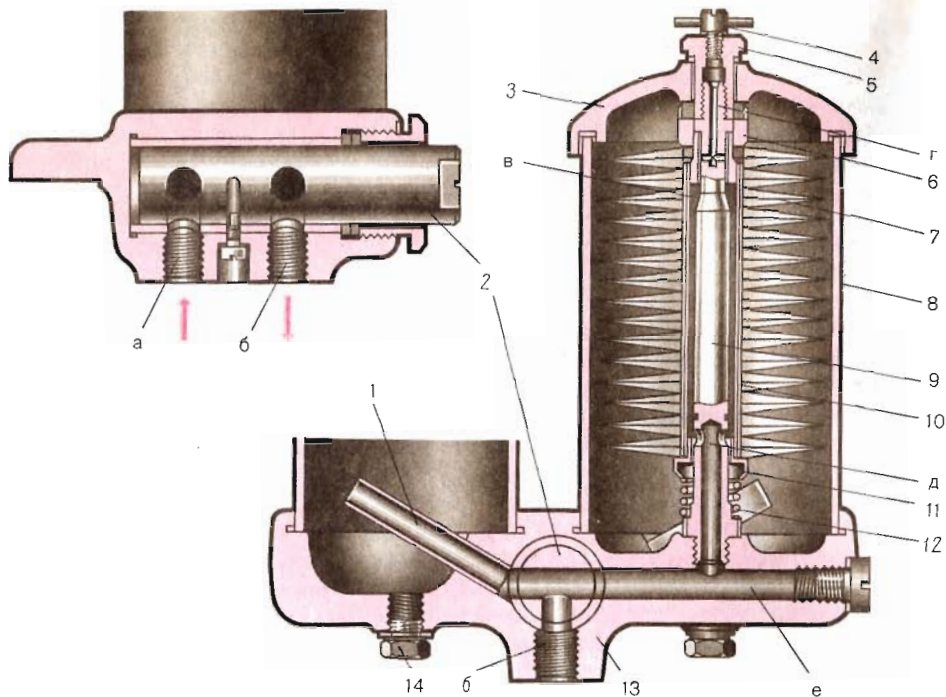


Рис. 37. Сетчатый фильтр грубой очистки

между которыми на перфорированном стержне устанавливают картонные фильтрующие пластины 2. Топливо под давлением, создаваемым топливоподкачивающим насосом, проходит через окна *a* в полости *б* дисков 1, проникает через картонные пластины 2 в полости *в* дисков 3 и через окна *г* этих дисков, шелковый чехол и перфорированный стержень, обтянутый латунной сеткой, поступает в полость отфильтрованного топлива и далее к ТНВД. У дизелей 6ЧРН 32/48 фильтрующая вставка выполнена из отдельных элементов тарельчатого типа (рис. 38, б), которые имеют каркасный 3 и два сетчатых 4, 2 диска, скрепленных по внешнему диаметру ободком 1. Несколько таких фильтрующих элементов крепят в корпусе фильтра на общем шестигранном

стержне так, что между ними образуется некоторый промежуток. Топливо подходит к фильтрующим элементам снаружи, проходит через сетчатые диски и удаляется из фильтра через пустотелый шестигранный стержень, смонтированный в корпусе фильтра.

Фильтрующий элемент пластинчатых сетчатых фильтров дизелей 6ЧСП 27,5/36 (рис. 38, в) представляет набор металлических кольцевых решеток 1 и 3. Решетки крепят в секции фильтра на общем стержне 4 так, что между ними образуется зазор, равный толщине кольцевой решетки 1. Топливо, проходя через этот зазор и вырезы в решетках, освобождается от механических примесей. Между решетками 1 и 3 помещают скребки 2, которые при повороте фильтрующего эле-

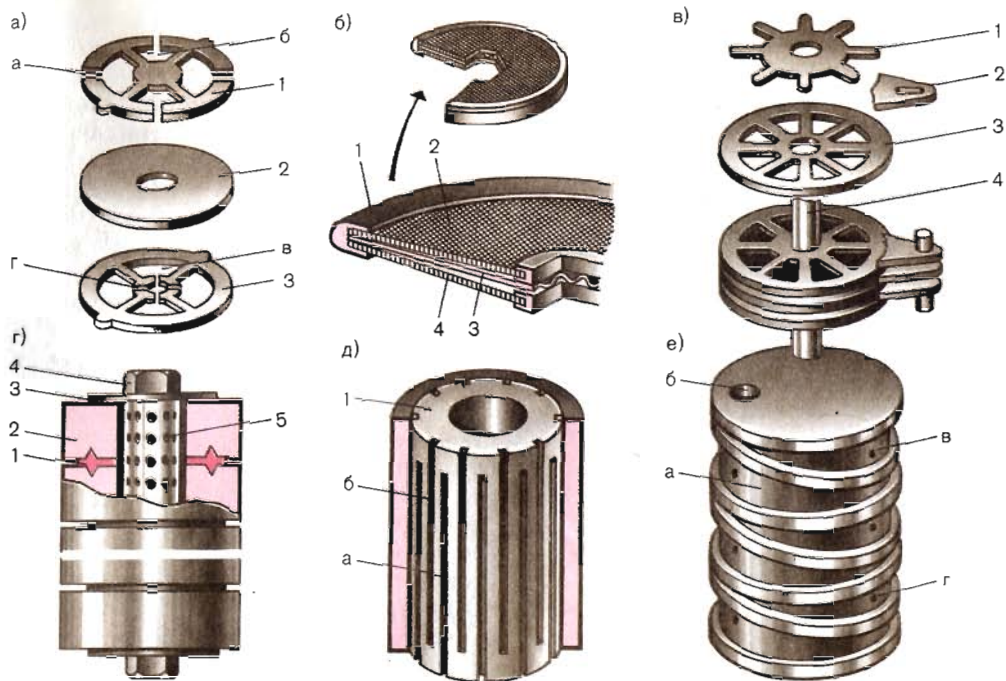


Рис. 38. Фильтрующие элементы

мента очищают фильтр без выключения его из работы.

В последнее время широкое распространение на суда получили фильтры ТПВФ, фильтрующие элементы которых представляют собой набор дисков 2 (рис. 38, г) из технического пенополивинилформаль с прокладками 1 из капрона, установленными между шайбами 3 и гайками 4 на перфорированном стержне 5. Активно поглощая воду, пенополивинилформаль обеспечивает одновременно тонкость отсева частиц механических примесей до 10—8 мкм. По мере насыщения фильтрующих элементов водой увеличивается перепад давления на них с 0,01 МПа в сухом до 0,03—0,04 МПа во влажном состоянии. Для восстановления способности фильтрующих элементов удерживать

механические примеси их разбирают, промывают в теплом мыльном растворе, прополаскивают в чистой теплой воде, отжимают воду и просушивают.

Случайные загрязнения в топливной магистрали после ГНВД улавливают с помощью фильтров высокого давления, фильтрующие элементы которых в виде стержней с продольными или кольцевыми щелями располагают, как правило, в подводящих штуцерах форсунок. Стержни фильтров высокого давления входят плотно в расточку корпуса. Зазор между ними и корпусом составляет 0,02—0,05 мм. У фильтров с продольными щелями на поверхности стержня 1 (рис. 38, д) расположены канавки б и а, причем первые из них сообщены только с входной полостью фильтра, вторые — с выходной.

Стержни с кольцевыми шелями (рис. 38, *е*) на цилиндрической поверхности имеют эксцентрично проточенные канавки *а* и *в*, причем канавки *а* сообщаются с входным каналом *б*, а канавки *в* — с выходным каналом *г*. Топливо из входного канала *б* поступает в канавки *а*, затем через щели между корпусом и стержнем проходит в канавки *в*, а из них в выходной канал *г*. Частицы топлива, размеры которых превышают зазор между корпусом и стержнем, задерживаются в фильтре.

Наибольшую тонкость отсева примесей можно получить при использовании фильтрующих элементов из бумаги и специальных фильтротканей, задерживающих частицы размерами от 15 до 2 мкм. Фильтрующий элемент бумажного фильтра (рис. 39) представляет собой сложенный по длине и специальной бумаги цилиндр *б*, заключенный в картонный перфорированный стакан *7* с днищами *2* и *9*. Элемент монтируют на стержне *1*, который соединен с корпусом *8* и крышкой *5* фильтра гайкой *4*. Стакан фильтрую-

щего элемента уплотнен в корпусе *8* войлочными прокладками *3*, *10*, поджимаемыми пружиной *11*. Топливо к фильтру подводится через канал *а* в крышке *5*. Из фильтра топливо отводится к ТНВД по каналу *б*. Бумажные фильтрующие элементы при загрязнении обычно не промывают, а через 900—1000 ч работы заменяют новыми. Чтобы удалить топливо из корпуса фильтра (при его отключении) или спустить воду и механические примеси, необходимо освободить шариковый клапан *12*, отвернув немного пробку *13*.

Фильтры не обеспечивают хорошей очистки сильно обводненного и загрязненного топлива. Очистку таких топлив производят в сепараторах, отделяющих наиболее тяжелые примеси от топлива под действием центробежных сил. Вязкое топливо перед поступлением в сепаратор предварительно подогревают.

На рис. 40, *а* схематично показана левая половина рабочей части сепаратора (без корпуса и крышки). Барабан *1* сепаратора с тарелкодержателем *6* закреплен на вертикальном валу *7* и закрыт сверху крышкой *2*, имеющей регулирующее кольцо *4*. На тарелкодержателе смонтирован комплект разделительных тарелок *3* с отверстиями. Топливо при работе специального насоса, обычно смонтированного в одном агрегате с сепаратором, подается по каналу *в*. Механические примеси в топливе, имеющие наибольшую плотность, при вращении барабана под действием центробежных сил оседают на его вертикальной стенке, а вода, огибая конус горловины *5*, вытесняется из сепаратора через кольцевой зазор *а*. Очищенное от воды и механических примесей топливо, как наиболее легкое, направляется конусом горловины к центру и через кольцевой зазор *б* насосом откачивается в расходную цистерну. Загрязнения удаляют из сепара-

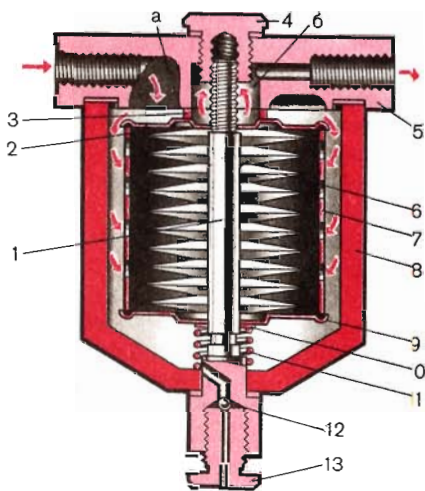


Рис. 39. Бумажный фильтр тонкой очистки

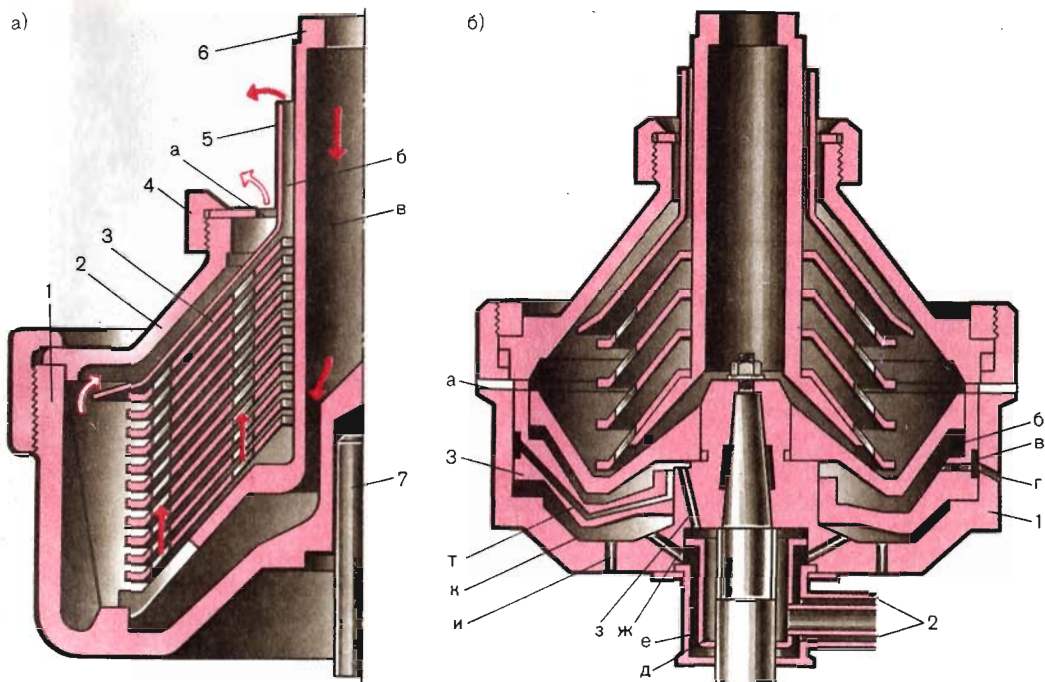


Рис. 40. Сепараторы топлива

тора после его остановки и вскрытия. Центробежные сепараторы могут работать в режимах: пурификации (с удалением воды и механических примесей) и кларификации (с удалением из топлива только механических примесей). Непрерывная очистка топлива производится в самоочищающихся сепараторах. Барабан одного из таких сепараторов СЦС 3 показан на рис. 40, б. Цилиндрическая часть барабана 1 имеет разгрузочные отверстия а для отвода шлама. В нижней части барабана размещен затвор, выполненный в виде поршня 3. В полости под поршнем или над ним подводится вода. Затвор поэтому может располагаться в верхнем (как показано на левой половине рис. 40, б) или в нижнем положении (как указано на правой полови-

не рис. 40, б). При пуске сепаратора затвор занимает нижнее положение и разгрузочные отверстия а открыты. Как только барабан начнет вращаться с заданной частотой, открывают соответствующий кран и вода по трубам 2 подается в камеры д, е, отсюда по отверстиям ж, з она поступает в полость к под затвором и полость б над затвором. Из полости к вода стекает в шламовую цистерну через отверстия и, а из полости б — по каналам т в теле поршня, кольцевому пазу в и через отверстия г в стенке барабана. Вода из полости б полностью удаляется в шламовую цистерну. В полости к под действием центробежной силы оставшийся слой воды будет иметь форму кольца с внутренним радиусом, равным расстоянию сливных отверстий

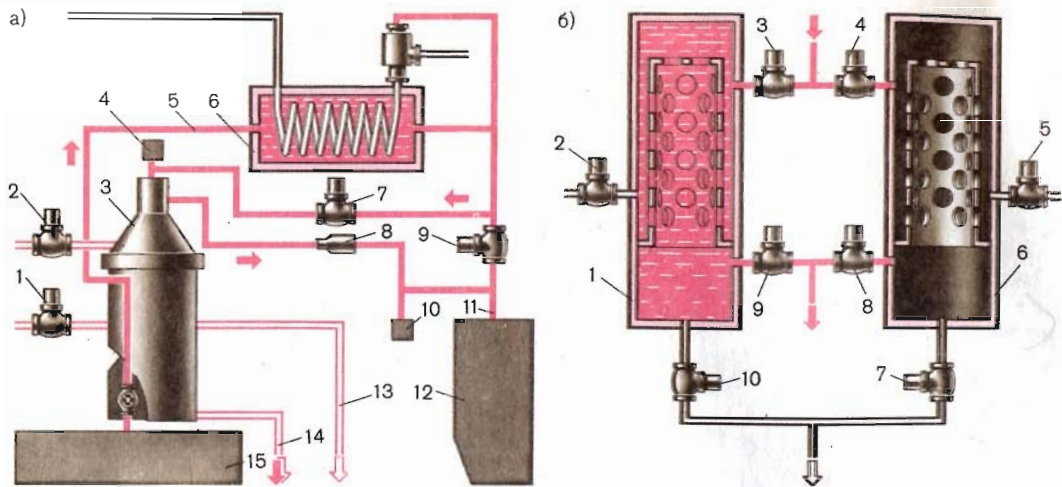


Рис. 41. Схема систем управления сепараторов и фильтров

и от оси вращения барабана. Под воздействием давления воды снизу затвор поднимается и перекрывает разгрузочные отверстия *a* в барабане. После этого подача воды в сепаратор прекращается. В сепаратор поступает топливо и происходит его очистка, как описано выше. Для очистки барабана от шлама прекращают подачу топлива и в камеры *d, e* сепаратора вновь подают воду. Из камер *d, e* вода по отверстиям *з, ж* переходит в полости *б* и *к*. Так как часть воды из полости *к* при этом перетекает через отверстия *и* в шламовую цистерну, а вода в полость *б* поступает через восемь отверстий *з*, давление в ней возрастает быстрее, чем в полости *к*. Под воздействием давления воды в полости *б* затвор смещается вниз и открывает разгрузочные отверстия *a* в барабане. В это же время через специальный кран (на рис. 40, *б* не показан) в сепаратор подают подогретую воду, которая смывает шлак со стенок барабана и через разгрузочные отверстия *a* сбрасывает его в шламовую цистерну.

С окончанием разгрузки (промывки) сепаратора подачу воды в камеры *d, e* прекращают. Оставшаяся в полости *б* вода по каналам *m* в поршне, кольцевой выточке *v* и через отверстие *г* стекает в шламовую цистерну. Давление кольцевого столба жидкости в полости *к* снова возрастет, затвор поднимется, перекроет разгрузочные отверстия *a* и сепаратор будет подготовлен к работе по очистке топлива. Аналогично работают и установленные на некоторых судах сепараторы МАРХ фирмы «Альфа-Лаваль» (Швеция) с автоматизированной системой управления. Посты управления такими сепараторами в машинных помещениях оборудованы специальными электромеханическими программно-временными блоками, реле времени, приборами защиты, сигнализации и другой коммутационной аппаратурой. Программно-временной блок обеспечивает замыкание и размыкание соответствующих контактов, управляющих подачей питания на электромагнитные клапаны 1, 2, 7, 9 (рис. 41, *a*). При отсутствии энергии



клапаны перекрывают соответствующие магистрали. С включением агрегата в работу открывается электромагнитный клапан 7 и топливо из основной цистерны 15 по трубопроводу 5 поступает через подогреватель 6 в сепаратор 3. Очищенное топливо из сепаратора по трубопроводу 11 через обратный клапан 8 нагнетается в расходную цистерну 12. Вода, выделенная из топлива, по трубопроводу 13 непрерывно удаляется из сепаратора в цистерну (на рисунке не показана), оборудованную сигнализатором предельного уровня. Подача топлива на рециркуляцию (помимо сепаратора) через подогреватель 6 осуществляется при открытом электромагнитном клапане 9 и закрытых клапанах 1, 2, 7.

Разгрузку сепаратора от шлама производят при закрытых клапанах 7, 9 и подаче питания на электромагнитные клапаны 1, 2. С открытием клапана 1 в сепаратор подается вода на затвор, сообщающий барабан сепаратора с трубопроводом 14. Вода для промывки барабана поступает через клапан 2. Шлам со стенок барабана смывается по трубопроводу 14 в шламовую цистерну, снабженную поплавковым сигнализатором предельного уровня.

Сепарирование топлива и разгрузку сепаратора от шлама производят по программе, заложенной в систему управления. Включением программного блока управляют реле времени, настраиваемые на определенные интервалы между разгрузками. Программный блок сепараторов «Альфа-Лаваль», например, обеспечивает интервалы работы агрегата между очередными разгрузками 0,5—13 ч, время переключения электромагнитных клапанов 5—6 с, полный цикл разгрузки от шлама 135 с. Начальное включение сепараторов в работу по рассмотренной схеме управ-

ления и их выключение производится вручную.

Автоматический контроль за работой агрегатов осуществляют с помощью реле 4 и 10, включенных в цепь предупредительной сигнализации поста управления. Первое обеспечивает контроль за отклонением температуры топлива на входе в сепаратор от заданного значения, второе — за давлением очищенного топлива. При понижении давления топлива на выходе из сепаратора реле 10 выдает импульс на срабатывание предупредительной сигнализации и переключение электромагнитных клапанов 7, 9 на режим рециркуляции.

Эффективность сепарирования зависит в основном от подачи (т/ч) сепаратора, диаметра регулировочного кольца 4 (см. рис. 40, а) и вязкости топлива. Опыт работы показывает, что сепараторы, установленные на речных судах, следует эксплуатировать на режиме приблизительно 0,5 номинальной подачи и для повышения эффективности очистки тяжелого топлива в схему топливоподготовки необходимо включать последовательно или параллельно два сепаратора.

Наряду с сепараторами в системах подготовки топлива используют и самоочищающиеся фильтры. Как показывают испытания таких фильтров фирмы «Болл» (ФРГ) на ледоколах серии «Капитан Чечкин» (проект № 1105), они обеспечивают высокую степень очистки топлива от механических примесей, но несколько хуже, чем сепараторы, отделяют воду. Однако самоочищающиеся фильтры работают практически без потерь топлива, в то время как в сепараторах при их разгрузке потери достигают 2—3%. Оборудование самоочищающихся фильтров включает два блока: для дизельного и моторного топлива. Каждый блок

имеет самостоятельный пульт управления и контроля. Как и в сепараторах, блоки komponуют так, что предварительно нагретое топливо забирается электроприводным насосом из отстойной цистерны и через влагоотделитель и самоочищающееся фильтрующее устройство нагнетается в расходную цистерну. Влагоотделитель состоит из корпуса с дефлекторами (перегородками) внутри. Принцип его действия основан на отделении частиц воды из топлива при изменении скорости и направления потока. Вода по мере накопления удаляется из нижней части корпуса влагоотделителя автоматически по сигналу реле максимального уровня.

Самоочищающееся устройство состоит из двух пар цилиндрических вертикально расположенных фильтров 1, 6 (рис. 41, б), механизма для автоматического переключения потока с одной пары фильтров на другую и системы очистки фильтрующих элементов. При работе в режиме фильтрации электромагнитные клапаны 3, 9 открыты, а клапаны 2, 5, 7, 10 воздушной магистрали и клапаны 4, 8 на топливной магистрали закрыты. По достижении установленного перепада давления (при засорении левого фильтра) система автоматически переключает поток топлива на параллельные секции фильтров, закрывая клапаны 3, 9. Клапаны 10, 2 открываются и в левый фильтр подается воздух, очищающий его от механических примесей. Аналогично происходит очистка и правого фильтра.

В последние годы на речных судах стали применять гомогенизаторы (диспергаторы) тяжелого топлива. Гомогенизаторы в отличие от сепараторов не удаляют из топлива механические примеси, а разрушают смолистые образования, которые могут присутство-

вать в нем в виде пленок, желе- и маэобразных сгущений и придают топливу однородную структуру. Конструктивно гомогенизаторы представляют собой суживающуюся по ходу движения топлива конусообразную трубку и заостренную пластину. Расстояние между плоскостью трубки и острием пластины устанавливают 1—2 мм. Вытекающая с большой скоростью из конусообразной трубки, топливо рассекается лезвием пластины, вызывая ее вибрацию с частотой ультразвуковых колебаний. Ультразвуковая волна при этом разбивает крупные частицы топлива, разрушая сгущения, пленки и другие асфальтосмолистые вещества. Для повышения эффективности действия гомогенизаторов их включают перед фильтрами тонкой очистки топлива.

**Топливный насос высокого давления.** В зависимости от внешней нагрузки, приложенной к коленчатому валу дизеля, ТНВД в определенные моменты цикла подает в цилиндры необходимые порции (дозы) топлива под давлением, обеспечивающим его распыливание форсунками.

Топливные системы судовых дизелей komponуют преимущественно с насосами золотникового типа, основными деталями которых являются плунжер (золотник) 1 и втулка 2 (рис. 42, а). Давление, создаваемое ТНВД в момент впрыскивания, достигает 40—80 МПа и более, поэтому рабочие поверхности плунжера и втулки (плунжерной пары) тщательно обрабатывают. Зазор между ними должен быть 0,002—0,003 мм.

ТНВД выполняют в виде одиночных (для каждого цилиндра) или в виде многоплунжерных (блочных) насосов. В первом случае каждую плунжерную пару насоса монтируют в индивидуальном корпусе. У вторых плунжерные пары всех цилиндров заключены в одном корпусе, и термином

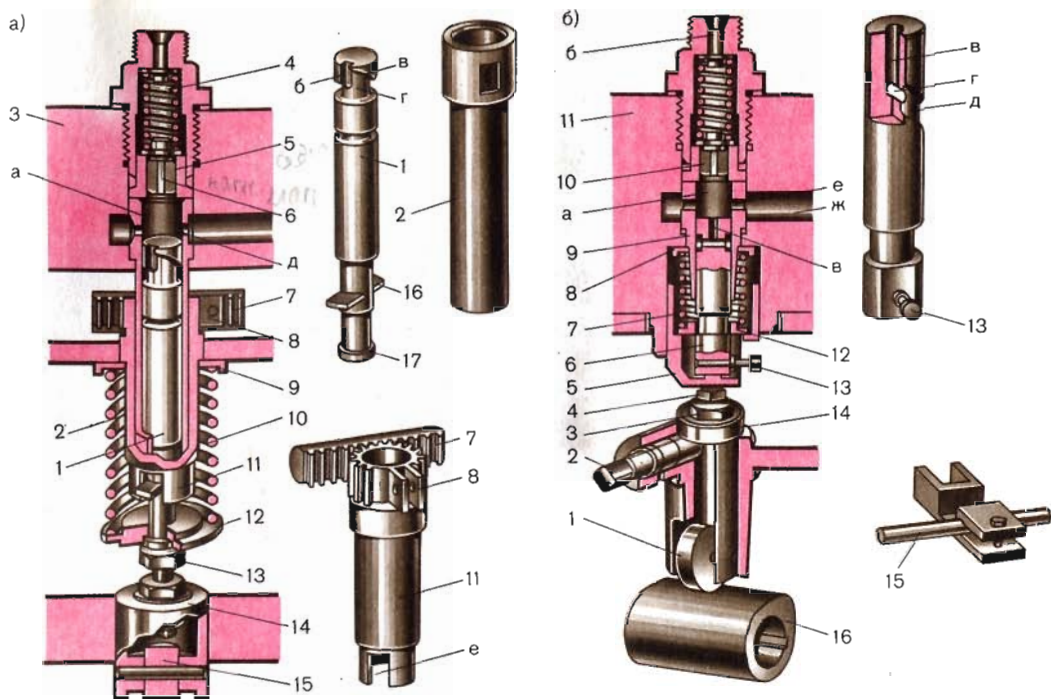


Рис. 42. Топливные насосы высокого давления

«насос» называют весь блок, а составляющие его элементы — секциями. Втулки 2 многоплунжерного насоса, одна из секций которого показана на рис. 42, а, закреплены в корпусе 3. Над втулкой установлен нагнетательный клапан 6, прижимаемый к седлу 5 пружиной 4. Возвратно-поступательное движение плунжера 1 во втулке обеспечивают пружина 10 и толкатель 14. Верхний конец пружины упирается в тарелку 9, нижний — в тарелку 12, которая опирается на бурт 17 плунжера. Когда плунжер движется под действием пружины 10 вниз, топливо через наполнительное отверстие  $d$  поступает в верхнюю полость  $a$  втулки. При движении плунжера 1 вверх, когда выступ кулачной шайбы топливного насоса (на рисунке не показана)

набегает на ролик 15 и поднимает толкатель 14, топливо из пространства над плунжером перетекает через отверстие  $d$  в канал корпуса насоса. С перекрытием верхней кромкой плунжера отверстия  $d$  в полости  $a$  насоса повышается давление топлива. Нагнетательный клапан 6 открывается и порция топлива поступает к форсунке дизеля. Плунжер в верхней части имеет продольную канавку  $b$ , отсечную кромку  $v$  и кольцевой вырез  $z$ . Как только отсечная кромка  $v$  плунжера сообщается с отверстием  $d$ , нагнетательный клапан 6 под действием пружины 4 сядет на седло 5 и подача топлива к форсунке прекратится. В этом случае топливо из полости  $a$  через канавку  $b$ , отсечную кромку  $v$  плунжера и отверстие  $d$  будет перетекать в канал

корпуса насоса. Количество подаваемого в форсунку топлива зависит от пути, пройденного плунжером с момента перекрытия им отверстия  $d$  до момента открытия его отсечной кромкой  $v$ . Для изменения подачи насоса плунжер поворачивают в разные стороны. При повороте плунжера по часовой стрелке, если смотреть снизу, порция подаваемого к форсунке топлива уменьшится, а при повороте плунжера в обратную сторону, наоборот, возрастет. Регулируют подачу насоса изменением положения топливной рейки 7, находящейся в зацеплении с зубчатым венцом 8, который закреплен винтом на поворотной втулке 11, в вырез  $e$  которой входят поводки 16 плунжера. При перемещении рейки все плунжеры ТНВД поворачиваются на требуемый угол и в заданном направлении, т. е. изменяется одновременно и одинаково подача топлива во все цилиндры дизеля. Такое регулирование подачи называют общим. Перемещая рейку 7, можно установить плунжеры в такое положение, при котором их продольные канавки  $b$  будут находиться против наполнительных отверстий  $d$ . Топливо в данном случае не будет подаваться к форсункам.

Такое положение плунжеров называют *положением нулевой подачи*. Во время работы дизеля может оказаться, что в отдельные цилиндры ТНВД подает неодинаковое количество топлива. Поэтому наряду с общим регулированием подачи (с помощью рейки) каждая секция насоса имеет устройство и для индивидуального регулирования. У рассматриваемого насоса индивидуальное регулирование подаваемого секцией топлива осуществляется поворотом в ту или другую сторону плунжера 1 вместе с втулкой 11 при неподвижной рейке 7. Для регулирования подачи топлива втулку 11 винтом

разъединяют с зубчатым венцом 8 соответствующей секции.

Угол опережения подачи топлива по цилиндрам регулируют болтами 13. Если болт 13 вывернуть из толкателя 14, плунжер поднимется и раньше перекроет наполнительное отверстие  $d$ . Топливо, следовательно, будет раньше поступать в цилиндр, т. е. угол опережения подачи топлива увеличится. Для уменьшения угла опережения подачи топлива, наоборот, болт 13 ввертывают в толкатель.

В соответствии с ГОСТ 10578—86 насосы высокого давления изготавливают двух типов: с собственным кулачным валом (рис. 42, *a*) и без собственного кулачного вала. На рис. 42, *b* показан насос второго типа с приводом от кулачных шайб, закрепленных на распределительном валу.

В корпусе 11 насоса смонтированы втулки 9 и плунжер 6. В верхней части плунжер 6 имеет осевой  $v$  и радиальный  $z$  каналы, соединенные с вырезами  $d$ . Во избежание одностороннего давления вырезы в виде параллелограмма сделаны с обеих сторон плунжера. В нижнюю часть плунжера запрессован поводок 13. Торцовой поверхностью плунжер упирается в стакан 5, имеющий вырез в районе поводка. Стакан 5 пружиной 7, опирающейся на тарелки 8, 12, прижимается к головке регулировочного болта 4, ввернутого в толкатель и застопоренного контргайкой 3. Толкатель снабжен роликом 1, на который воздействует кулачная шайба 16. При движении плунжера вниз под действием пружины 7, когда ролик 1 толкателя сбегаёт с выступа кулачной шайбы, топливо по каналу  $ж$  в корпусе насоса и через наполнительное отверстие  $e$  поступает в надплунжерное пространство  $a$ . При ходе вверх, как только плунжер своим торцом перекроет наполнительное отвер-

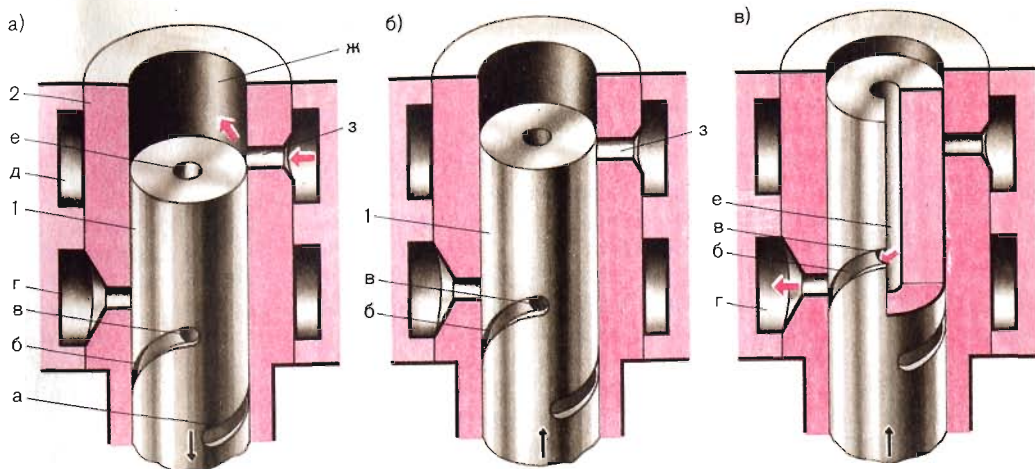


Рис. 43. Золотник с замкнутым вырезом

стие *e*, открывается нагнетательный клапан *10* и топливо по каналу *б* поступает к форсункам дизеля. Конечная подача определяется моментом совпадения верхней кромки выреза *д* с нижней кромкой наполнительного отверстия *e*. Подачу топлива регулируют поворотом плунжера за поводок *13* тягой *15*.

Индивидуальное регулирование цикловой подачи осуществляют болтом *4*. При ввертывании его в толкатель подача топлива увеличивается. Регулирование угла опережения подачи у таких насосов производят поворотом кулачных шайб на валу (см. рис. 26).

На толкателе ТНВД контргайкой закреплена тарелка *14* (см. рис. 42, б), под которой смонтирован эксцентричный палец с валиком *2*. Когда валик поворачивают на  $180^\circ$ , эксцентричный палец поднимает вверх толкатель и выводит его из соприкосновения с кулачной шайбой, т. е. отключает ТНВД. С помощью этого устройства, поворачивая валик *2*, можно прокачать насос перед пуском дизеля или вообще выключить насос для ремонта.

Плунжерные пары ТНВД могут быть и другой конструкции. У дизелей 12ЧСН 18/20 и 6ЧСП 18/22, например, плунжер *1* (рис. 43) сделан с осевыми *e* и радиальными *в* каналами и двумя винтовыми вырезами *а*, *б*, а втулка *2* — с отверстиями *г*, *з*. При движении плунжера вниз (рис. 43, а) топливо из полости всасывания *д* через наполнительное отверстие *з* поступает в пространство *ж*. В момент набегания ролика толкателя ТНВД на выступ кулачной шайбы, когда плунжер перекрывает наполнительное отверстие (рис. 43, б), начинается подача топлива к форсунке дизеля. Прекращение (отсечка) подачи топлива происходит в момент открытия верхней кромкой винтового выреза *б* отверстия *г* (рис. 43, в). Изменение цикловой подачи топлива осуществляют поворотом плунжера в разные стороны. Насос не будет подавать топливо к форсунке, если при повороте плунжера его радиальный канал *в* окажется в плоскости отсечного отверстия *г*.

**Форсунки.** Судовые дизели оборудуют, как правило, форсунками с

пружинным запираем иглы. С корпусом 6 форсунки (рис. 44, а) накидной гайкой 9 соединен распылитель 8, имеющий несколько сопловых отверстий. Над сопловыми отверстиями в распылителе установлена игла 7, в хвостовик которой упирается штанга 5. Последняя через тарелку 4 нагружена пружиной 3. С изменением ее натяжения можно изменять и давление подъема иглы, т. е. давление начала подачи топлива. Натяжение пружины регулируют гайкой 2. Положение гайки 2 в корпусе форсунки фиксируют контргайкой 1. Диаметр нижнего конца иглы меньше диаметра ее направляющей части. Поэтому под давлением топлива, поступающего по каналу а, на площадь, ограниченную этими диаметрами, игла, сжимая пружину 3, под-

нимается и пропускает топливо через сопловые отверстия в цилиндр дизеля. Как только давление в нагнетательной магистрали ТНВД упадет (в момент отсечки подачи топлива), игла под действием пружины сместится вниз, перекроет сопловые отверстия и подача топлива в цилиндры прекратится. Просочившееся топливо из корпуса форсунки отводится через отверстие б. Форсунки с несколькими сопловыми отверстиями (с многоструйным распылителем) устанавливают в основном на дизелях с однокамерным смесеобразованием.

Судовые дизели с двухкамерным смесеобразованием оборудуют, как правило, форсунками с одноструйным распылителем 7 (рис. 44, б). Игла 6 такой форсунки, нагруженная через

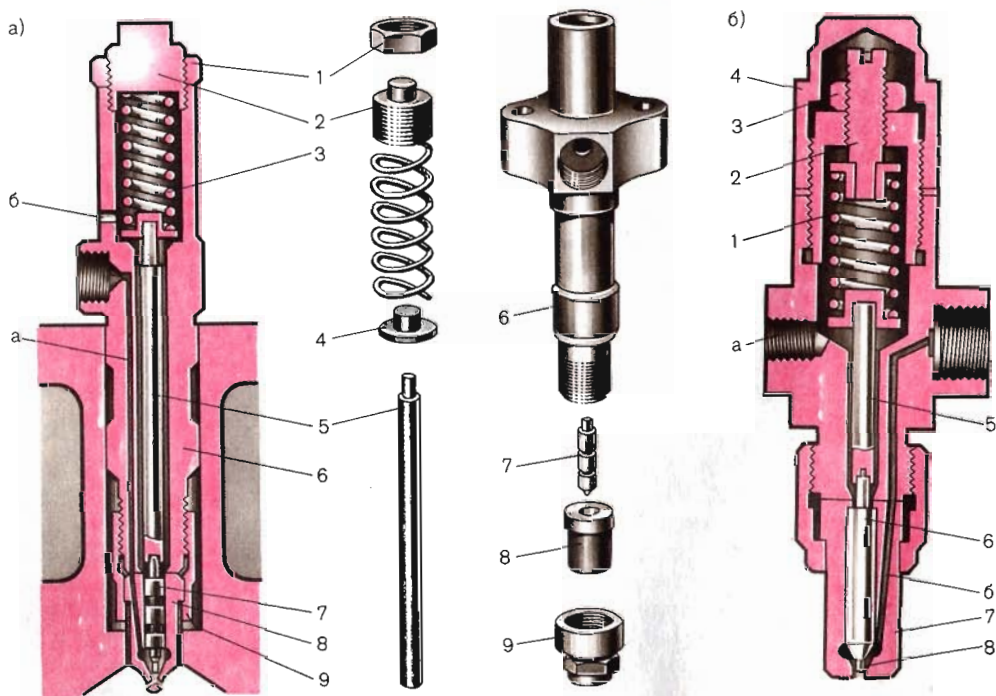


Рис. 44. Форсунки с пружинным запираем иглы

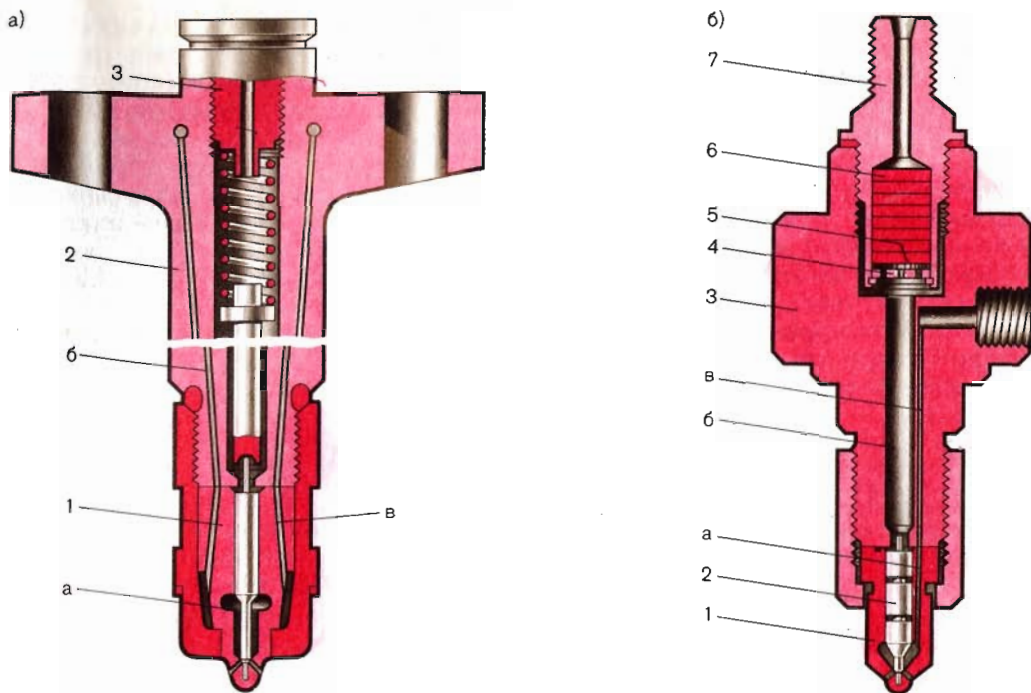


Рис. 45. Форсунки:

а — охлаждаемая; б — гидрозапорная

штангу 5 пружиной 1, имеет на конце штифт 8 цилиндрической или конической формы. Натяжение пружины регулируют винтом 2, положение которого в корпусе фиксируют контргайкой 3. Последнюю сверху закрывают колпаком 4. Топливо к распылителю поступает по каналу б. Просочившаяся через неплотности в форсунке часть топлива удаляется из корпуса через отверстие а. Форсунки с одноструйным распылителем имеют больший диаметр сопла, поэтому они проще в изготовлении и менее требовательны к качеству очистки топлива, чем форсунки с многоструйным распылителем.

Дизели, работающие на тяжелом топливе, оборудуют охлаждаемыми форсунками (рис. 45, а). Распылитель 1 и корпус 2 у таких форсунок

помимо каналов, по которым поступает топливо под иглу в полость а, имеют еще каналы б и в для подвода и отвода охлаждающего дизельного топлива. Винт 3 для регулирования натяжения пружины имеет осевой канал, через который просачивающееся топливо удаляется из-под колпака форсунки. В момент отсечки подачи под действием пружины игла в рассмотренных форсунках садится в гнездо с резким ударом, что вызывает усиленное изнашивание иглы и распылителя. Кроме того, при регулировании форсунок с пружинным запирающим иглы невозможно обеспечить в каждой из них одинаковое натяжение пружин. Это приводит к неравномерности распределения нагрузки по цилиндрам дизеля. Частично указанные недостатки устраняются

включением в топливные системы судовых дизелей гидрозаворных форсунок с гидравлическим запираем иголы. На иглу 2 (рис. 45, б) таких форсунок воздействует не шток с пружиной, а гидрозаворная жидкость с давлением 15—23 МПа. В качестве гидрозаворной жидкости используют дизельное топливо или смесь топлива со смазочным маслом. Гидрозаворная жидкость поступает к штуцеру 7 форсунки от специальной системы гидрозавора. Прежде чем попасть в полость б корпуса 3 форсунки, она проходит

фильтр 6 с сеткой 5 и решеткой 4. Когда усилие от давления топлива, действующее на иглу 2 снизу, превышает усилие от давления гидрозаворной жидкости, игла поднимается и по каналам в, а через отверстия в распылителе 1 топливо впрыскивается в цилиндр дизеля. Предварительно оно проходит щелевой фильтр высокого давления. При падении давления в магистрале между ТНВД и форсункой игла 2 перекрывает отверстие в распылителе 1 и подача топлива прекращается.

1. Из каких основных элементов состоит топливная система судовых дизелей? 2. Каковы особенности компоновки двухтопливной системы? 3. Какие типы топливоподкачивающих насосов используют в топливных системах? 4. Чем вызвана необходимость тщательной фильтрации топлива? 5. Какие типы фильтров включают в топливные системы дизелей и каков их принцип действия? 6. Каким образом осуществляется

дозировка топлива золотниковым ТНВД? 7. Как и для чего плунжер ТНВД устанавливают в положение нулевой подачи? 8. Каким образом открываются и закрываются иглы форсунок? 9. Каковы особенности устройства и работы форсунок с пружинным запираем иголы? 10. В чем заключаются основные особенности устройства гидрозаворных форсунок судовых дизелей?

## 8. АВТОМАТИЧЕСКИЕ РЕГУЛЯТОРЫ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА

**Общие сведения о регуляторах.** Устойчивая работа дизеля возможна лишь при условии, когда развиваемая им мощность соответствует мощности, поглощаемой потребителем. Потребляемая мощность (ее называют внешней нагрузкой на дизель) не является постоянной и часто изменяется в зависимости от условий эксплуатации судна. Падение нагрузки при неизменной цикловой подаче топлива может привести к резкому увеличению частоты вращения коленчатого вала, а возрастание ее — к понижению. Чтобы сохранить частоту вращения вала постоянной, необходимо с изменением нагрузки увеличивать или уменьшать цикловую подачу топлива. Выполнить это вручную, особенно в аварийных ситуациях, невоз-

можно. При падении нагрузки в электрической сети, поломке гребного вала, соединительных муфт, лопастей винта и других аварийных повреждениях СЭУ работа сил сопротивления резко уменьшается и вся избыточная мощность дизеля расходуется на увеличение частоты вращения вала. При определенных условиях частота вращения вала главных дизелей за 0,6—2,5 с, а у дизель-генераторов за 1,5—4 с может возрасти на 15—25% сверх номинальной, установленной заводом-изготовителем. Обслуживающий персонал за такой короткий срок не в состоянии что-либо предпринять, если дизель «пойдет вразнос». Предотвратить аварию можно только при использовании средств автоматизации. Поэтому цикло-



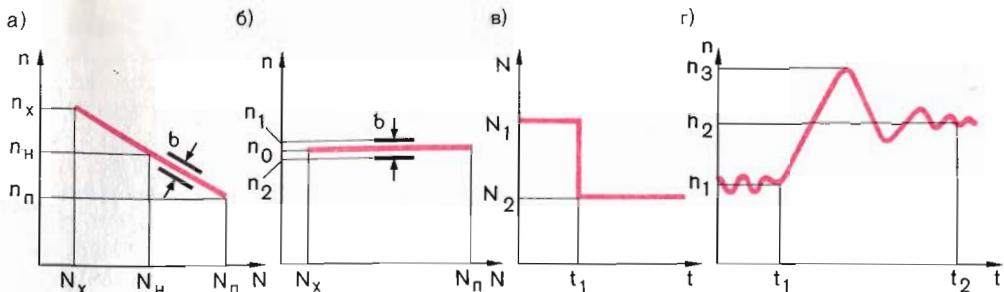


Рис. 46. Характеристики автоматических регуляторов

вую подачу топлива в цилиндры дизеля с падением или возрастанием внешней нагрузки изменяют автоматические регуляторы. В любой автоматический регулятор, в том числе и в регулятор частоты вращения коленчатого вала, входят задающее устройство (элемент настройки), измерительный и исполнительный элементы.

С помощью задающего устройства регулятор настраивают на частоту вращения вала, необходимую для тех или иных условий эксплуатации судна. Измерительный элемент при отклонении частоты вращения от заданного значения воздействует на исполнительный элемент. Последний путем увеличения или уменьшения цикловой подачи топлива в цилиндры дизеля восстанавливает нарушенное равновесие. Значения мощности, вращающего момента и частоты вращения коленчатого вала определяют режим работы дизеля. Если регулятор рассчитан на поддержание только одной определенной частоты вращения вала, его называют *однорежимным*.

Главные судовые дизели оборудуют, как правило, *всережимными регуляторами*, которые независимо от внешней нагрузки поддерживают постоянной любую заданную частоту вращения на всем возможном для дизеля диапазоне от  $n_{\min}$  до  $n_{\max}$ .

Зависимость регулируемого параметра  $n$  от нагрузки  $N$  при различных режимах работы дизеля называют *регуляторной характеристикой*. В зависимости от ее вида автоматические регуляторы бывают *статическими* и *астатическими*. Статические регуляторы (рис. 46, а) при каждой нагрузке  $N$  поддерживают определенное значение частоты вращения вала. Разность  $n_x - n_n$  при режимах холостого хода (без нагрузки) и полной нагрузки на дизель называют *неравномерностью регулирования*, или *статической ошибкой регулятора*, а ее отношение к номинальной частоте вращения  $n_n$  — степенью неравномерности.

Астатические регуляторы при любой нагрузке поддерживают частоту вращения неизменной, т. е. работают без статической ошибки (рис. 46, б). Однако даже астатические регуляторы поддерживают частоту вращения вала с определенной погрешностью.

Вследствие зазоров в подвижных деталях, действия сил трения и сил инерции регулятор не может мгновенно реагировать на изменение частоты вращения вала. Поэтому характеристика его при различных режимах не является прямой, а представляет собой некоторую полосу шириной  $b$ , называемую *зоной нечувствительности регулятора*. Ширина этой полосы  $n_1 - n_2$ ,

несенная к заданному значению частоты вращения  $n_0$ , определяет *степень нечувствительности регулятора*.

При эксплуатации дизеля режим его работы может быть нарушен по разным причинам. Предположим, что нагрузка на дизель в какое-то время  $t_1$  (рис. 46, в) уменьшилась с  $N_1$  до  $N_2$ . Регулятор переводит дизель на новый режим работы с частотой вращения вала  $n_2$  (рис. 46, г). Процесс перевода дизеля с одного режима работы на другой называют переходным, а время  $t_2 - t_1$ , в течение которого это происходит, — *длительностью переходного процесса*. Важным показателем качества работы регулятора является также отношение  $(n_3 - n_1)/n_1$ , характеризующее наибольшее отклонение в переходном процессе частоты  $n_3$  от частоты  $n_1$  предшествующего режима. Это отношение в процентах называют *забросом частоты вращения*, или *динамической ошибкой регулятора*.

Значение динамической ошибки регулятора определяется прежде всего свойствами объекта автоматизации. У дизелей, например, при падении нагрузки  $N$  отклонение частоты вращения не должно привести к «разносу», а при возрастании ее — к снижению частоты вращения коленчатого вала до предела, при котором дизель может заглохнуть. Регуляторы частоты вращения с объектом автоматизации образуют систему автоматического регулирования скорости (САРС) вала дизеля. В зависимости от значения основных характеристик (параметров) системы автоматического регулирования частоты вращения коленчатого вала по государственному стандарту подразделяют на четыре класса точности. К первому классу относят системы, у которых статическая ошибка не превышает 0,6%, динамический заброс скорости не более 5%, а длительность

переходного процесса не более 2 с; к второму классу — системы с характеристиками, пределы которых соответственно 0,8%, 7,5%, 3 с; к третьему — 1%, 10%, 5 с; к четвертому — 2%, 15%, 10 с.

**Регуляторы прямого действия.** По способу воздействия на исполнительный элемент *всережимные регуляторы* бывают *прямого* (ВРП) и *непрямого* (ВРН) действия. В первых исполнительный элемент срабатывает при подводе энергии непосредственно от измерительного элемента, второй подает к исполнительному элементу большее количество энергии, чем получает ее от измерительного.

Регулятор дизеля 6ЧСПН 15/18. Всережимные регуляторы дизелей Д6 встроены в общий блок корпуса ТНВД и приводятся в действие от кулачного вала 1 (рис. 47, а). На хвостовике вала 1 жестко закреплена поперечина (крестовина) 4, в радиальных пазах которой установлены шарообразные грузы 3. Последние опираются с одной стороны на плоскую тарелку 9, смонтированную таким образом, что она может вращаться вместе с кулачным валом и перемещаться вдоль его оси, а с другой стороны — на коническую тарелку 2, жестко соединенную с корпусом регулятора. В корпусе смонтированы также рычаг 8, рейка 5 ТНВД и регулировочная пружина 6.

При различных нагрузках на дизель шарообразные грузы 3, смещаясь в прорезях поперечины к центру вращения кулачного вала или, удаляясь от него, приводят в движение плоскую тарелку 9. Последняя в переходном режиме воздействует через рычаг 8 на рейку 5 ТНВД. Регулятор поддерживает частоту вращения коленчатого вала в пределах 500—1500 мин<sup>-1</sup>. Настраивают регулятор на заданный

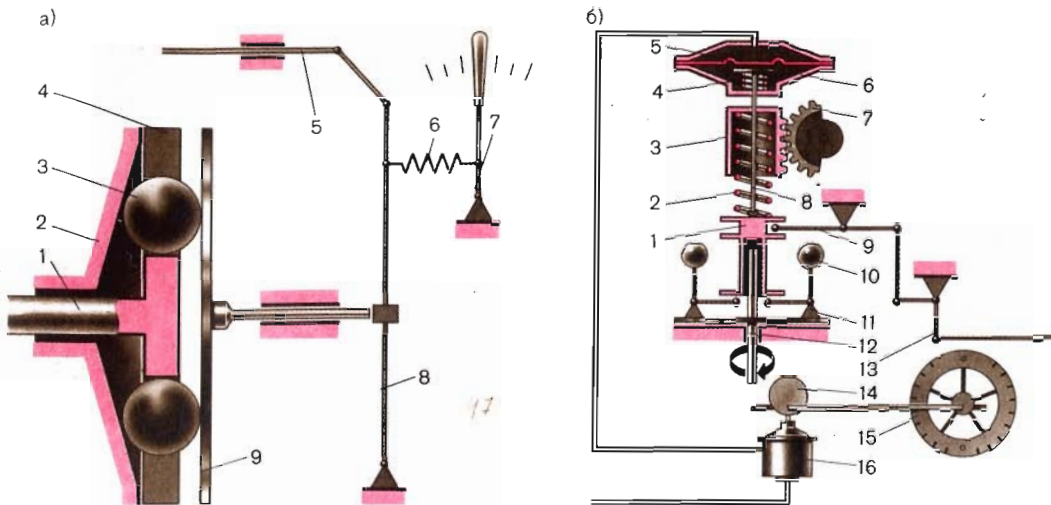


Рис. 47. Регуляторы:  
 а — дизеля 64СРН 15/18; б — дизеля 64РН 32/48

режим работы изменением силы натяжения пружины 6, поворачивая в соответствующую сторону рычаг управления 7. Точку подвеса пружины можно перемещать вдоль рычага 8 специальным ходовым винтом (на рисунке не показан).

С изменением точки подвеса изменяют жесткость пружины, а соответственно и степень неравномерности, или статическую ошибку регулирования. При перемещении точки подвеса вверх степень неравномерности регулирования возрастает, с перемещением вниз — падает. Статическая неравномерность регулирования может с помощью этого устройства поддерживаться в пределах 3—6%.

Регулятор дизеля 64РН 32/48 (6НФД48АУ). Статический регулятор дизеля (рис. 47, б) выполнен в отдельном составном корпусе, смонтированном на торцовой части остова со стороны маховика. Вертикальный вал 12 регулятора приводится во вращение от распределитель-

ного вала через пару шестерен со спиральным профилем зуба. Роль измерительного элемента в регуляторе выполняют два груза 10, шарнирно соединенные на вращающейся вместе с вертикальным валом поперечине 11. На горизонтальные рычаги грузов опирается муфта 1, которая вращается вместе с валом 12 и может свободно перемещаться вдоль его оси. Верхняя часть муфты соединена с радиально-упорным шариковым подшипником, наружная обойма которого запрессована в торцовую расточку муфты, нагруженную цилиндрической пружиной 2. Верхний конец пружины упирается в стакан 3. Муфта регулятора шарнирно соединена с рычагом-вилкой 9, воздействующим через угловой рычаг 13 на рейку ТНВД.

Настройку регулятора на заданную частоту вращения осуществляют путем изменения силы натяжения пружины 2. Для увеличения частоты вращения коленчатого вала дизеля натяжение пружины усиливают, а для уменьше-

ния — ослабляют. Изменение силы натяжения пружины выполняют путем перемещения вверх или вниз стакана 3 с помощью зубчатой передачи 7. На многих дизелях наряду с механическим задающим устройством регуляторы имеют еще и пневматический привод. Кинематическая связь муфты 1 с рейкой ТНВД в таких регуляторах такая же, как и в регуляторах без пневматического привода, а настройка их на требуемый скоростной режим работы дизеля может осуществляться также с помощью мембранного исполнительного механизма 6, воздух к которому поступает через клапан 16. Проходное сечение клапана, а следовательно, и давление воздуха на мембрану 5 определяется положением эксцентриковой шайбы 14, поворачиваемой маховиком 15 на посту управления дизеля. Задающее устройство в этом случае воздействует через пружину 4 и шток 8 непосредственно на муфту 1.

При работе дизеля грузы, перемещающая муфта 1, сжимают или растягивают пружину 2 до тех пор, пока силы ее натяжения и центробежная сила грузов не будут уравновешены. Чем сильнее затянута пружина, тем с большей частотой вращения вала будет работать двигатель внутреннего сгорания.

Регулятор автоматически поддерживает постоянной частоту вращения вала, обусловленную силой натяжения пружины 2, или устанавливает новое значение частоты вращения при изменении натяжения пружины (смене задающего воздействия). С включением пневматического задающего устройства цикловая подача топлива будет прямо пропорциональна давлению воздуха в мембранном исполнительном механизме 6. Положение грузов в этом случае уравновешивается давлением

воздуха и силой натяжения пружины 4, воздействующей на мембрану 5 снизу.

Регулятор дизеля 6ЧСП 18/22. На поперечине 14 регулятора дизелей 6ЧСП 18/22 (рис. 48, а) смонтированы два груза 9 в виде угловых рычагов. При вращении вала 13 регулятора грузы воздействуют на стакан 1. Между рычагами грузов и стаканом установлен упорный подшипник, поэтому при работе регулятора стакан не вращается.

Центробежные силы грузов, приложенные к стакану 1, уравновешиваются силой натяжения главной пружины 2. Частота вращения вала регулируют изменением натяжения этой пружины. Верхней опорой пружины 2 является стакан 6, перемещаемый вверх или вниз эксцентриком 4, который связан через звездочку с постом управления дизеля в рулевой рубке. При управлении с МПУ эксцентрик 4 поворачивают в разные стороны маховиком 3.

При повороте маховика 3 от положения «Стоп» в зоны «Вперед» или «Назад» на угол примерно  $40^\circ$  включается реверсивное устройство СЭУ. Регулировочный винт 5 на время реверсирования СЭУ удерживает стакан 6 в положении, при котором между ним и эксцентриком 4 сохраняется, как показано на рис. 48, а определенный зазор. Частота вращения колнчатого вала в этом случае поддерживается на уровне минимально устойчивой при неизменной подаче топлива в цилиндры дизеля.

Исполнительным элементом регулятора является рычаг 8, соединенный через вал 10 и рычаг 11 с рейкой 12 ТНВД. Рычаг 8 прижимается к стакану 1 пружиной неравномерности 7. Когда дизель не работает, грузы регулятора сведены, стакан 1 и рычаг 8 под действием пружины 7 сдвинуты до положе-

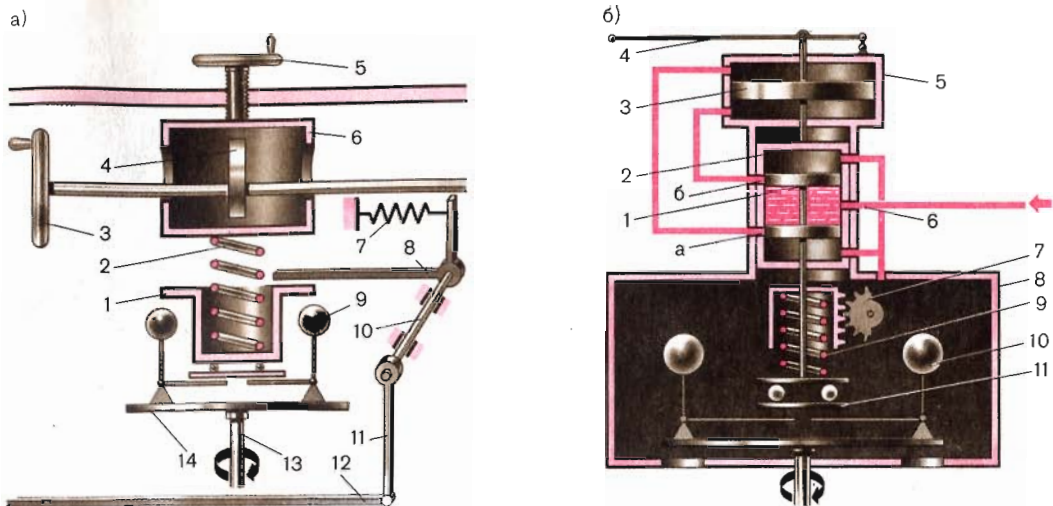


Рис. 48. Регуляторы:

а — дизеля 64СП 18/22; б — дизеля 64СП 27,5/36

ния, при котором рейка 12 устанавливает подачу топлива, необходимую для обеспечения пуска.

Изменение частоты вращения коленчатого вала обеспечивается поворотом маховика 3 от нейтрального положения в соответствующую сторону на угол 50—140°. Эксцентрик 4 сдвигает при этом стакан 6 и воздействует на главную пружину 2, через рычаги 8 и 11 на валик 10 и рейку 12 ТНВД, благодаря чему увеличивается или уменьшается подача топлива в цилиндры дизеля.

С изменением нагрузки, например при ее уменьшении, в первый момент увеличенная подача топлива приведет к повышению частоты вращения вала. Грузы регулятора разойдутся от центра вращения и передвинут стакан 1 вверх. Рычаг 8 через валик 10 сместит рейку 12 влево и подача топлива уменьшится. При возрастании нагрузки, наоборот, регулятор увеличит цикловую подачу топлива в цилиндры дизеля.

Степень неравномерности регулятора можно изменять перемещением точки подвеса пружины 7. Сила натяжения пружины 7, приложенная к стакану 1, уменьшается при перемещении правой опоры пружины вниз и увеличивается при смещении этой опоры вверх. В первом случае статическая неравномерность регулятора уменьшается, во втором — увеличивается.

**Регуляторы непрямого действия.** Регуляторы непрямого действия не могут функционировать только благодаря энергии, получаемой от вращающего вала. К усилительному элементу таких регуляторов необходим подвод дополнительной энергии. В судовых условиях усиление сигналов, получаемых от измерительного элемента регуляторов непрямого действия, происходит, как правило, путем использования энергии масла в смазочной системе.

Регулятор дизеля 64СП 27,5/36. Муфта 11 (рис. 48, б)

измерительного элемента регулятора непрямого действия с изменением нагрузки на дизель воздействует не только на пружину 9, но и на золотник 1. Последний при этом перемещается во втулке 2, соединенной со штоком силового поршня 3.

При устойчивой работе дизеля (когда его мощность равна мощности, поглощаемой потребителем) центробежные силы вращающихся грузов 10 уравниваются силой натяжения пружины 9 и золотник 1 перекрывает окна *a* и *b* во втулке 2, по которым масло из трубопровода 6 может поступать в верхнюю или нижнюю полость гидроцилиндра 5. Трубопровод 6 подключен к смазочной системе дизеля и с помощью редукционного клапана в нем поддерживается давление 0,5—0,7 МПа. С изменением нагрузки на дизель, например с ее уменьшением, грузы центробежного измерительного элемента частоты вращения расходятся и муфта 11, поднимаясь, перемещает золотник вверх. Масло через трубопровод 6 поступает в нижнюю полость гидроцилиндра, а из верхней полости сливается в корпус 8 измерительного элемента регулятора и далее в картер дизеля. При возрастании давления в нижней полости гидроцилиндра силовой поршень 3 перемещается вверх и через рычаг 4, связанный с рейкой ТНВД, уменьшает подачу топлива в цилиндры дизеля. Одновременно с силовым поршнем 3 вверх движется и втулка 2. Подъем их прекращается, как только окна *a* и *b* во втулке 2 перекрываются поясками золотника 1. Масляный трубопровод 6 разобьется с гидроцилиндром 5 и дизель перейдет на режим работы с новой частотой вращения вала. Когда нагрузка на дизель возрастает, золотник, наоборот, смещается вниз. Масло поступает в

верхнюю полость гидроцилиндра 5 и рычаг 4 перемещает рейку ТНВД для увеличения подачи топлива. Настройку регулятора на требуемый скоростной режим осуществляют поворотом шестерни 7, находящейся в зацеплении с зубчатой рейкой подвижного стакана, опирающегося на пружину 9.

Существенную роль в работе регулятора играет жесткая обратная связь силового поршня исполнительного элемента с втулкой 2. Она ограничивает движение силового поршня 3 и не допускает значительного динамического заброса (перерегулирования). Хотя устойчивой работе дизеля и соответствует определенная частота вращения вала, т. е. регулятор работает с определенной статической ошибкой, такой регулятор обеспечивает в переходном процессе меньшие колебания частоты вращения и более высокую точность, чем регулятор прямого действия.

**Регулятор дизеля 6ЧРН 36/45.** Центробежный измерительный элемент регулятора, состоящий из полого вала (буксы) 18 (рис. 49, *a*), поперечины 9 и грузов 5, вращается через коническую передачу от распределительного вала дизеля. Роль усилительного элемента в системе регулирования выполняют втулка 12 и золотник 10, связанный сверху с муфтой 8 центробежного измерителя. Исполнительный элемент регулятора включает гидроцилиндр 23 с силовым поршнем 24, шток 21 и пружину 3. Перемещение силового поршня вверх осуществляется под воздействием давления масла, поступающего в цилиндр по трубопроводу 2, вниз — под действием пружины 3. На штоке 21 укреплен поршень 22, называемый *компенсационным*. Полость гидроцилиндра 23 над компенсационным поршнем 22 сообщается с полостью над поршнем 14 золотниковой втулки трубопроводом 1.

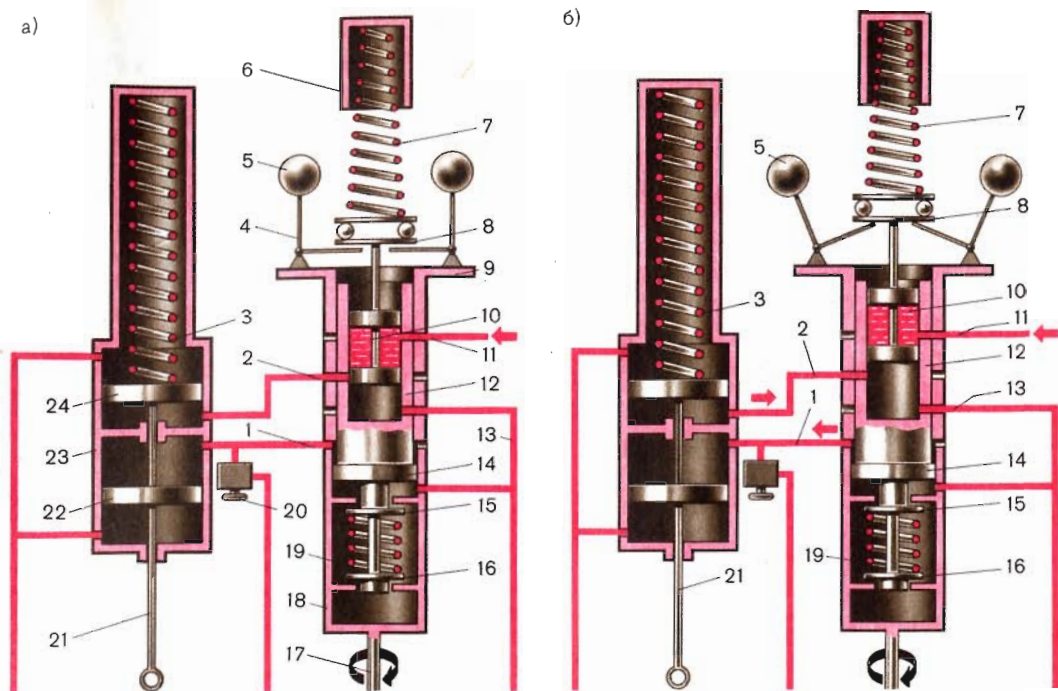


Рис. 49. Регулятор дизеля 64РН 36/45

Последний соединен с масляной ванной регулятора через дроссельный клапан 20. При малом открытии дроссельного клапана длительность переходного режима увеличивается. Чрезмерно большое открытие его может привести к снижению устойчивости работы.

Компенсационный поршень, дроссельный клапан, поршень 14 золотниковой втулки и пружина 19 с подвижными тарелками 15, 16 образуют гибкую связь. Такая связь в отличие от жесткого соединения золотниковой втулки с силовым поршнем (см. рис. 48, б) обеспечивает постоянство частоты вращения коленчатого вала при любой нагрузке на дизель, т. е. делает регулятор астатическим.

При устойчивой работе дизеля букса

18 (см. рис. 49, а) вместе с поперечиной 9, угловыми рычагами 4, грузами 5, муфтой 8 и золотником 10 вращается с постоянной частотой. Центробежные силы грузов уравниваются при этом пружинной 7. Золотниковая втулка 12 удерживается пружиной 19 в среднем положении, при котором золотник 10 перекрывает трубопровод 2. Необходимый режим работы дизеля устанавливают задающим устройством 6.

Предположим, что нагрузка на дизель уменьшилась и частота вращения вала 17 возросла. Грузы 5 (рис. 49, б) разойдутся и, сжимая пружину 7, своими рычагами поднимут муфту 8 с золотником 10. Масло из нижней полости силового поршня 24 (см. рис. 49, а) по трубопроводам 2, 13 на-

чет перетекать в масляную ванну регулятора. Силовой поршень под действием пружины 3 сместится вниз и уменьшит подачу топлива в цилиндры дизеля. Давление масла над компенсационным поршнем 22, в трубопроводе 1 и над поршнем 14 упадет, и золотниковая втулка 12 под действием пружины 19 начнет перемещаться вверх. Когда она поднимется настолько, насколько был сдвинут вверх золотник, трубопровод 2 перекроется и движение силового поршня 24 застынет. Продолжая двигаться вверх, золотниковая втулка затем достигнет положения, при котором, упираясь в верхний бурт буксы, подвижная тарелка 15, смещаясь вниз, сожмет пружину 19. Стремясь разжаться, пружина приостановит смещение втулки и сообщит ей обратное движение вниз. Снова откроются трубопроводы 2, 1 и произойдет дополнительный сброс масла из-под силового поршня 24. Шток 21, двигаясь вниз, еще несколько уменьшит подачу топлива. Втулка будет перемещаться вверх и вниз до тех пор, пока не займет положение, показанное на рис. 49, а, т. е. пока не восстановится заданная частота вращения коленчатого вала при уменьшенной подаче топлива. С увеличением нагрузки на дизель грузы сойдутся, золотник 10 сместится вниз, трубопроводы 11 и 2 будут сообщаться с нижней полостью силового поршня 24. Под воздействием давления масла поршень сместится вверх, сжимая пружину 3, и подача топлива возрастет. Одновременно повысится давление над компенсационным поршнем 22 и над поршнем 14. Золотниковая втулка 12 сместится вниз, упираясь подвижной тарелкой 16 в нижний бурт буксы. Пружина 19 изменит направление движения втулки. Перемещение ее вверх и вниз будет продолжаться до тех пор, пока

не будет достигнута заданная частота вращения коленчатого вала и не увеличится подача топлива в цилиндры дизеля.

**Регуляторы частоты вращения вала вспомогательных дизелей.** Мощность дизеля, как уже отмечалось, зависит от количества поступающего в цилиндры топлива. При снижении нагрузки, приложенной к коленчатому валу дизеля, количество подаваемого топлива должно соответственно уменьшиться, чтобы частота вращения вала не увеличивалась, и наоборот, с увеличением нагрузки количество подаваемого в цилиндры топлива должно возрасти. Так автоматические регуляторы главных дизелей поддерживают любой скоростной режим двигателей, заданный с поста управления. Для нормальной работы судового электрооборудования частота тока и напряжение в сети должны быть в определенных пределах. Постоянное напряжение в сети с заданной точностью поддерживают автоматические регуляторы, которые при изменении тока нагрузки и напряжения на шинах главного электrorаспределительного щита (ГЭРЩ) через соответствующие измерительные и усилительные элементы изменяют параметры тока, поступающего в обмотки возбуждения генератора судовой электростанции.

Частота переменного тока в сети  $f$  (Гц) однозначно определяется частотой вращения вала генератора  $n$  (мин<sup>-1</sup>) и связана с ней зависимостью  $f = \beta n / 60$ , где  $\beta$  — число пар полюсов генератора. Следовательно, регулятор частоты вращения коленчатого вала дизель-генератора должен автоматически поддерживать постоянный скоростной режим независимо от изменения и колебаний электрической нагрузки на генератор в интервале «Холостой ход» — «Полная нагрузка».



Нагрузка судовой электростанции складывается из суммы мощностей включенных в сеть потребителей энергии. Если на судне установлен только один дизель-генератор, то он воспринимает всю нагрузку сети и автоматический регулятор поддерживает заданную частоту вращения вала дизеля в пределах установленной степени неравномерности. Функции регуляторов расширяются при включении нескольких дизель-генераторов на параллельную работу. В этом случае валы генераторов должны вращаться синхронно с одинаковой частотой. Регулируемыми параметрами каждого из них при этом будут не только частота вращения вала, но и нагрузка (мощность) каждого агрегата.

Чтобы обеспечить устойчивую параллельную работу, дизель-генераторы оборудуют регуляторами частоты вращения вала, с помощью которых можно изменять их степень неравномерности, как правило, на 2—6%. На рис. 50 показана схема одного из таких регуляторов, установленных на дизелях 6Ч 12/14 и 4Ч 10,5/13. Грузы 14 регулятора, шарнирно соединенные с полеречной 15, приводятся во вращение от шестерни 16. При работе дизеля центробежные силы грузов через муфту 17 и стакан 18 воспринимает главная пружина 20, натяжение которой зависит от положения подвижной тарелки 21. Последняя может смещаться в разные стороны при вращении головки 23 винта 22. Стакан 18 шарнирно соединен с рычагом 19, воздействующим на рейку 9 ТНВД. Рычаг 19 через головку 3 может перемещать рейку только влево (в сторону уменьшения подачи топлива). Вправо (для увеличения подачи топлива) рейка передвигается под действием упругой пружины 4. К верхней части рычага 19 присоединена пружина 5, другой

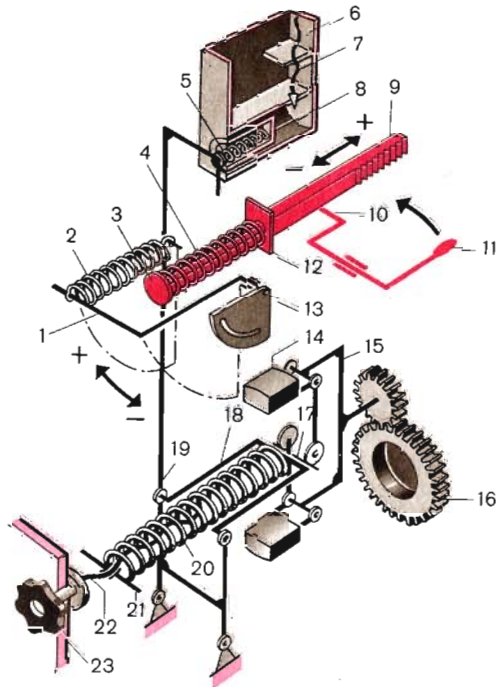


Рис. 50. Регулятор P11M

конец которой прикреплен к доньшку поршня 8, находящемуся под воздействием давления масла. Поршень может перемещаться в цилиндре лишь при подсосывании или вытеснении масла в ванну 6 через отверстие с дросселем 7.

С увеличением нагрузки на дизель частота вращения его коленчатого вала падает и грузы 14 сходятся к центру вращения. Стакан 18 под действием главной пружины 20 сдвигает рычаг 19 вправо. Сжимая пружину 4, рычаг смещает вправо (в сторону увеличения подачи топлива) рейку 9. Одновременно он сжимает также пружину 5. Вследствие значительного сопротивления пружин 4 и 5 рейка ТНВД в начальный момент переходного процесса движется медленно и увеличение частоты вращения коленчатого вала

в этом случае будет небольшим. Через некоторое время поршень 8 под действием пружины 5 смещается вправо. Пружина 5, растягиваясь, уменьшает силу воздействия на рычаг 19, и скорость движения рейки 9 возрастает. Затем в какой-то момент с увеличением давления масла в цилиндре поршень останавливается и перемещается в обратную сторону. Движение рейки 9 будет снова притормаживаться.

При уменьшении нагрузки на дизель рычаг 19 смещается влево. Пружина 5 в первый момент замедляет движение рейки 9 ТНВД, затем при поступлении масла в полость гидроцилиндра увеличивает скорость рейки, а в конце переходного процесса, когда давление на донышко поршня со стороны пружины превышает давление масла в полости гидроцилиндра, тормозит ее движение.

Для экстренной остановки дизеля рукоятку 11 поворачивают против часовой стрелки, и рычаг 10 через поводок 12 сдвигает рейку 9 ТНВД в положение нулевой подачи.

Из рассмотренного видно, что устройство, состоящее из масляной ван-

ны с регулирующим дросселем, гидроцилиндра и поршня с пружиной уменьшает возможные отклонения частоты вращения коленчатого вала от заданных значений. Такое устройство называют *катарактом*. При вводе его в структурную схему регулятора Р11М резко уменьшается статическая ошибка последнего.

Настройку дизель-генераторов на параллельную работу с одинаковой статической ошибкой производят специальным устройством при повороте сектора 13. Сектор 13 при повороте в разные стороны через рычаг 1 изменяет положение пружины 2 относительно рычага 19. В вертикальном положении пружина 2 не влияет на работу регулятора и степень неравномерности регулирования не превышает 2%. При повороте пружины на 90° по отношению к рычагу 19 суммарная жесткость пружин 2, 20 увеличивается и степень неравномерности регулирования повышается до 6%. Все дизель-генераторы при одинаковых положениях секторов работают с одной и той же регуляторной характеристикой двигателя.

---

1. Из каких основных элементов состоит система автоматического регулирования? 2. Что понимают под нечувствительностью и неравномерностью работы регулятора? 3. Какими основными параметрами характеризуется переходный процесс регуляторов частоты вращения вала? 4. Как классифицируют автоматические регуляторы частоты вращения? 5. В чем проявляется

взаимосвязь топливной системы и регуляторов частоты вращения коленчатого вала дизеля? 6. Чем в основном отличаются регуляторы прямого и непрямого действия? 7. Каковы особенности работы регуляторов частоты вращения вала вспомогательных дизелей, спаренных с электрогенераторами? 8. Как устроены регуляторы Р11М?

---

## СМАЗЫВАНИЕ И ОХЛАЖДЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ДИЗЕЛЯ

### 9. СМАЗОЧНАЯ СИСТЕМА

**Требования, предъявляемые к смазочным материалам.** Работа дизеля сопровождается перемещением сопряженных деталей, при которых возникают силы сопротивления, препятствующие их движению. Для снижения потерь энергии на преодоление сил сопротивления, уменьшения износа трущихся пар и отвода теплоты от них (при перемещении сопряженные детали дизеля нагреваются) трущиеся поверхности деталей необходимо смазывать. Поршни, поршневые кольца и втулки цилиндров смазывают маслом, частицы которого в виде «масляного тумана» постоянно находятся в пространстве картера. Большинство других деталей дизеля смазывают маслом, подаваемым на их трущиеся поверхности под давлением.

При использовании смазочных материалов с повышенной вязкостью необходимы дополнительные затраты энергии на перемещение деталей, из-за чего затрудняется пуск холодного дизеля. При повышенных давлениях на детали смазочные материалы, имеющие небольшую вязкость, вытесняются с поверхностей трения, что вызывает усиленное изнашивание и чрезмерное нагревание узлов и механизмов дизеля.

Для судовых дизелей рекомендуется использовать смазочные материалы с низкой температурой застывания и высокой температурой вспышки, вязкость которых изменялась бы незначительно при возможных колебаниях температуры трущихся деталей.

Важным показателем смазочных масел является температура их застывания. Чем ниже температура застывания смазочных материалов, тем они более подвижны при температуре наружного воздуха ниже  $0^{\circ}\text{C}$ , а при высокой температуре вспышки меньше выгорают в цилиндрах дизеля.

В смазочных материалах должно быть минимальное количество кислот, щелочей, механических и других примесей. Кислоты и щелочи разъедают смазываемые поверхности, особенно детали из цветных металлов. Коррозионная активность их резко возрастает при повышении температуры и наличии воды в смазочных материалах. Механические и вредные смолистые примеси ускоряют изнашивание трущихся поверхностей. Чтобы улучшить физико-химические свойства смазочных масел, в них вводят различные антиокислительные, антикоррозионные, моющие и другие присадки из масла и жиров растительного или животного происхождения. Присадки образуют на поверхности трущихся деталей защитные пленки, предохраняющие металл от окисления и агрессивного действия кислот и щелочей. С помощью присадок происходит превращение продуктов окисления в химические соединения, которые легко смываются с поверхностей деталей. Для повышения противоизносных свойств в смазочные материалы добавляют присадки из органических соединений фосфора и серы. Очень часто в смазочные материалы вводят несколько присадок, улуч-

шающих их свойства по многим показателям.

**Смазочные материалы.** Для смазывания подвижных деталей СЭУ используют в основном моторные, компрессорные масла и пластичные смазочные материалы.

Моторные масла в зависимости от области применения подразделяют на шесть групп:

А—для нефорсированных	} двигателей;
Б—для малофорсированных	
В—для среднефорсированных	
Г—для высокофорсированных	
Д—для высокофорсированных дизелей, работающих в тяжелых условиях;	

Е—для малооборотных дизелей, работающих на тяжелом топливе с содержанием серы до 3,5%.

Масла групп Б, В и Г могут иметь индексы 1 (для двигателей с искровым зажиганием топлива) и 2 (для дизелей). Масло без цифровых индексов 1 и 2 является универсальным. Внутри каждой группы масла могут иметь различную вязкость. Например, в марке М 16В буква М обозначает моторное масло, цифра 16—его вязкость  $16 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$  при  $100^\circ\text{C}$ .

Иногда в марку моторного масла входят дополнительные буквы или цифры, уточняющие его назначение и свойства. Например, в циркуляционных смазочных системах некоторых дизелей применяют моторное масло М 10Г<sub>2</sub>ЦС; для смазывания малооборотных дизелей, работающих на высокосернистом топливе,— масла М 16Е30 и М 16Е60, где 30 и 60 шедловые числа (количество мг КОН в 1 г масла). Некоторые детали высокооборотных дизелей смазывают авиа-

ционным маслом МС 20, подверженном очистке различными растворителями, и МК 22, очищенным серной кислотой. Цифры 20 и 22 в марках таких масел также означают вязкость ( $10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ ) при  $100^\circ\text{C}$ .

Для смазывания компрессоров, работающих при давлениях до 4 МПа, используют компрессорное масло К12, а для компрессоров, развивающих давление свыше 4 МПа,—масло К19.

В качестве пластичных смазочных материалов на судах применяют солидолы и консталин, представляющие смесь минерального масла с загустителями. Их употребляют для смазывания легконагруженных деталей дизеля и для покрытия металлических поверхностей с целью защиты от коррозии. Наибольшее применение на судах получили пластичные смазочные материалы 2-го класса консистенции СКа 2/8-2 (солидол с загущенным кальциевым мылом) и многоцелевые смазочные материалы 3-го класса консистенции МЛн 3/13-3, загущенные литиевым мылом. Первые используют для смазывания деталей при температурах от  $-20$  до  $80^\circ\text{C}$ , вторые—при температурах от  $-30$  до  $130^\circ\text{C}$ . Область применения тех или иных сортов смазочных материалов для конкретных типов дизелей указывают в инструкциях по их эксплуатации.

Важнейшим технико-экономическим показателем работы дизелей является срок смены смазочного масла, который оказывает существенное влияние на его суммарный расход. Смену масла производят при снижении его качества до одного из браковочных параметров, конкретные значения которых указывает завод-изготовитель. Отбор и анализ проб масла производят через каждые 150—200 ч работы дизеля. При простейшем методе контроля несколько капель масла наносят на

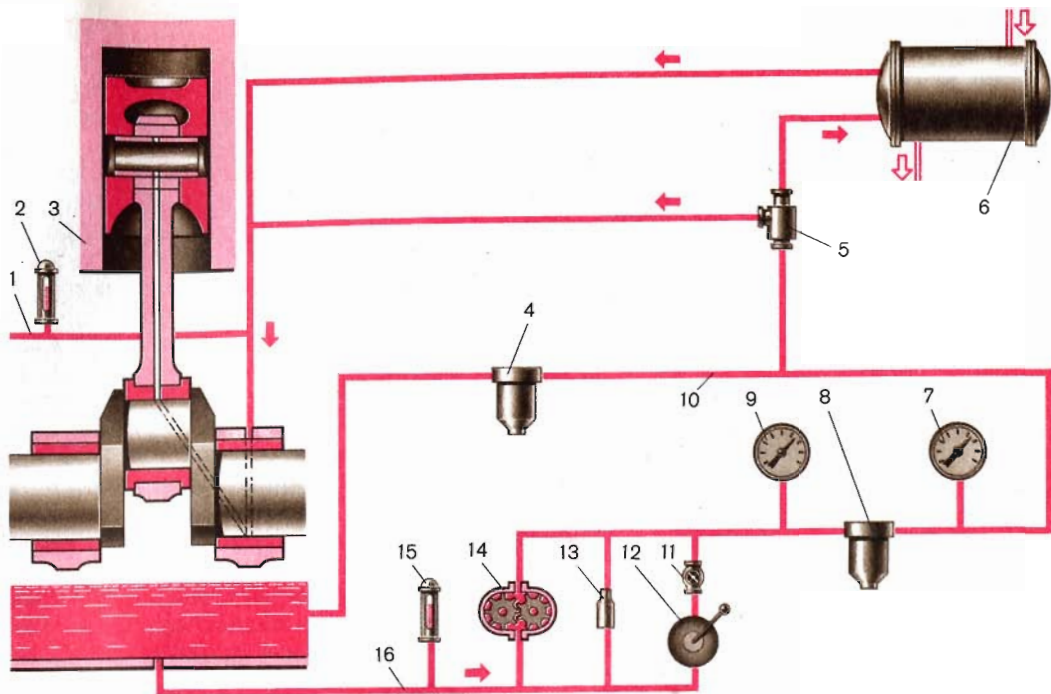


Рис. 51. Схема смазочной системы с «мокрым» картером

фильтровальную бумагу и после просушки сравнивают цвет масляного пятна с эталонными фотоснимками. За время работы дизеля часть масла испаряется, сгорает, поэтому количество его в системе со временем уменьшается. Долив масла в систему производят по мере потребности. При использовании высококачественных масел передовые экипажи судов обеспечивают работу дизелей без смены масла до одной-двух навигаций.

**Схема циркуляционной системы с мокрым картером.** Различают проточный и циркуляционный способы смазывания деталей. В первом случае смазочное масло, подаваемое к трущимся деталям, используется по назначению только один раз. Причем оно может быть при этом подведено инди-

видуально к каждой паре трущихся деталей вручную с помощью масленок или к группе деталей специальными насосами (лубрикаторами), приводимыми в действие от дизеля. Основным способом смазывания деталей современных дизелей является циркуляционный. В циркуляционной смазочной системе дизеля масло многократно перемещается насосом по замкнутой схеме: маслосборник — трущиеся детали — маслосборник. По компоновке (в зависимости от типа и расположения маслосборника) циркуляционные смазочные системы бывают с «мокрым» картером, с «сухим» картером и масляным баком. В системах с «мокрым» картером резервуаром для сбора масла является поддон фундаментной рамы (рис. 51). Смазочное

масло из поддона рамы откачивается смазочным насосом 14 по трубе 16 и через фильтры 8 и охладитель 6 подается по трубопроводу 1 к коренным и шатунным подшипникам, поршнево-му пальцу, подшипникам и шестерням привода распределительного вала, клапанным рычагам, приводу регулятора частоты вращения коленчатого вала, подшипникам турбокомпрессора и другим деталям дизеля. Часть (3—15%) масла, циркулирующего в системе, по трубе 10 отводится обратно в поддон, предварительно для снижения механических примесей пройдя фильтр тонкой очистки 4. Масляные фильтры, как и топливные, делают двоянными. Давление в системе регулируется перепускным клапаном 13, вмонтированным в смазочный насос 14. Двигаясь между трущимися деталями, масло нагревается. До заданной температуры его охлаждают в охладителе 6. В нагнетательную магистраль системы включают терморегулятор 5, который при высокой температуре масла на выходе из дизеля 3 направляет его большую часть в охладитель 6, а при пониженной температуре перепускает масло в трубопровод, минуя охладитель.

Работу системы контролируют по термометрам 2, 15 и манометрам 7, 9. Количество масла в системе определяют специальным шупом (маслоизмерительным стержнем), вставленным в отверстие картера.

После остановки дизеля часть горячего и маловязкого масла стекает с поверхности трения, а при пуске дизеля смазочный насос не обеспечивает быстрой подачи его в магистраль, так как холодное масло сбрасывается в большом количестве через перепускной клапан обратно в полость всасывания насоса. Поэтому перед пуском дизеля смазочную систему прокачивают через открытый клапан 11

ручным смазочным насосом 12. Вместо ручного в схему системы может быть включен специальный пневмопривод (см. рис. 81) или электроприводной насос.

**Циркуляционная смазочная система с «сухим» картером.** В рассмотренной выше смазочной системе сборником масла является картер дизеля. Конструктивно такая система наиболее проста. Однако при работе дизеля продукты сгорания топлива могут проникнуть в картер и снизить качество масла. Поверхность масла в картере, кроме того, всегда беспокойна, что ухудшает условия его отстоя. Указанные причины сокращают срок службы масла, а частая смена его в двигателе экономически невыгодна. Поэтому циркуляционные смазочные системы чаще всего оборудуют дополнительным (кроме картера) маслосборником. Второй маслосборник в системах с «сухим» картером устанавливают под фундаментной рамой дизеля. Из картера дизеля масло поступает в маслосборник самотеком, откуда, как и в системе с «мокрым» картером, оно забирается насосом и через фильтры и охладитель подается к трущимся деталям дизеля. Однако с уменьшением запасов масла в системе (к чему стремятся для его экономии) снижается надежность подачи масла из картера в дополнительный маслосборник самотеком.

**Схема циркуляционной смазочной системы с масляным баком.** Для повышения надежности работы системы маслосборник (масляный бак) 4 (рис. 52) устанавливают выше фундаментной рамы дизеля. Смазочное масло в такой бак перекачивается из картера 13 двухсекционным насосом, секция 19 которого включена в откачивающий трубопровод 3, а секция 1 — в нагнетательную магистраль 14. Для обеспечения бесперебойной работы сек-

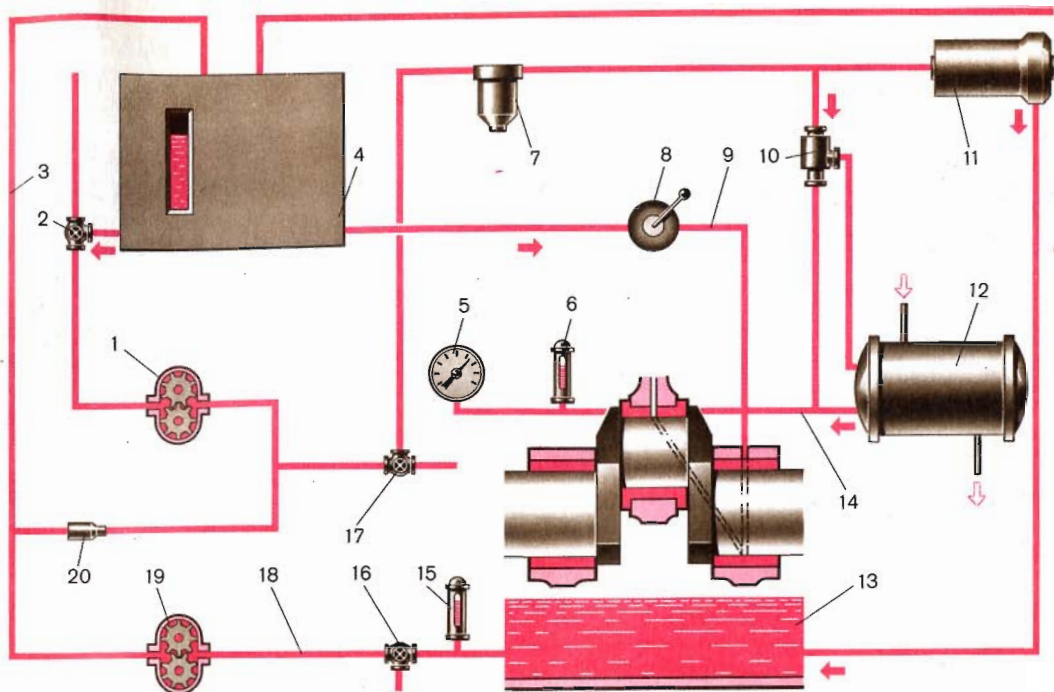


Рис. 52. Схема системы с масляным баком

ций при дифферентах судна трубопровод 18 соединен с частями картера, расположенными в носовой и кормовой оконечностях судна. В нагнетательную магистраль системы включены фильтры 7 и охладитель 12. Часть масла из нагнетательной магистрали перепускается в картер дизеля, предварительно очищаясь от механических примесей в сепараторе 11. При выходе из строя двухсекционного приводного насоса с системой могут быть соединены другие насосы. К смазочной системе их подключают перестановкой трехходовых кранов 16, 17, 2.

Постоянная температура масла в системе поддерживается с помощью терморегулятора 10. При высокой температуре большую часть масляного потока терморегулятор направляет в охла-

дитель 12, а при температуре ниже установленных пределов — в магистраль 14, минуя охладитель. Давление масла в магистрали 14 поддерживается в пределах 0,2—0,9 МПа в зависимости от частоты вращения коленчатого вала. Для регулирования давления в системе двухсекционный насос снабжен перепускным клапаном 20. Температуру и давление смазочного масла контролируют по термометрам 6, 15 и манометру 5. Уровень масла в баке проверяют щупом.

Прокачку дизеля перед пуском выполняют с помощью электроприводного или ручного насоса 8, соединенного с магистралью 14 трубопроводом 9. Ручной насос 8 трубопроводами с соответствующими кранами (на рис. 52 не показаны) обычно связан с картером

13 дизеля, и его используют для прокачки смазочной системы перед пуском дизеля и для удаления из картера загрязненного масла в специальную цистерну.

**Смазочные насосы.** Циркуляционные смазочные системы судовых дизелей в большинстве случаев оборудуют шестеренными смазочными насосами с приводом от распределительного вала. Они могут быть реверсивными и нереверсивными, одно-, двух- и трехсекционными. Конструкция и принцип работы шестеренного реверсивного насоса с шариковыми клапанами рассмотрены в § 7 (см. рис. 35). Двухсекционные насосы представляют собой два обычных насоса (две пары шестерен с одним ведущим валом), объединенных в общем корпусе. Одна секция такого насоса является откачивающей, вторая — нагнетательной. Сма-

зочные системы некоторых дизелей, как, например 6ЧСП 15/18 (ЗД6), оборудованы трехсекционными смазочными насосами: с двумя откачивающими и одной нагнетательной секциями.

Смазочный насос дизелей 6ЧРН 36/45 (рис. 53) имеет упрощенные пластинчатые клапаны 2, 3, 6, 7. Корпус 4 насоса разделен перегородкой на полости *a* и *б*. При вращении ведущей шестерни 5 против часовой стрелки масло из полости всасывания *a* через всасывающий клапан 7 поступает в рабочую полость насоса, перемещается впадинами шестерен 1, 5 и из полости зацепления зубьев через нагнетательный клапан 3 подается в полость нагнетания *б*. С изменением направления вращения шестерен клапаны 7 и 3 закрываются. Открываются всасывающий 2

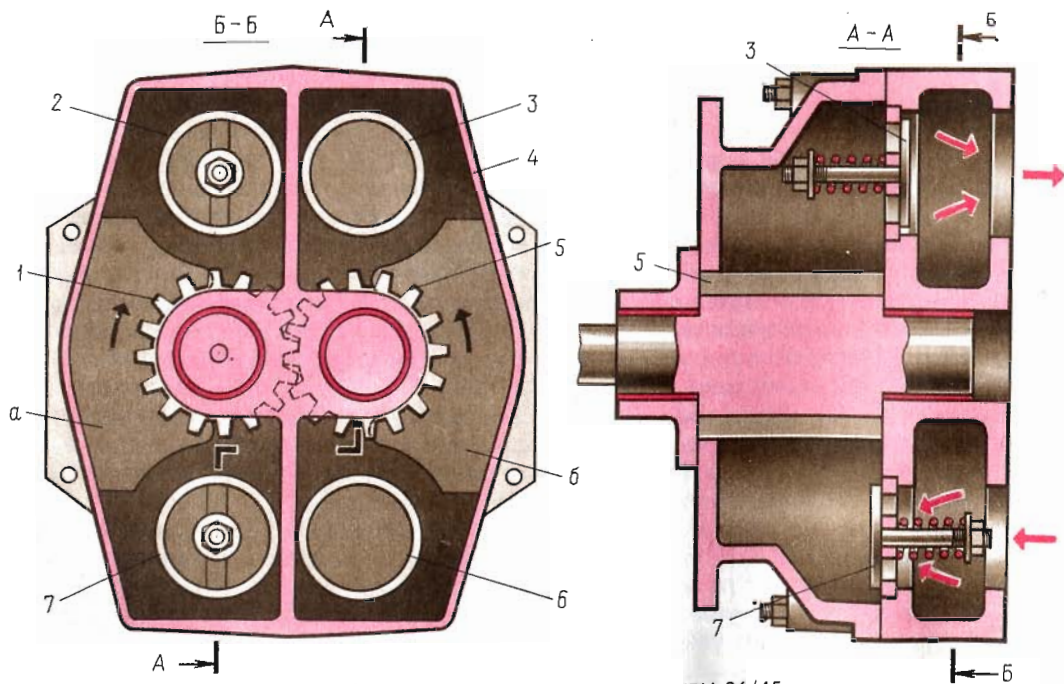


Рис. 53. Смазочный насос дизелей 6ЧРН 36/45



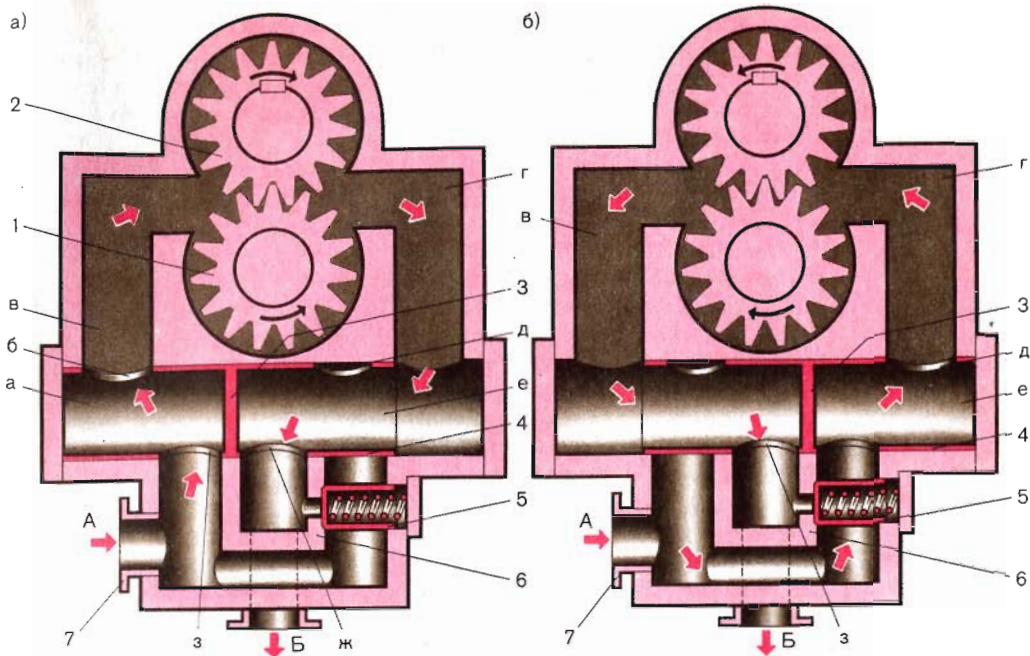


Рис. 54. Смазочный насос дизеля 6ЧН 27,5/36

и нагнетательный *б* клапаны, а общее направление потока масла остается неизменным. В случае увеличения давления масла в полости нагнетания насоса срабатывает перепускной клапан (на рис. 53 не показан) и избыток масла сбрасывается в полость всасывания. Реверсирование насосов может осуществляться и при отсутствии клапанов. Дизели 6ЧНСП 27,5/36, например, оборудованы смазочным насосом с распределительным золотником, перебрасываемым при реверсировании в ту или другую сторону под воздействием давления масла. Распределительный золотник имеет форму пустотелого цилиндра *4* (рис. 54, *а*) с диаметральной перегородкой *3*. В золотнике симметрично перегородке расположены окна *б*, *д* и *ж*, *з*. Первые сообщают полости золотника *а*, *е* с

полостями *в* и *г* насоса, вторые — с нагнетательным и всасывающим трубопроводами. При вращении шестерен *1*, *2* в направлении, показанном стрелками на рис. 54, *а*, золотник *4* под воздействием давления масла в полости *г* сдвигается влево, окно *ж* сообщается с нагнетательным *б*, а окно *з* — с всасывающим трубопроводом *7*. С изменением направления вращения шестерен *1*, *2* на обратное под воздействием давления масла в полости *в* (рис. 54, *б*) золотник *4* сдвигается вправо. Окна *д* и *ж* сообщают правую полость насоса с всасывающим трубопроводом *7*, а окно *з* соединит левую полость насоса с нагнетательным трубопроводом *6*. Перепускной клапан *5* работает как описано выше.

**Фильтры и центрифуги.** Грубую очистку смазочного масла в системе

выполняют, как правило, с помощью сетчатых и щелевых фильтров, которые по конструкции и принципу действия аналогичны топливным фильтрам. Простейший сетчатый фильтр с магнитной вставкой 2 (рис. 55) имеет фильтрующие элементы (сетчатые диски 8), смонтированные на перфорированной трубе 1, которые крепятся к крышке 6 фильтра шпилькой 9, гайкой 10 и шплинтом 11. Корпус 7 и крышки 6 двухсекционного фильтра соединяют шпильками с гайками 3. Секции фильтра подключают к магистрали с помощью пробкового крана 4. Масло поступает к фильтрующим элементам из полости в и, пройдя их, через перфорированную трубу 1, полости б и а подается насосом в нагнетательную магистраль системы. Перед поступлением к фильтрующим элементам масло с помощью магнитной вставки — уловителя освобождается от металлических включений. Воздух из корпуса фильтра удаляют через рым-болт 5, а масло — через пробку 12. У дизелей 6ЧСПН 27,5/36 сетчатые фильтрующие

элементы смонтированы в одном корпусе с пластинчато-щелевыми (см. рис. 38, в), причем вторые используют в качестве средств грубой очистки, а сетчатые — как фильтры тонкой очистки. Фильтры тонкой очистки обычно монтируют в системе параллельно и 3—15% очищенного масла, циркулирующего в магистрали, они перепускают обратно в маслосборник.

В качестве фильтрующих элементов тонкой очистки масла используют картонные, бумажные, хлопчатобумажные и синтетические материалы. В последнее время получили распространение фильтры тонкой очистки типа «Нарва», фильтрующие элементы которых выполнены в виде гофрированных штор из синтетических волокон, проклеенных поливинилацетатной эмульсией. Как и бумажные, подобные элементы при очистке фильтров заменяют новыми. Тонкую очистку масла у многих СЭУ обеспечивают реактивные центрифуги. У дизелей 6ЧСПН 18/22 центрифуга основанием 10 (рис. 56) установлена на одной из крышек кар-

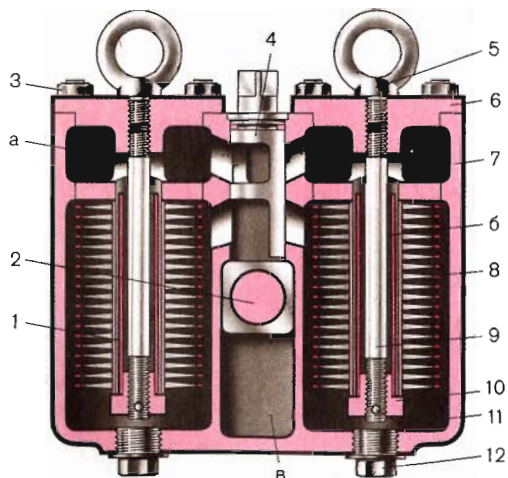


Рис. 55. Фильтр смазочного масла

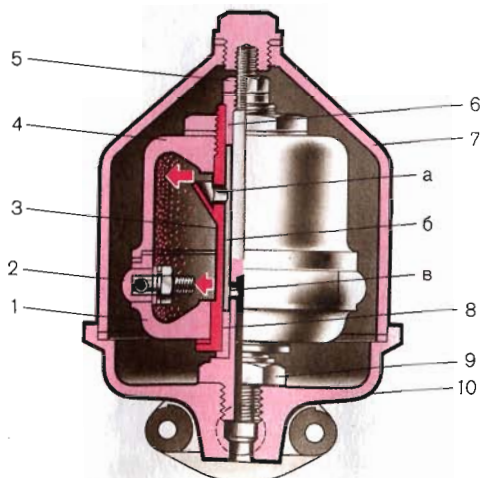


Рис. 56. Масляная центрифуга дизеля 6ЧСПН 18/22

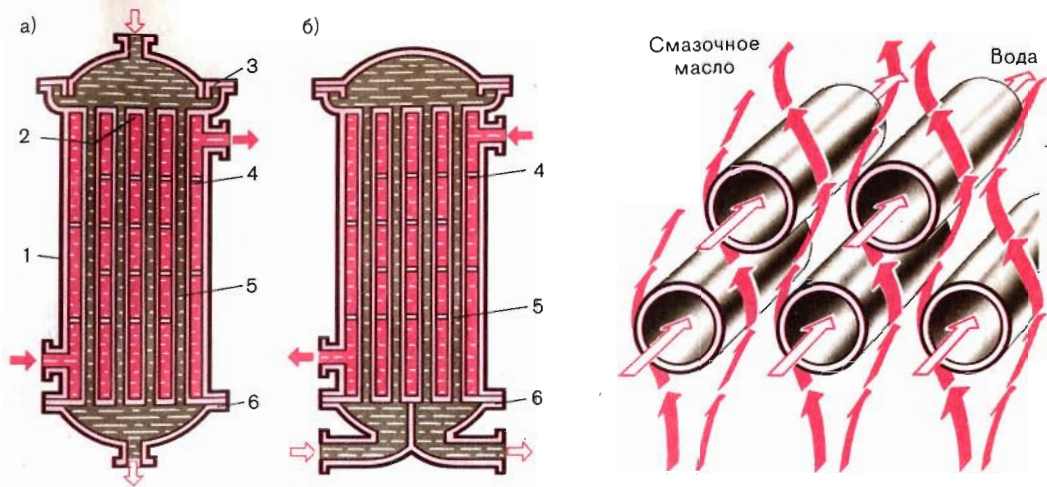


Рис. 57. Трубчатые охладители

терного люка. Ротор центрифуги, состоящий из корпуса 1 и крышки 4, закреплен на втулке 3 гайкой 5. Опорами втулки служат два бронзовых подшипника 6 и 8, смонтированные на оси 9. Последняя жестко связана с основанием 10 и кожухом 7 центрифуги. Смазочное масло из системы с давлением 0,6 МПа подается к соплам 2 ротора по каналу б и через отверстия в, а. Вытекая двумя струями из отверстий сопел, оно приводит во вращение ротор с частотой  $6000 \text{ мин}^{-1}$ . Под действием центробежных сил наиболее тяжелые частицы масла отбрасываются к внутренней стенке ротора, откуда они периодически удаляются. Очищенное масло стекает из центрифуги в картер дизеля.

Одним из основных критериев, определяющих эксплуатационную пригодность рабочего масла, является степень загрязнения его механическими примесями, образующими в масле твердую фазу. Как показывают испытания СЭУ, изнашивание трущихся поверхностей деталей дизеля в боль-

шей мере зависит от размера частиц механических примесей, чем от их количества. Поэтому в последнее время наряду с фильтрами, центрифугами и сепараторами в смазочную систему дизелей включают гомогенизаторы (диспергаторы), представляющие собой суживающееся по ходу движения масла сопло с перегородкой. В смазочную систему диспергатор включают после фильтра, чтобы скорость истечения масла из него составляла  $25\text{--}35 \text{ м/с}$  при температуре не менее  $40^\circ\text{C}$  и давлении  $0,6\text{--}0,7 \text{ МПа}$ . Вытекая с такой скоростью из сопла, масло при ударе о перегородку дробится (диспергирует) на мельчайшие частицы размером до  $5 \text{ мкм}$ , благодаря чему уменьшаются износы трущихся поверхностей пар, снижается трудоемкость промывки фильтров и продлевается срок службы масла.

**Охладители смазочного материала.** Масляные охладители выполняют, как правило, трубчатыми. В их корпусе 1 (рис. 57, а) укреплены трубные решетки 2 и б с трубками 5, выполненными из стали, меди или латуни.

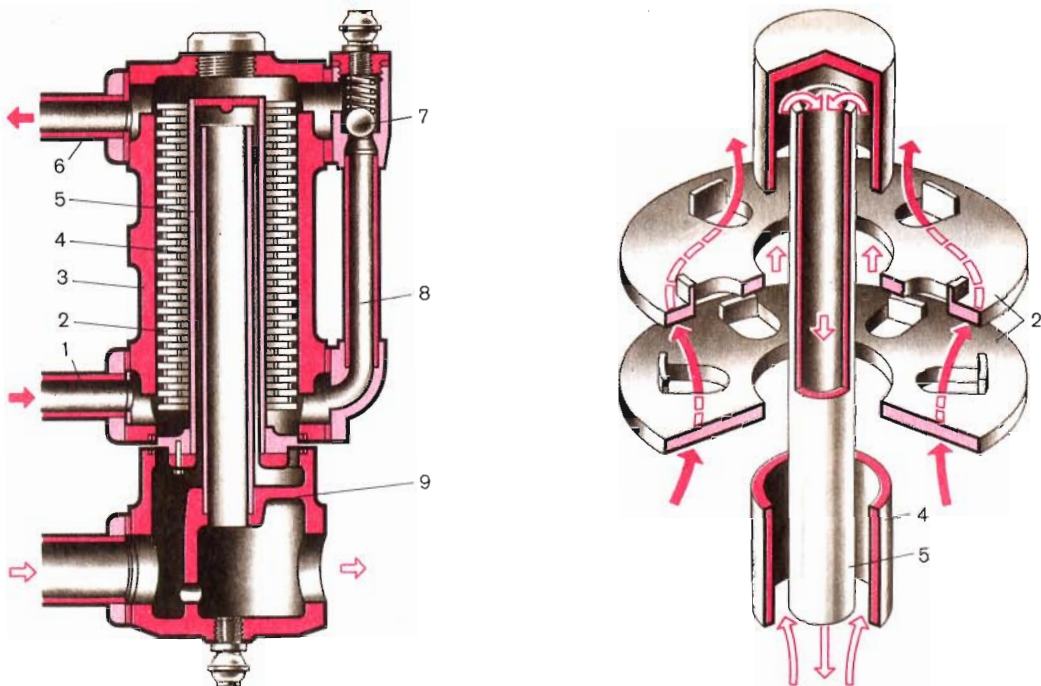


Рис. 58. Диафрагменный охладитель

Трубная решетка 6 жестко соединена с корпусом, а решетка 2 уплотнена сальником 3 и может свободно перемещаться в корпусе при деформации трубок 5 вследствие изменения температуры. Масло омывает поверхность трубок снаружи, а забортная вода, охлаждающая масло, движется в трубках. Для лучшего отвода теплоты направление движения масла в охладителе делают обратным направлению потока воды. С этой же целью в корпусе охладителя между трубками устанавливают перегородки 4. В некоторых охладителях (рис. 57, б) для повышения эффективности охлаждения масла предусмотрен петлеобразный путь движения воды. Встречаются дизели, у которых масляные и водяные охладители имеют общий корпус и отделены один от другого перегородкой, а дизели

6ЧСН 27,5/36 (6Л 275), например, оборудованы охладителями, представляющими собой трубы разного диаметра, вставленные одна в другую. По трубам меньшего диаметра прокачивается охлаждающая вода, а через кольцевое пространство между трубами — смазочное масло.

Смазочные системы дизелей комплектуют также и диафрагменными охладителями (рис. 58). Они сложнее по конструкции, но имеют более высокие показатели теплопередачи, чем трубчатые. В диафрагменных охладителях теплота от смазочного масла к воде передается через латунные цилиндрические пластины с отверстиями (диафрагмы) 2. Комплект таких диафрагм, повернутых одна относительно другой на 30°, припаян к патрубку 4. Смазочное масло подается в

корпус 3 охладителя по трубе 1 и, пройдя через отверстия диафрагм, по трубе 6 поступает к трущимся деталям дизеля. От патрубка 4 тепло отбирается водой, циркулирующей по кольцевому пространству между ним и центральной трубкой 5. Из охладителя вода удаляется за борт через распределительную коробку 9. Холодное масло с повышенным давлением, минуя диафрагмы 2, поступает к

дизелю по трубе 8 через открытый клапан 7. На рис. 58 показана одна секция охладителя. Таких секций у дизеля может быть несколько с параллельным включением в смазочную систему и с последовательным или параллельным подключением к системе охлаждения. Заданную температуру масла на входе в дизель поддерживают регуляторы температуры прямого действия (см. рис. 63).

---

1. Перечислите основные физико-химические свойства смазочных материалов и дайте их краткую характеристику. 2. Для какой цели в смазочное масло вводят присадки? 3. В каких случаях применяют пластичные смазочные материалы и каковы их характерные особенности? 4. Какие сорта смазочных масел используют в судовых дизелях? 5. Из каких основных

элементов состоят смазочные системы с «мокрым» и «сухим» картером? 6. Каков принцип действия реверсивного шестеренного смазочного насоса? 7. Как устроены и как действуют масляные центрифуги и диспергаторы? 8. Каков принцип действия трубчатых и диафрагменных охладителей, как они устроены, их преимущества и недостатки?

---

## 10. СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ

**Схема системы.** При работе дизеля головка блока, цилиндры, поршни, клапаны и другие детали усиленно нагреваются. Из-за высокого и неравномерного нагрева в деталях возникают термические напряжения и деформации, снижается прочность материалов, нарушаются нормальные зазоры, происходит повышенное изнашивание, а иногда и заедание деталей.

Количество теплоты, отводимой от деталей при их охлаждении, в зависимости от типа и размеров дизеля составляет 25—35% выделяемой при сгорании топлива. Поэтому охлаждение должно быть умеренным, т. е. в установленных пределах. Как перегрев, так и переохлаждение деталей дизеля крайне нежелательны. Для охлаждения поршней высоконагруженных дизелей используют масло, форсунок — дизельное топливо. Втулки и крышки цилинд-

ров (головки блока) дизеля охлаждают умягченной дистиллированной или кипяченой водой, циркулирующей по замкнутому внутреннему контуру системы. Во внутренний контур включены насос 15 (рис. 59), расширительный бак 7, водяной охладитель 9, терморегулятор 8 и соединяющие их трубопроводы, а во внешний контур — кингстон 11 (клапан в подводной части корпуса судна для приема заборной воды), фильтр 12, насос 16 и охладитель 9.

Насос 15 внутреннего контура прокачивает умягченную воду через полости охлаждения рабочих втулок, крышек цилиндров (головок блока), камер охлаждения компрессоров и нагревает ее по трубопроводу 5 в водяной охладитель 9 для охлаждения ее заборной водой до установленной правилами эксплуатации температуры. Затем вода

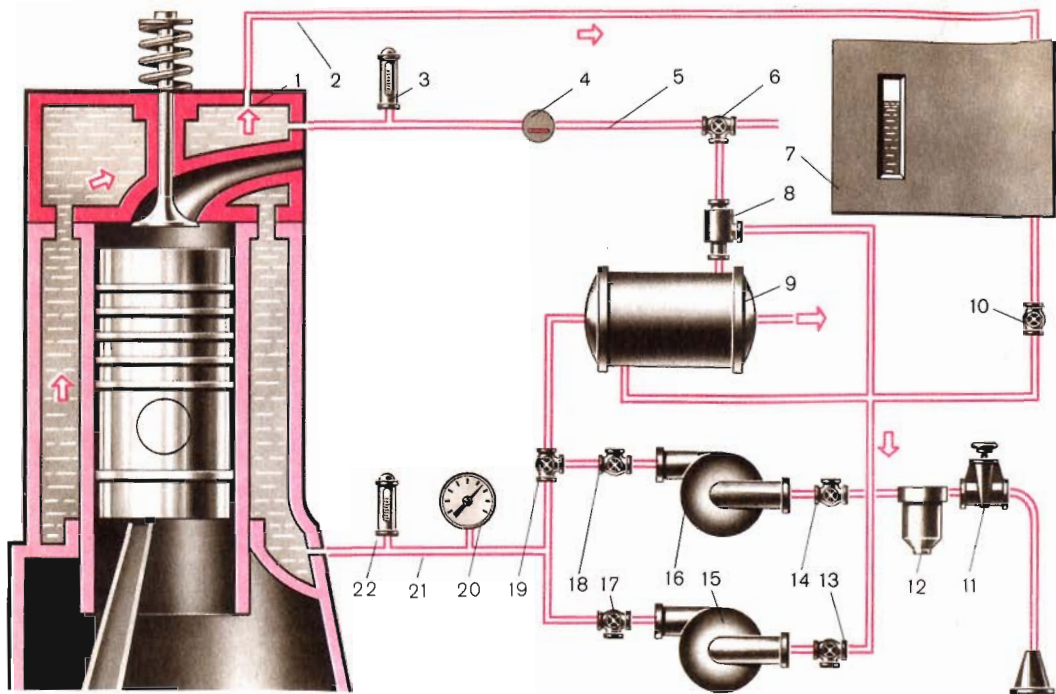


Рис. 59. Схема системы охлаждения

снова подается в дизель 1. Режим охлаждения воды регулируют с помощью терморегулятора 8.

Опыт эксплуатации показывает, что для обеспечения наиболее выгодного режима работы дизеля температура воды в трубопроводе 5 должна быть 90—95 °С. Если температура воды на выходе из дизеля ниже установленных значений, терморегулятор большую часть ее направляет в трубопровод, минуя охладитель. При повышении температуры весь поток умягченной воды проходит через водяной охладитель. Верхние точки отводящей магистрали внутреннего контура на случай парообразования соединены трубами 2 с расширительным баком 7, в котором происходит конденсация пара. Постоянный уровень воды в баке поддержи-

вают, как правило, автоматические устройства, сообщающие расширительный бак с цистерной запаса пресной воды.

Пополнение внутреннего контура умягченной водой производят через кран 10. Забортная вода прокачивается насосом 16 через водяной охладитель 9, охладитель смазочного масла (на рис. 59 не показан) и далее сбрасывается в ящик забортной воды или за борт.

В случае выхода из строя насоса внутреннего контура дизель может охлаждаться забортной водой. Для этого при работе насоса трехходовые краны 19 и 18 устанавливают в такое положение, при котором вода от насоса 16 проходит по трубопроводу 21 в дизель, а от него через кран 6 за борт

или в ящик забортной воды. При выходе из строя насосов 15, 16 переключают краны 18, 14, 17, 13 и к системе подключают резервные насосы общесудового назначения. Так как в замкнутой системе охлаждения горячие поверхности деталей дизеля охлаждаются умягченной водой, не содержащей накипеобразующих солей, температура воды на входе в дизель достигает 60—70 °С, на выходе — 90—95 °С.

Работу системы охлаждения контролируют с помощью термометров 3, 22, манометра 20 и циркуляциомера 4. Эффективность охлаждения деталей может понизиться в результате образования накипи и коррозии стенок камер охлаждения. Коррозионную активность охлаждающей воды уменьшают путем введения в нее различных эмульсионных или химических присадок (ВНИИ НП 117, хромпик и др.), образующих тонкую маслянистую или оксидную антикоррозионную пленку на стенках камер охлаждения.

**Насосы.** Внутренний и внешний контуры систем охлаждения komponуют

с поршневыми, центробежными или вихревыми насосами, приводимыми в действие от коленчатого вала дизеля или автономного электродвигателя. Поршневые насосы применяют главным образом в системах охлаждения малооборотных дизелей первых выпусков. Наибольшее распространение в системах охлаждения дизелей получили центробежные насосы. Они просты по устройству (не имеют клапанной коробки и деталей с возвратно-поступательным движением), обеспечивают равномерную подачу воды и могут приводиться в действие от многооборотного двигателя. Основным недостатком их — неспособность к «сухому» всасыванию. В связи с этим центробежные насосы устанавливают ниже ватерлинии судна, а при более высоком расположении монтируют во внутренний контур системы охлаждения так, чтобы их полость всасывания была заполнена водой. Главными частями такого насоса (рис. 60) являются корпус 5 с всасывающим 1 и нагнетательным 8 патрубками и рабочее

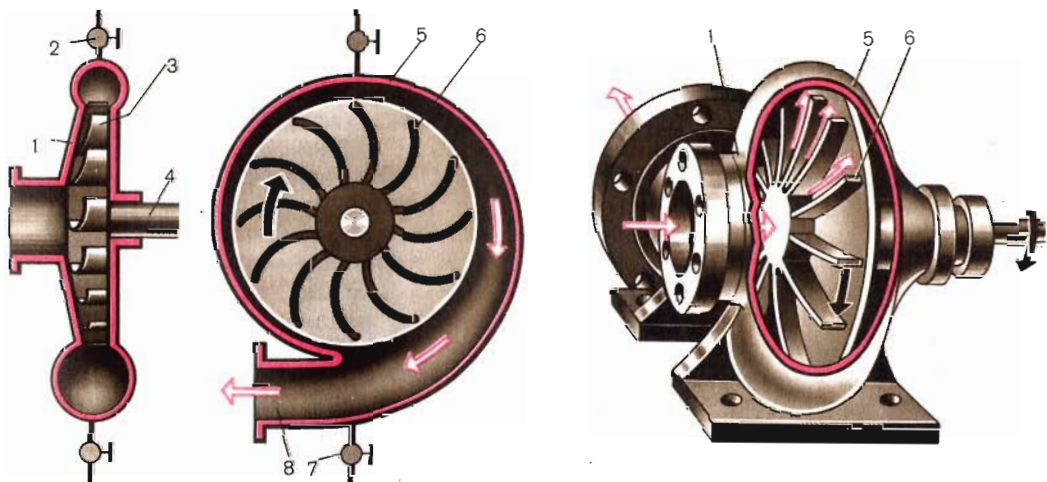


Рис. 60. Центробежный насос

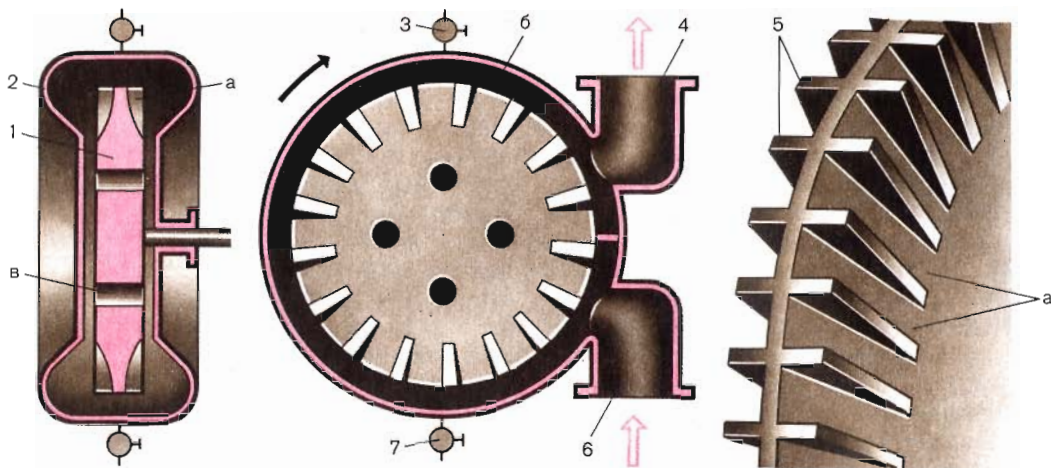


Рис. 61. Вихревой насос

колесо 6 с лопатками 3, закрепленное на валу 4.

При вращении вала находящаяся между лопатками колеса вода отбрасывается центробежной силой от центра к периферии и в центральной части корпуса создается пониженное давление. Улиткообразный корпус насоса выполняет функции диффузора, в котором кинетическая энергия преобразуется в потенциальную, и давление воды на выходе из корпуса повышается. Воздух и воду (при необходимости) удаляют из насоса через краны 2, 7. Верхний кран можно использовать и для заполнения корпуса водой при подготовке насоса к работе.

Для охлаждения дизелей применяют также насосы с вихреобразным движением воды в корпусе. По периметру рабочего колеса 1 (рис. 61) вихревых насосов вырезаны карманы а, разделенные перегородками 5. Корпус 2 насоса выполнен с некоторым расширением так, что от приемного патрубка до нагнетательного 4 образуется канал б, охватывающий карманы рабочего колеса. Вода при вращении рабо-

чего колеса центробежными силами перемещается в карманах а от центра к корпусу, и в канале б возникает круговой вихрь, поэтому такие динамические насосы называют *вихревыми*. Получив поступательное движение в сторону вращения рабочего колеса, вода поступает в насос по патрубок 6 и нагнетается в магистраль через патрубок 4.

Чтобы обеспечить равенство давлений по обе стороны колеса, в его ступице расположено несколько отверстий в, через которые вода может перетекать с одной стороны колеса на другую. Перед пуском воду в вихревой насос заливают через кран 3. Из корпуса насоса воду удаляют через кран 7.

**Водяные охладители.** Дизели оборудуют трубчатыми водяными охладителями. Заборная вода поступает в корпус 3 (рис. 62) охладителя по патрубок 8, движется внутри трубок 5, делает оборот в районе задней крышки 1 и через патрубок 7 выходит в отводящий трубопровод. Вода внутреннего контура поступает в охладитель через патрубок 6 и, омывая трубки 5 снаружи,



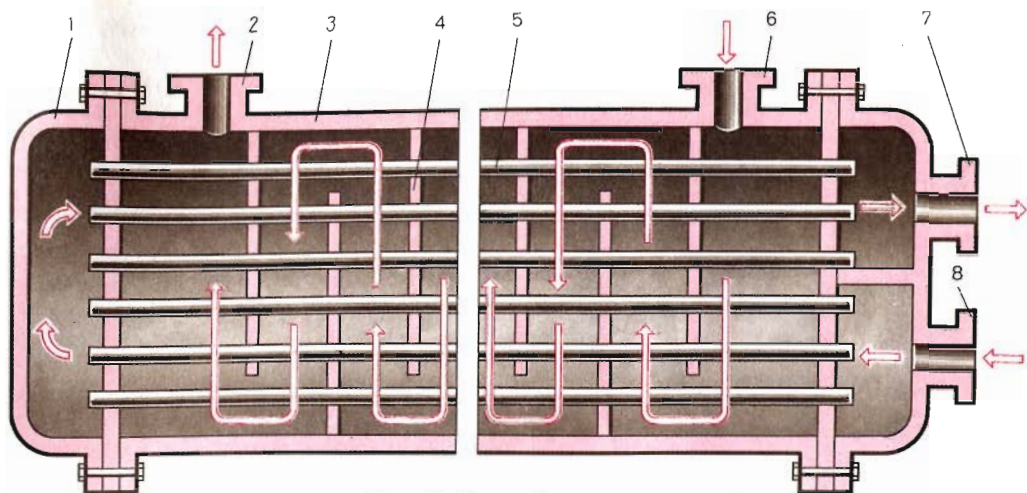


Рис. 62. Водяной охладитель

выходит через патрубок 2. Для увеличения пути движения воды внутреннего контура (для более интенсивного охлаждения) в корпусе 3 установлены перегородки 4. Количество теплоты, отводимой системой охлаждения, зависит от размеров дизеля, его конструкции и среднего эффективного давления, температуры воды в системе и ряда других факторов. В соответствии с государственным стандартом при изменении нагрузки от 25 до 100% температура воды на выходе из дизеля не должна изменяться более чем на 18 °С.

Поддержание заданного температурного режима в системах охлаждения обеспечивают терморегуляторы. Их измерительные элементы имеют герметическую термосистему, заполненную легкоиспаряющейся жидкостью: метиловым или этиловым спиртом, ацетоном, глицерином, бензином или каким-либо другим термометрическим веществом. У терморегуляторов с зоной нечувствительности более 3 °С измерители могут иметь и твердый наполнитель, например, воск.

Исполнительными элементами терморегуляторов обычно являются клапаны различной конструкции, которые перемещаются в корпусе автомата в зависимости от изменения объема измерительного элемента пропорционально регулируемой температуре. Различают *терморегуляторы недистанционные* и *дистанционные*. У первых измерительный и исполнительный элементы смонтированы в одном корпусе. Вторые имеют отдельные корпуса для измерительного и исполнительного элементов и отличаются еще от первых тем, что реагируют на температуру в одном месте системы, а перераспределяют поток масла (воды) к охладителю в другом. Из недистанционных наибольшее применение в системах СЭУ получили двухпоточные: одноклапанные (рис. 63, а) и двухклапанные (рис. 63, б) терморегуляторы. Измерительным элементом в таких регуляторах является сильфон (гофрированный цилиндр), заполненный легкоиспаряющейся жидкостью. Сильфон 2 (см. рис. 63, а) размещен в трехходовом корпусе 1 и соединен

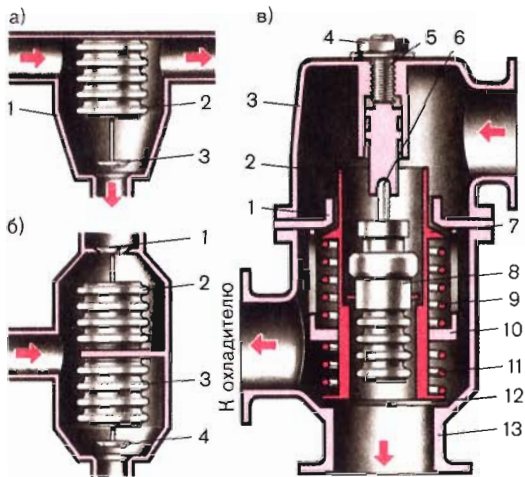


Рис. 63. Регуляторы температуры

с клапаном 3. При повышении температуры масла (воды) жидкость в сильфоне испаряется, сильфон 2 разжимается и клапан 3 прикрывает отверстие на перепуск масла (воды) мимо охладителя. Большая часть охлаждаемой жидкости поступает в охладитель. С понижением температуры масла (воды) на выходе из дизеля сильфон сжимается и клапан 3 увеличивает проходное сечение для перепуска охлаждаемой жидкости мимо охладителя. В терморегуляторах с двумя клапанами 1 и 4 (см. рис. 63, б) при изменении температуры смазочного масла (воды) сильфоны 2 и 3,

изменяя положение клапанов, управляют потоками жидкости в охладитель и на перепуск мимо охладителя. Конструкция одного из двухклапанных терморегуляторов недистанционного типа показана на рис. 63, в. Между корпусом 13 и крышкой 3 терморегулятора установлено седло 1 с кронштейном 10. Количество масла (воды), направляемого в охладитель и на перепуск, определяется положением стакана 2, клапан 7 которого опирается на седло 1, а клапан 12 — на гнездо в корпусе 13 регулятора. При повышении температуры масла (воды) объем жидкости в измерительном элементе (сильфоне 8) увеличивается. Сильфон разжимается и, упираясь в бурт стакана 2, смещает его, растягивая пружину перегрузки 11, вниз. Проходное сечение верхнего клапана увеличивается, а нижнего — уменьшается. Большая часть смазочного масла (воды) поступает в охладитель. С понижением температуры среды сильфон 8 сжимается и пружина возврата 9 прикрывает клапан 7, направляя большую часть масла (воды) на перепуск, минуя охладитель. Сильфон в верхней части связан со штоком 6, опирающимся на регулировочный винт 5. Вращением последнего терморегулятор настраивают на заданное значение температуры. После настройки винт стопорят контргайкой 4.

1. Какие детали подлежат охлаждению? 2. Из каких основных элементов состоят внутренний и внешний контуры системы охлаждения? 3. Какие типы насосов включают в системы охлаждения дизелей? 4. Каков принцип работы водяных насосов центробежного и вихревого типов? 5. Для чего системы охлажде-

ния оборудуют расширительным баком? 6. Как осуществляется автоматическое регулирование температуры умягченной воды во внутреннем контуре системы охлаждения? 7. Как устроены водяные охладители и каково их отличие от масляных? 8. Поясните принцип работы регуляторов температуры.

## СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ СЭУ

## 11. СИСТЕМА СЖАТОГО ВОЗДУХА

**Схема системы.** Для пуска и реверсирования дизелей, продувки трубопроводов и поддержания постоянного давления в пневмоцистернах, обеспечения работы пневматических инструментов, механизмов, тифонов, систем управления дизелей, приборов и других судовых устройств необходим сжатый воздух. Его вырабатывают специальные поршневые насосы, называемые *компрессорами*. В соответствии с Правилами Речного Регистра РСФСР на судне устанавливают два компрессора: один навесной (с приводом от главного дизеля), другой автономный (ручной, а чаще всего с приводом от электродвигателя).

Пуск дизеля производят воздухом давлением 2,5—15 МПа. Сжатие воздуха до такого давления в одном цилиндре представляет определенные трудности. Поэтому системы сжатого воздуха (компрессорные установки) komponуют, как правило, с двухступенчатыми компрессорами, сжимающими воздух в два приема: сначала в цилиндре низкого давления (ЦНД), затем в цилиндре высокого давления (ЦВД). При работе компрессора 6 (рис. 64), когда его ступенчатый поршень движется вниз, воздух по трубе 5 через открытый впускной клапан поступает в ЦНД. Двигаясь вверх, поршень вытесняет воздух из ЦНД в рабочую полость ЦВД. После сжатия до заданного давления воздух из ЦВД нагнетается в воздухохранитель (баллон) 13. На судне обычно устанавливают основной и несколько запасных

баллонов сжатого воздуха, соединенных параллельно общим трубопроводом. Запас сжатого воздуха во всех баллонах должен обеспечивать не менее 12 пусков попеременно на передний и задний ход каждого двигателя, подготовленного к работе.

В пусковую магистраль 12 дизеля воздух поступает из основного баллона. Давление воздуха в магистрали и баллонах контролируют по манометрам 3 и 11. В нагнетательные магистрали ЦНД и ЦВД компрессора включены предохранительные клапаны 4 и 7, отрегулированные на давление, превышающее рабочее не более чем на 5%. Обратные клапаны 10 и 14 пропускают воздух по магистрали в каком-либо одном направлении. При работе, например, навесного компрессора обратный клапан 14 открыт, а закрытый клапан 10 разобщает систему с магистралью 9 автономного компрессора. Если работает автономный компрессор, обратный клапан 10 разгружает от давления воздуха нагнетательную магистраль навесного компрессора. Сжимаясь в компрессоре, воздух нагревается. В связи с этим увеличиваются затраты мощности на его сжатие и, кроме того, возможно самовоспламенение паров смазочного масла на стенках ЦВД. Чтобы охладить цилиндры компрессора, в структурную схему системы включают воздухоохладители 2 и 8. Воздух от примесей воды и масла очищается в сепараторах 1 и 15. Продукты очистки удаляют из сепараторов через краны 16.

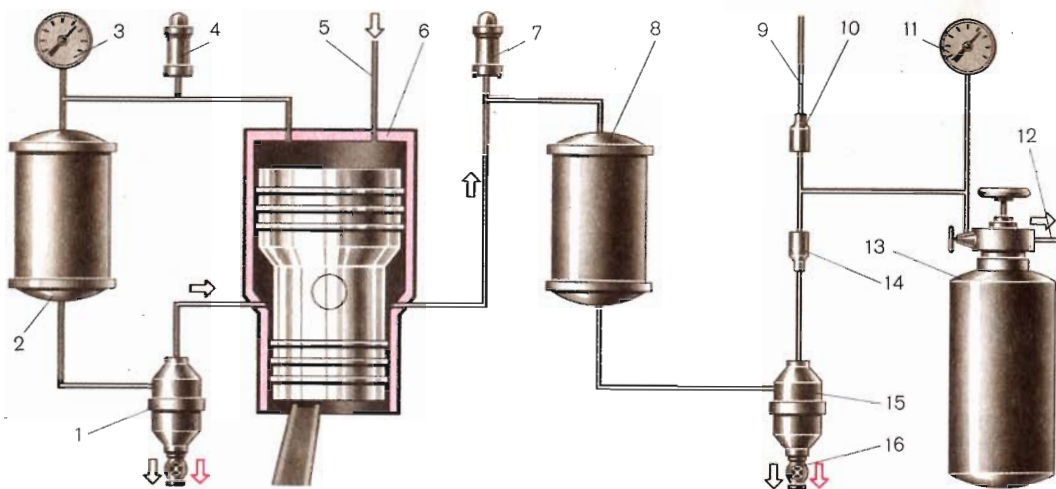


Рис. 64. Схема системы сжатого воздуха

**Компрессоры.** По давлению сжатия различают компрессоры *низкого* (до 6 МПа) и *высокого* (свыше 6 МПа) давления, по числу ступеней сжатия — *одно-, двух- и многоступенчатые*, по типу привода автономные компрессоры могут быть *электроприводными* и *ручными*. Последние обеспечивают подачу воздуха до  $2,4 \text{ м}^3/\text{ч}$  при давлении до 3 МПа.

Различают компрессоры с параллельной и последовательной работой полостей низкого и высокого давления. При компоновке компрессоров по пер-

вой схеме, когда поршень 2 ЦВД (рис. 65, а) находится над поршнем 1 ЦНД, в обеих полостях цилиндров одновременно происходит всасывание или нагнетание. В таких компрессорах воздух, вытесненный из ЦНД, не может сразу попасть в ЦВД, так как в нем в данный момент тоже осуществляется процесс сжатия. Поэтому компрессоры низкого давления типов КВД и 20К 1 с параллельной работой полостей между ЦНД и ЦВД имеют дополнительную емкость для хранения до начала хода всасывания в ЦВД воздуха, вытесненного из ЦНД. Роль дополнительных воздухохранителей в системе обычно выполняют охладители и сепараторы ЦНД. Одновременное сжатие воздуха в цилиндрах компрессоров увеличивает нагрузку на коленчатый вал. Поэтому для сглаживания указанного недостатка и улучшения условий работы приводного электродвигателя судовые компрессоры, например 20К 1, имеют два двухступенчатых цилиндра с параллельной работой полостей.

В компрессорах с последовательной

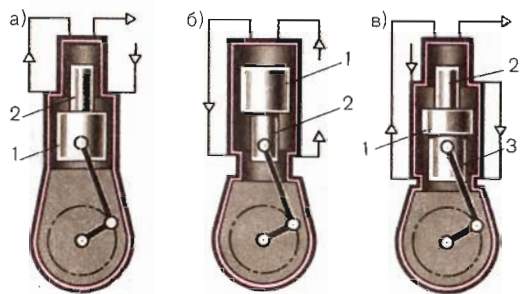


Рис. 65. Схемы компрессоров

работой полостей поршень 2 ЦВД (рис. 65, б) располагают под поршнем 1 ЦНД, и процесс всасывания в одном из цилиндров совпадает с процессом нагнетания воздуха в другом. При такой схеме компоновки компрессоров обеспечивается наиболее равномерная нагрузка на их детали и создаются благоприятные условия для работы цилиндропоршневой группы и приводного электродвигателя. На судах речного флота применяют также компрессоры с комбинированной работой полостей; например, в трехступенчатых компрессорах высокого давления К 2-150 поршень 1 ЦНД (рис. 65, в) размещен между поршнем 2 ЦВД и поршнем 3 цилиндра среднего давления (ЦСД). При движении поршней вниз воздух сжимается в ЦСД, а при движении вверх — в ЦНД и ЦВД, благодаря чему уменьшается разность знакопеременных нагрузок, действующих на вал компрессора.

**Устройства автоматизации.** Системы сжатого воздуха оборудуют средствами автоматизации, обеспечивающими автоматический, а также дистанционный пуск и остановку компрессоров, автоматическую продувку сепараторов, подачу предупредительной сигнализации о максимальной температуре охлаждения компрессоров (на судах с мощностью главных дизелей более 440 кВт) и минимальном давлении воздуха в пусковых баллонах (на судах с мощностью главных дизелей более 1440 кВт). В соответствии с Правилами Речного Регистра РСФСР автоматический пуск воздушных компрессоров должен осуществляться при снижении давления в баллонах не более чем на 30% номинального и остановка — при достижении 97—103% номинального давления.

Схема автоматического управления компрессора одного из дизелей показана

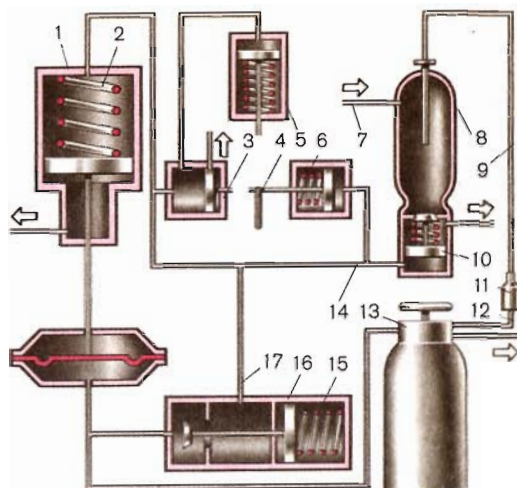


Рис. 66. Схема управления компрессора дизеля 6ЧСП 18/22

на рис. 66. При работе компрессора (на рис. 66 не показан) воздух в баллон 13 поступает по трубопроводам 7, 9, 12, пройдя предварительно через сепаратор (влагоотделитель) 8. При достижении максимального давления в баллоне воздух преодолевает сопротивление пружин 2 и 15. Мембранный клапан разгрузки 1 открывается, а клапан выключения 16 закрывается. Трубопроводы 14, 17 через открытый клапан 1 сообщаются с атмосферой. Давление воздуха в них падает. Поршень пневмоцилиндра 6 под действием пружины сдвигается вправо и рычагом 4 смещает муфту компрессора в положение «Выключено», т. е. отсоединяет коленчатый вал компрессора от приводного вала реверс-редуктора СЭУ. Подача воздуха в баллон прекращается. Трубопроводы 9 и 12 разобщаются с баллоном с помощью обратного клапана 11. Открывается клапан 10, происходит продувка напорной магистрали и сепаратора 8 воздухом.

По мере расходования воздуха и снижения его давления в баллоне вначале закрывается мембранный клапан разгрузки 1, а затем с понижением давления до нижнего контролируемого значения под действием пружины 15 открывается клапан выключения 16. Воздух из баллона по трубопроводу 17 поступает к пневмоцилиндру 6, клапану 10 и выключателю 3. Поршень выключателя 3 смещается вправо и воздух поступает к приводу 5 всасывающего клапана компрессора. Цилиндры компрессора сообщаются с атмосферой. Происходит разгрузка компрессора от имевшегося в цилиндрах воздуха. Одновременно поршень пневмоцилиндра 6 перемещает рычаг 4 в положение «Включено». Коленчатый вал компрессора соединяется с приводным валом реверс-редуктора СЭУ, происходит пуск компрессора. Шток пневмоцилиндра 6 при этом смещает поршень выключателя 3 в крайнее левое положение, соединяя привод 5 всасывающего клапана с атмосферой. С пуском компрессора дальнейшее воздействие привода 5 на всасывающий клапан прекращается.

В схему управления электродвигателей автономных компрессоров включают электроконтактные манометры или манометрические реле минимального и максимального давлений. Дистанционное управление электроприводом осуществляется с помощью соответствующих кнопок в машинном помещении и рулевой рубке. Когда давление воздуха в баллонах снижается до установленного предела, электроконтактный манометр (манометрическое реле минимального давления) замыкает цепь управления электродвигателя, а с достижением максимального давления воздуха в баллонах отключает двигатель от сети. В электрическую схему управления компрессоров могут

быть включены также реле давления и температуры, обеспечивающие сигнализацию и защиту компрессора при аварийном отклонении от допустимых значений давления и температуры смазочного масла, воздуха и охлаждающей воды. При наличии на судах двух автономных компрессоров с помощью системы управления можно устанавливать очередность их работы, а также выключать резервный компрессор при остановке основного.

В схему автоматического управления электроприводных компрессоров обычно вводят электромагнитный клапан (рис. 67), обеспечивающий при пуске и остановке автоматическое продувание сепаратора.

У работающего компрессора катушка электромагнита обесточена, сердечник 2 под действием пружины 1 смещен в крайнее нижнее положение и перекрывает отверстие в гнезде 4 корпуса 5. С пуском компрессора катушка 3 электромагнита получает питание на 8—10 с и сердечник, преодолевая силу натяжения регулировочной пружины 1, открывает отверстие в гнезде 4. Под воздействием давления воздуха производится продувание сепаратора. При остановке компрессора катушка электромагнита через реле времени снова получает на 8—10 с питание, клапан продувания открывается, обеспечивая продувание сепаратора от влаги и разгрузку компрессора при пуске.

**Воздухоохладители и сепараторы.** Обычно воздухоохладители ЦНД, так же как масляные и водяные охладители, представляют собой несколько рядов трубок, закрепленных в трубных решетках. Воздух движется в трубках, а вода омывает их снаружи. Иногда воздухоохладители ЦНД монтируют непосредственно в камерах охлаждения компрессоров. Воздухоохладители

ЦВД выполняют в виде змеевика труб, устанавливаемого в полости между двумя цилиндрическими корпусами. Вода прокачивается через кольцевую полость цилиндрических корпусов и охлаждает воздух, движущийся в трубах змеевика.

Средства пневмоавтоматики очень чувствительны к наличию влаги, масла и других загрязнений в воздухе. От примесей воздух очищают в сепараторах, обычно представляющих собой вертикальный пустотелый цилиндр с продольной перегородкой. При входе в корпус сепаратора скорость воздуха резко падает, меняется его направление движения, частицы воды и масла, ударяясь о перегородку в корпусе, выпадают из потока и стекают в нижнюю часть сепаратора, откуда периодически удаляются.

**Редукционные и предохранительные клапаны.** Оптимальное давление воздуха для пуска среднеоборотных дизелей, как правило, составляет 2,5—3 МПа, для высокооборотных — 9—15 МПа. Однако ряд пневматических средств (звуковые сигнализаторы, пневмоинструменты, тормозные устройства коленчатого вала, средства продувания трубопроводов, кингстонов и другие устройства) работают при давлениях воздуха менее 2—3 МПа. Воздух хранят в баллонах с давлением, достаточным для пуска дизелей, а к пневматическим устройствам он поступает через редукционные клапаны, понижающие его давление на выходе до требуемых значений. В качестве редукционных используют мембранные и поршневые клапаны. Между корпусом *б* (рис. 68) и крышкой *1* редукционного клапана первого типа установлена мембрана *4*. Воздух в корпус клапана подводится по каналу *а* и отводится из него через канал *б*. Количество воздуха, поступающего в

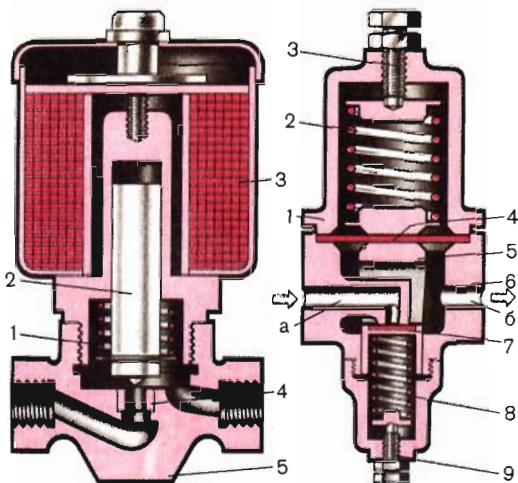


Рис. 67. Электромагнитный клапан продувания сепаратора

Рис. 68. Мембранный редукционный клапан

канал *б*, определяется положением пластинчатого клапана *7*. Давление на клапан *7* и мембрану *4* с внешней стороны регулируют пружинами *8* и *2*. Сила упругости пружины *2* больше, чем пружины *8*, поэтому при расходе воздуха мембрана *4* смещает скобу *5* вниз. При увеличении расхода воздуха клапан открывает, а при уменьшении его, наоборот, прикрывает канал *а* и давление в канале *б* поддерживается в установленных пределах постоянным. Редукционный клапан настраивают на заданное давление с помощью регулировочных болтов *9* и *3*. Чтобы давление воздуха не превышало заданных значений, в магистраль включают предохранительные клапаны. Их устанавливают на баллонах и нагнетательном трубопроводе ЦНД.

**Воздушные баллоны.** Количество и общую вместимость баллонов выбирают из расчета обеспечения ими не менее 12 пусков и реверсов главных дизелей. Для неревверсивных дизелей об-

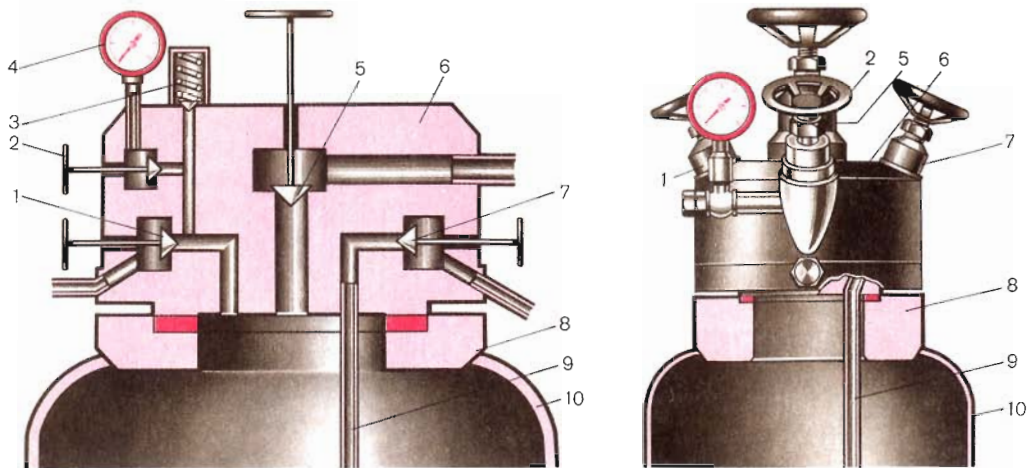


Рис. 69. Головка воздушного баллона

щая вместимость баллонов рассчитывается на 6 пусков.

Воздушные баллоны (рис. 69) изготавливают из стали цельнолитыми или сварными. Они состоят из корпуса 10 с фланцем 8 и головки 6, прикрепленной к фланцу болтами или шпильками. В баллон воздух поступает через нагнетательный клапан 1, а отбирается из него при открытии клапана 5. Частицы воды и масла, скапливающиеся в нижней части баллона, периодически удаляются по трубе продувания 9 при открытии клапана 7. В головке баллона 6 или на нагнетательном трубопроводе системы смонтирован предохранительный клапан 2, отрегулированный так, чтобы повышенное давление в баллонах при срабатывании клапана составило не более 10% рабочего. Давление в баллоне контролируют по манометру 4, воздух в котором подается через клапан, открываемый маховиком 2.

Воздушные баллоны, компрессоры и связывающие их трубопроводы являются объектом повышенной опасности, поэтому при их эксплуатации

необходимо выполнять ряд требований, обеспечивающих нормальное техническое состояние всех элементов системы и безопасность обслуживающего персонала.

Особое внимание нужно уделять воздушным баллонам. Согласно Правилам Речного Регистра РСФСР их подвергают периодически наружному осмотру, внутреннему освидетельствованию и гидравлическому испытанию. Наружный осмотр баллонов проводят через каждые два года. При этом в присутствии инспектора Речного Регистра РСФСР проверяют состояние их наружной поверхности, исправность КИП и герметичность соединений. Во время осмотра регулируют и пломбируют предохранительные клапаны. При внутреннем освидетельствовании через каждые четыре года выполняют наружный осмотр, очищают внутреннюю поверхность баллонов от загрязнений, осадков и ржавчины, перебирают и притирают арматуру. Гидравлическое испытание баллонов и воздухопроводов выполняют под наблюдением инспектора Речного Регистра



РСФСР через каждые восемь лет. Прочность баллонов и воздухопроводов при этом проверяют водой при давлении, превышающем рабочее на 25%. Наружный осмотр баллонов на судах

смешанного «река — море» плавания производят ежегодно, а внутреннее освидетельствование и гидравлическое испытание их — соответственно через два и четыре года.

1. Какие основные элементы входят в систему сжатого воздуха? 2. Почему компрессоры делают многоступенчатыми? 3. На каком принципе основано автоматическое управление работой компрессоров? 4. Для какой цели в схему

приготовления сжатого воздуха включают воздухоохладители и сепараторы? 5. Какие требования предъявляют к баллонам сжатого воздуха и как они устроены? 6. В чем заключается технический надзор за баллонами?

## 12. СИСТЕМЫ ПУСКА И РЕВЕРСИРОВАНИЯ

**Способы пуска дизелей.** Чтобы дизель начал работать, необходимо предварительно раскрутить его коленчатый вал до появления в цилиндрах первых вспышек топлива. Частоту вращения коленчатого вала, при которой возможен пуск дизеля, называют *пусковой*. Значение пусковой частоты вращения зависит от конструкции дизелей и их топливной аппаратуры, быстроходности, способов и условий смесеобразования, вида топлива, теплового состояния дизеля и окружающей среды, износа втулок цилиндров, поршневых колец и других факторов. Исправные малооборотные двигатели пускают в течение 2—6 с при достижении частоты вращения  $700\text{--}800\text{ мин}^{-1}$ , а высокооборотные —  $1000\text{--}1500\text{ мин}^{-1}$ . Судовые двигатели пускают вручную, электрическим стартером или с помощью сжатого воздуха. Ручной пуск рукояткой, соединяемой с коленчатым валом, применяют только у небольших дизелей с мощностью до 19 кВт. Электростартерами пускают в основном вспомогательные судовые дизель-генераторы. Большинство главных судовых дизелей оборудуют воздушной системой пуска. Некоторые из них в качестве резервного имеют и электростартерный

пуск. Для уменьшения затрат энергии на пуск и для ускорения первых вспышек топлива камеры охлаждения продолжительно не работающих дизелей перед пуском заполняют горячей водой, а масло в картере подогревают специальными нагревателями. Дизели с двухкамерным смесеобразованием для воспламенения топлива при возможно меньшей пусковой частоте вращения коленчатого вала оборудуют специальными свечами накаливания (см. рис. 5), подогревающими впускной воздух. При наличии в камерах сгорания раскаленных спиралей облегчается появление первых вспышек. Некоторые дизели для уменьшения сопротивления раскручиванию коленчатого вала оборудуют декомпрессионными устройствами, которые сообщают цилиндры дизеля с атмосферой и уменьшают работу на сжатие воздуха.

**Электростартерный пуск.** Электростартер рассчитан на кратковременную работу (обычно не более 5 с) и представляет собой электродвигатель постоянного тока, работающий от аккумуляторной батареи с номинальным напряжением до 32 В. Обмотка возбуждения у стартера включена последо-

вательно с обмоткой якоря. Емкость аккумуляторной батареи должна обеспечивать без подзаряда не менее десяти последовательных пусков каждого главного дизеля из холодного состояния.

При включении пусковой кнопки ток от аккумуляторной батареи поступает в цепь питания стартера, якорь которого через шестеренную передачу раскручивает коленчатый вал дизеля до требуемой частоты вращения. В последнее время дизели оборудуют стартерами с инерционным приводом (рис. 70), обеспечивающим зацепление шестерни 3 с зубчатым венцом 20 маховика на время пуска дизеля и расцепление их после пуска. Шестерня 3 выполнена вместе с хвостовиком 2, свободно посаженным на вал 4. Опорами

для хвостовика служат подшипники 5 и 6. Внутри хвостовика на втулке 18 установлены пружина 19 и шайба 1. Последняя закреплена на валу 4.

Когда стартер выключен, пружина 19 удерживает хвостовик, как показано на рис. 70, в крайнем правом положении. Вал 4 стартера имеет спиральные шлицы 11, которыми он соединен с головкой 7 привода. Последняя двумя шлицами и стопорным кольцом 13 скреплена с обоймой 8. Внутри обоймы 8 смонтировано несколько ведомых 16 и ведущих 15 дисков трения (на рис. 70 для упрощения показано по одному). Ведущие диски трения шестью наружными шлицами связаны с головкой 7 привода, а ведомые — шестью внутренними шлицами с муфтой трения 17, соединенной в свою

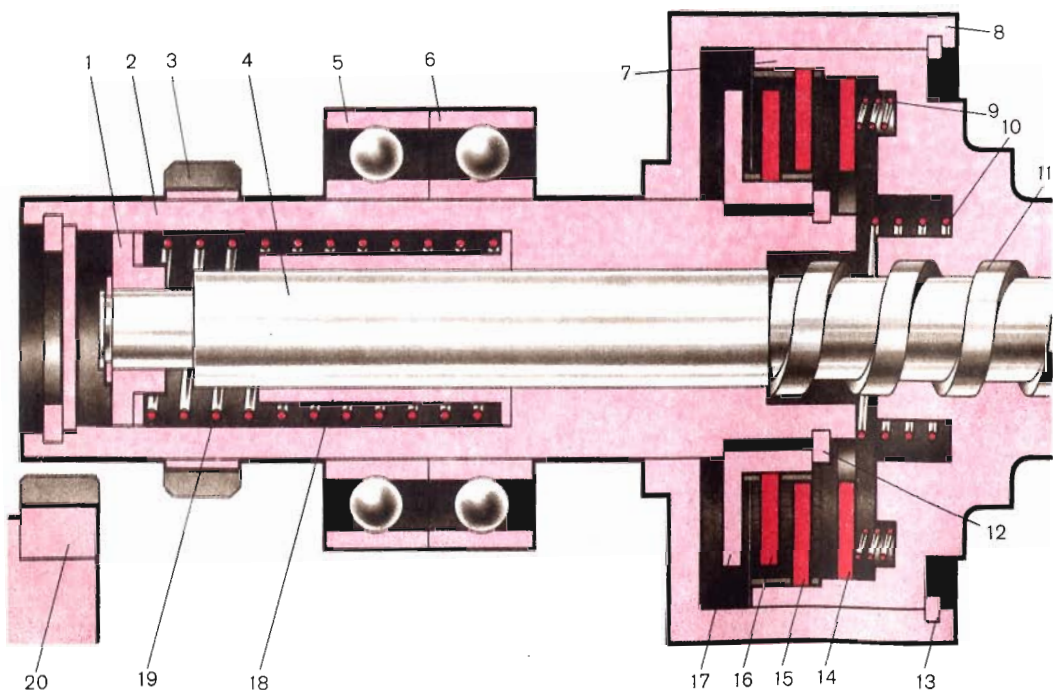


Рис. 70. Механизм включения электростартера



пускался из любого положения вала, пусковой клапан каждого следующего по порядку работы цилиндра должен открываться раньше, чем закрывается клапан работающего на воздухе цилиндра. Однако с увеличением продолжительности открытия пусковых клапанов увеличивается расход воздуха, поэтому продолжительность их открытия делают не более  $140^\circ$  по углу поворота коленчатого вала. Исходя из максимально возможной продолжительности открытия пусковых клапанов дизель, имеющий шесть цилиндров и более, может пускаться на воздухе из любого положения коленчатого вала. При меньшем числе цилиндров с помощью валоповоротного устройства или за маховик приходится иногда поворачивать коленчатый вал дизеля до так называемого пускового положения, отмеченного на маховике, т. е. устанавливать кривошип под определенным углом к оси цилиндра для начала рабочего хода. Пуск дизеля начинается с открытием ГПК 3. Как только коленчатый вал разовьет пусковую частоту вращения, в цилиндры дизеля подается топливо и ГПК закрывается.

Системы пуска дизелей оборудуют автоматическими пусковыми клапанами или пусковыми клапанами с пневматическим управлением. Первые (см. рис. 71, а) действуют, как обратные клапаны. Открываются под воздействием давления воздуха от воздухо-распределителя, связанного с распределительным валом дизеля. Такими клапанами снабжают, как правило, системы пуска дизелей с небольшими диаметрами цилиндров, так как, несмотря на простоту схемы, при значительных объемах цилиндров двигателя воздухо-распределитель и трубопроводы системы становятся излишне громоздкими.

Чаще всего в системы пуска дизе-

лей включают клапаны с пневматическим управлением. Воздух из баллона 3 (рис. 71, б) при таких схемах пуска через открытый ГПК 2 одновременно подается ко всем пусковым клапанам 1. Последние устроены так, что под воздействием давления воздуха в магистрали 4 они не могут быть открыты. Пусковые клапаны открываются только в том случае, когда к ним по магистрали управления 6 поступит воздух от воздухо-распределителя 5. Подобные системы имеют компактный воздухо-распределитель и в связи с небольшим расходом воздуха магистрали управления, т. е. трубопроводы после воздухо-распределителя имеют небольшие диаметры. В схему пуска может входить один или несколько воздухо-распределителей, каждый из которых обслуживает определенную группу цилиндров. У некоторых дизелей функции воздухо-распределителя выполняют индивидуальные для каждого цилиндра распределительные пусковые золотники.

**Пусковые клапаны.** Автоматические пусковые клапаны по конструкции несложны (рис. 72, а). Корпус 1 клапана ввернут в головку 5 дизеля. В корпусе размещен собственно клапан 4, нагруженный пружиной 3. При пуске дизеля воздух от воздухо-распределителя поступает по трубопроводу 2 в приемную полость а. Клапан 4, сжимая пружину, открывается и пропускает воздух в цилиндр дизеля. При воспламенении топлива давление в камере сгорания возрастает, клапан садится на гнездо и разобщает цилиндр от пусковой магистрали.

Шток 2 (рис. 72, б) клапана с пневматическим управлением системы пуска дизелей 6ЧРН 36/45 соединен гайкой 5 с поршнем 4. Воздух, поступающий по трубопроводу 6 от ГПК в полость а, воздействует на тарелку 1

клапана сверху и на поршень 4 снизу. Ввиду равенства площадей тарелки клапана 1 и поршня 4 силы, действующие вверх и вниз, уравнивают одна другую. Пружина 3 в этом случае держит пусковой клапан закрытым. Клапан смещается в корпусе 7 и сообщает полость *a* с цилиндром дизеля только при подаче воздуха от воздухораспределителя в полость *б* над поршнем. В случае сообщения полости *б* с атмосферой давление воздуха над поршнем падает и под действием пружины клапан садится на гнездо.

**Воздухораспределители.** Судовые дизели оборудуют воздухораспределителями с дисковыми или цилиндрическими золотниками. Первые используют, как правило, в системах с автоматическими пусковыми клапанами, вторые — в системах с пневматическими управляемыми пусковыми клапанами. Основными деталями воздухораспределителя первого типа (рис. 73) являются корпус 6, вал-шестерня 7 с приводом от распределительного вала, диск 5 с крышкой 4 и шлицевая втулка 3. Последняя радиальными шлицами сцеплена с диском 5, а осевыми — с хвостовиком вала-шестерни 7. Рабочую поверхность диска 5 прижимают к опорной поверхности корпуса 6 и диск 5 плотно прижимается к корпусу давлением воздуха, поступающим в полость *б* от ГПК. Во время пуска дизель сжатый воздух из полости *б* через отверстия *a* и по каналам *г* в корпусе поступает к пусковым клапанам цилиндров, поршни которых находятся в пусковом положении. По окончании пуска пружина 1, действующая на крышку 4, отжимает от корпуса диск 5 до упора шлицевой втулки 3 в стопорное кольцо 2. Благодаря этому диск и корпус воздухораспределителя не изнашиваются во время работы дизеля на топливе.

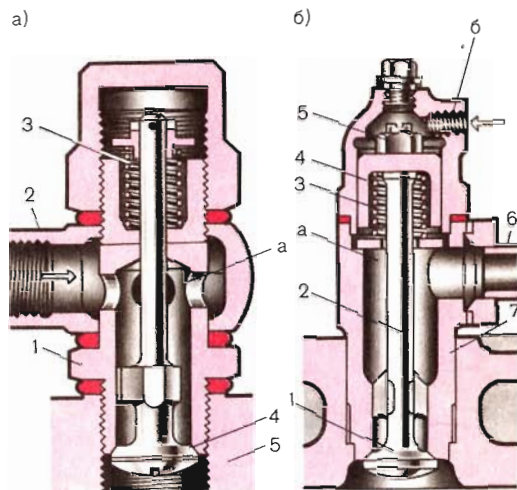


Рис. 72. Пусковые клапаны цилиндров

Воздух, просачивающийся вдоль вала-шестерни 7, стравливается в атмосферу по каналу *в*.

Корпус воздухораспределителя с цилиндрическими золотниками (рис. 74), состоящий из внутренней 5 и внешней 3 обойм и крышки 2, соединен с остовом

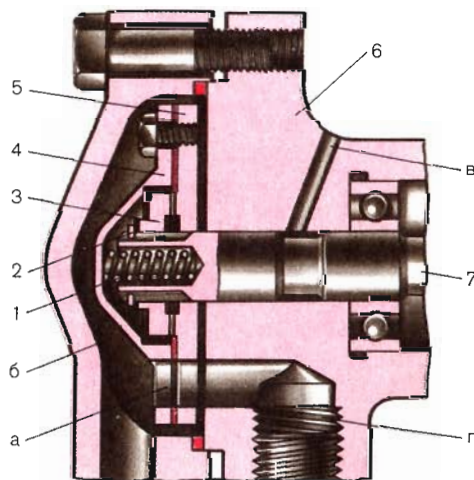


Рис. 73. Воздухораспределитель с дисковым золотником

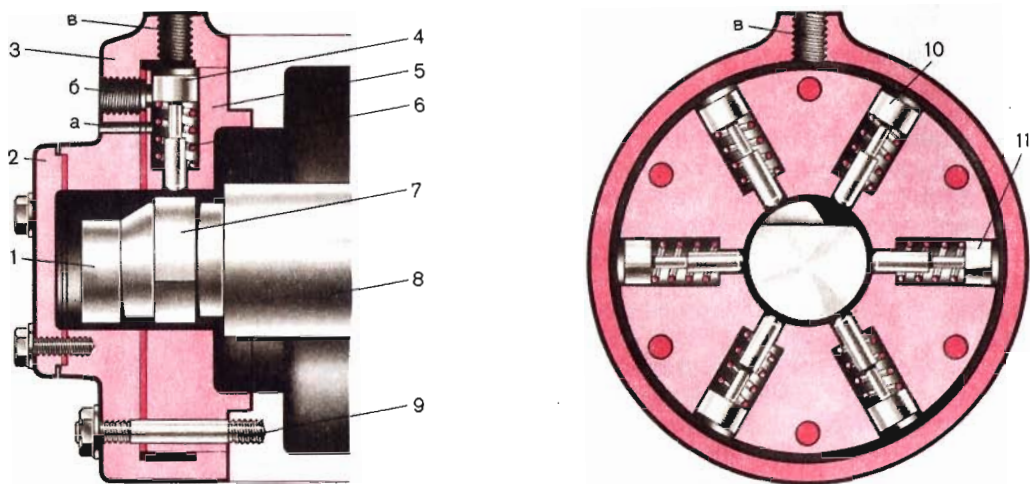


Рис. 74. Воздухораспределитель с цилиндрическими золотниками

дизеля шпильками 9. В центре корпуса размещен распределительный вал 8 с кулачными шайбами 7 и 1 соответственно переднего и заднего хода. Кулачные шайбы имеют цилиндрическую форму с плоским срезом. В гнездах корпуса под одинаковым углом один относительно другого радиально установлены шесть золотников 4, прижатых пружинами 6 к внешней обойме 3. С торцевой стороны в обойме 3 против каждого золотника расположены каналы б и а. Первые из них соответствующим трубопроводом сообщены с пусковыми клапанами цилиндров, вторые — с атмосферой.

При пуске дизеля воздух по каналу в поступает в полость воздухораспределителя и прижимает все золотники к шайбе привода. Золотники 10 и 11, оказавшиеся над плоским срезом кулачной шайбы, сместятся к центру настолько, что закроют каналы а и откроют доступ воздуха по каналам б в магистраль управления пусковыми клапанами, поршни которых находятся в пусковом положении.

Пусковые клапаны откроются, пропустят воздух в цилиндры и коленчатый вал дизеля получит импульс для вращения. Плоский срез кулачной шайбы 7 при вращении коленчатого и распределительного валов окажется под другими золотниками. Откроются пусковые клапаны следующих по порядку работы цилиндров. В это же время золотники 10 и 11 будут сдвинуты на цилиндрическую поверхность кулачных шайб и смещены от центра к внешней обойме корпуса. Магистраль управления пусковых клапанов первых двух цилиндров сообщится с атмосферой. Периодическое открытие и закрытие пусковых клапанов будет продолжаться до тех пор, пока дизель не начнет работать на топливе. При воспламенении топлива подача воздуха в систему пуска прекратится и пружины 6 сдвинут все золотники воздухораспределителя в положение, когда они не соприкасаются с кулачными шайбами.

У некоторых дизелей воздухораспределитель снабжен индивидуальными цилиндрическими золотниками. Каж-

дый золотник 1 (рис. 75) у таких воздухораспределителей имеет отдельный корпус 2. Шток золотника ввернут в толкатель 4 и застопорен контргайкой 3. В положении, показанном на рис. 75, золотник под действием пружины 5 сдвинут вверх. Пусковой клапан закрыт, так как воздух из его надпоршневой полости через каналы *a* и *в* корпуса 2 воздухораспределителя стравливается в атмосферу. При подаче воздуха из пусковой магистрали в канал *б* золотник 1, сжимая пружину 5, смещается вниз и, если толкатель 4 оказывается на плоском срезе кулачной шайбы 6, пропускает воздух по каналу *a* в магистраль управления пускового клапана соответствующего цилиндра и перекрывает при этом канал *в*, сообщаящий его с атмосферой.

**Главные пусковые клапаны.** Некоторые дизели оборудованы ГПК, управляемыми специальным механическим приводом с местного поста управления. Воздух к ГПК (рис. 76) поступает по каналу *г* в корпусе 2. Через отверстие *д* воздух проходит во внутреннюю полость *е* основного клапана 4. Давление в полости *е* и канале *г* выравнивается и клапан удерживается в закрытом положении. Для пуска дизеля через систему рычагов с поста управления поднимают разгрузочный клапан 5. Полость *е* через каналы *ж* сообщается с атмосферой и давление в ней мгновенно падает. Диаметр направляющей части основного клапана больше диаметра его тарелки. Поэтому под воздействием давления воздуха на поверхность *а* клапан 4 смещается вниз, увлекая за собой клапан разгрузки 3. Последний перекрывает канал *б*. Воздух по каналу *в* поступает в магистраль к воздухораспределителю и коленчатый вал получает импульс для вращения.

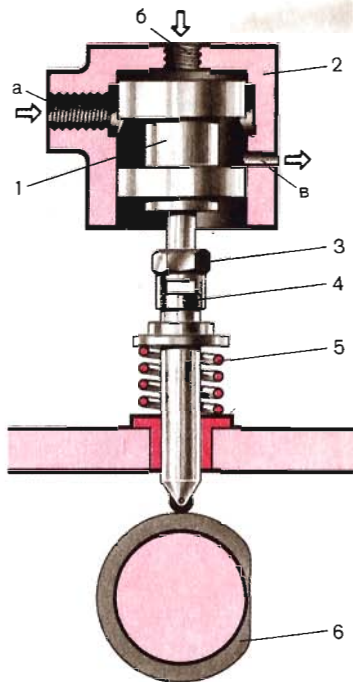


Рис. 75. Воздухораспределитель с индивидуальным цилиндрическим золотником

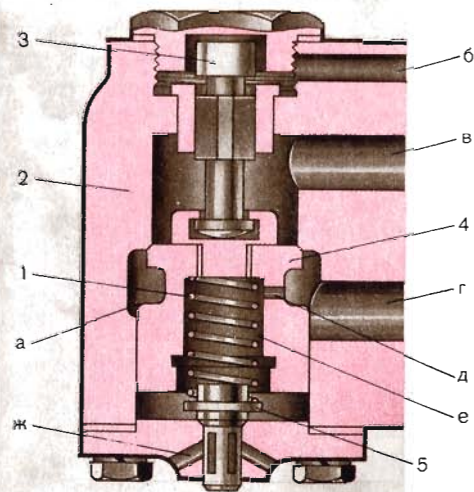


Рис. 76. Главный пусковой клапан с механическим приводом

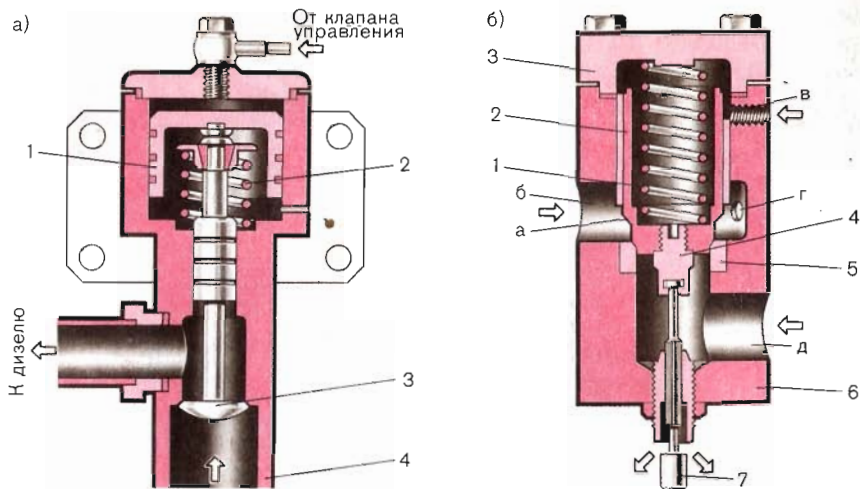


Рис. 77. Главные пусковые клапаны:  
 а — с нагрузочным поршнем; б — дифференциального типа

При переводе рукоятки управления дизеля в положение «Работа» разгрузочный клапан 5 под действием пружины 1 сядет на гнездо и перекроет каналы *ж*. Давление в полости *e* возрастет и основной клапан ГПК закроется.

Клапан разгрузки обеспечивает отвод газов в атмосферу при работе дизеля в случае пропуска пусковых клапанов, и благодаря этому диск воздухораспределителя (см. рис. 73) предохраняется от постоянного соприкосновения с корпусом. Если пусковые клапаны и будут пропускать газы, то при работающем дизеле они будут удаляться в атмосферу по каналу *в* через открытый клапан разгрузки 3 и по каналу *б*.

Чаще всего системы пуска дизелей оборудуют ГПК с нагрузочным поршнем или клапанами дифференциального типа. В корпусе 4 (рис. 77, а) ГПК первого типа, установленных на дизелях 6ЧРН 36/45, кроме клапана 3, размещен нагрузочный поршень 1.

Сжатый воздух от баллона поступает под клапан 3 и прижимает его к гнезду. В момент пуска к нагрузочному поршню 1 поступает воздух от клапана управления.

Давление воздуха в магистрали управления ниже давления пускового воздуха. Однако вследствие большей площади поршня 1 по сравнению с тарелкой клапана 3 поршень 1, сжимая пружину 2, будет смещаться вниз. Воздух проходит в магистраль к воздухораспределителю и далее к пусковым клапанам цилиндров. При достижении коленчатым валом пусковой частоты вращения клапан управления сообщается с атмосферой, давление в полости над разгрузочным поршнем 1 падает и ГПК закрывается.

У дизелей ЧР 24/36, ЧР 32/48, 6ЧСН 20/26 системы пуска оборудованы ГПК (рис. 77, б) дифференциального типа. Сжатый воздух, поступающий в полость *б* под клапан 2 дифференциального типа, стремится оторвать его от седла 5. Однако клапан



остаётся неподвижным, так как через каналы *г* и *в* воздух поступает также в пространство под крышкой *З*, а площадь клапана, на которую воздействует воздух сверху, больше, чем площадь дифференциального пояса *а* снизу. Дифференциальный клапан прижимается к седлу еще и пружиной *1*. При пуске дизеля полость над дифференциальным клапаном через канал *в* и специальный золотник (на рис. 77, *б* не показан) сообщается с атмосферой. Под воздействием давления воздуха снизу клапан, преодолевая сопротивление пружины, поднимается и воздух из полости *д* корпуса *б* поступает к цилиндрам дизеля. По окончании пуска золотник снова сообщает пространство под крышкой *З* с полостью *б*. Дифференциальный клапан перекрывает пусковую магистраль, а разгрузочный клапан *7*, соединенный с ним обоймой *4*, сообщает полость *д* с атмосферой.

**Способы реверсирования дизелей.** Вспомогательные судовые дизели, используемые для привода вспомогательных механизмов (генераторов, компрессоров, насосов и т. п.), выполняются нереверсивными.

Главные судовые дизели, соединенные непосредственно с гребными винтами, в зависимости от условий эксплуатации обеспечивают передний и задний ход судна. По требованиям Речного Регистра РСФСР реверсирование дизелей должно осуществляться (от остановки до пуска в противоположном направлении) за 15 с на малом и за 25 с — на полном ходу судна.

Для изменения направления вращения коленчатого вала нужно изменить порядок работы дизеля на обратный. На распределительных валах дизелей с этой целью устанавливают комплекты кулачных шайб для перед-

него и заднего хода и с помощью средств реверсирования переключают соответствующие механизмы с одного комплекта шайб на другой. У современных дизелей такое переключение осуществляют передвиганием распределительных валов из положения «Вперед» в положение «Назад» и наоборот. В общем виде процесс реверсирования производят в такой последовательности: прекращают подачу топлива к дизелю и после его остановки поднимают толкатели газораспределительного привода, затем передвигают в положение заданного хода распределительный вал и опускают толкатели на соответствующие новому ходу шайбы. Большинство современных судовых дизелей имеют распределительные валы с коническими переходными поверхностями на кулачных шайбах, поэтому реверсирование их производят без подъема и опускания толкателей. Несоблюдение установленной последовательности операций при реверсировании дизеля может привести к его аварии. Поэтому в схему реверсирования вводят блокировочные устройства, с помощью которых обеспечивается переход к следующей операции только после полного завершения предыдущей: исключается реверсирование при невыключенной подаче топлива, фиксируется распределительный вал в положении заданного хода, предотвращается пуск дизеля до окончания реверсирования.

Реверсирование дизелей выполняют вручную с помощью механической передачи, а чаще всего с использованием пневматического или пневмогидравлического привода. Механизм ручного реверсирования обычно используют в качестве аварийного.

**Пневмогидравлическая система реверсирования.** Современные судовые реверсивные дизели оборудованы, как

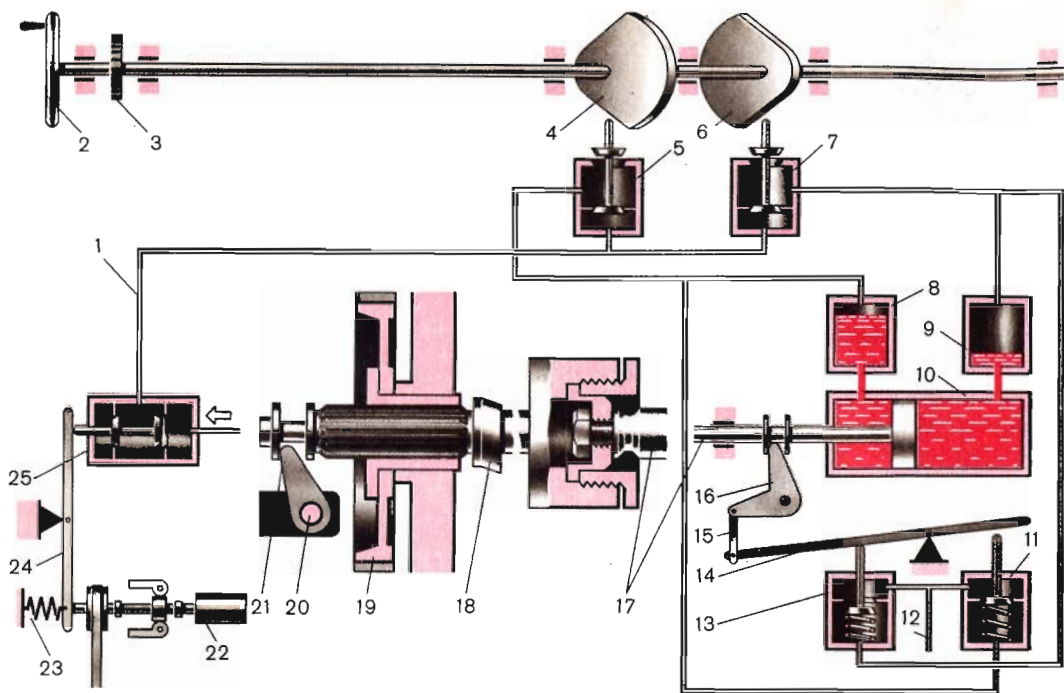


Рис. 78. Схема пневмогидравлической системы реверсирования

правило, автоматизированными системами реверсирования, в которых передвижение распределительного вала 18 (рис. 78) в разные стороны происходит под воздействием давления масла в гидравлических баллонах 8 и 9. У дизелей 6ЧРН 32/48, например, воздух в цепи пуска и реверсирования поступает по трубопроводам 12 и 1 под давлением 3 МПа. Командный сигнал в систему вводят маховиком 2 из машинного помещения или из рулевой рубки через дистанционную передачу 3. На валике управления смонтированы две кулачные шайбы 6 и 4. Первая управляет клапаном 7 переднего хода, вторая — клапаном 5 заднего хода. На схеме распределительный вал показан в положении «Вперед», а валик управления — в положении «Стоп».

Грузы центробежного реле 22 частоты вращения и остановки, связанного с коленчатым валом, занимают положение, при котором пружина 23 разжата и клапан управления 25 открыт рычагом 24. Воздух по трубопроводу 1 поступает к закрытым клапанам 5 и 7. При повороте маховика 2 против часовой стрелки валик управления поворачивает на определенный угол кулачные шайбы 4 и 6. Шайба 6 открывает клапан 7, воздух поступает к гидравлическому баллону реверса переднего хода 9 и к клапану 13, блокирующему пуск дизеля на передний ход до завершения реверсирования. Так как распределительный вал 18 уже находится в положении «Вперед» (поршень гидроцилиндра 10 под воздействием давления масла сдви-

нут влево), через рычаги 14, 16 и тягу 15 блокировочный клапан 13 будет открыт. Воздух поступит в систему пуска и к устройству регулирования топливopодачи. При возрастании частоты вращения коленчатого вала до 50—70 мин<sup>-1</sup> реле 22 частоты вращения и остановки закрывает клапан 25 и воздух из системы стравливается в атмосферу.

Для переключения работающего дизеля с переднего хода на задний маховик 2 из положения «Вперед» переводят в положение «Назад». В момент прохождения маховика положения «Стоп» рейка ТНВД займет с помощью специального устройства (на рис. 78 не показано) положение нулевой подачи. С выключением подачи топлива и уменьшением частоты вращения коленчатого вала до 30—20 мин<sup>-1</sup> реле 22 открывает клапан 25. Воздух по трубопроводу 1 поступает к открытому кулачной шайбой 4 клапану реверса назад 5 и далее к гидравлическому баллону 8. Воздух вытесняет масло из баллона 8 в левую полость гидроцилиндра 10, поршень которого перемещается вправо. Шток 17 передвигает вправо распределитель-

ный вал с кулачными шайбами. Распределительный вал 18 на конце имеет шлицы, поэтому его передвижение вдоль своей оси не вызывает перемещения шестерни 19, с помощью которой вал связан зубчатой передачей с коленчатым валом. В конце реверсирования через рычаги 14, 16 и тягу 15 клапан 13 под действием пружины закрывается, и с открытием блокировочного клапана 11 пуска на задний ход воздух по трубопроводу 12 поступит в магистраль к ГПК. При достижении коленчатым валом частоты вращения 50—70 мин<sup>-1</sup> клапан 25 сообщает систему реверсирования с атмосферой.

Ручное реверсирование осуществляется при повороте в разные стороны валика 20 и рычага 21. При работе пневмогидравлического привода валик 20 с рычагом выполняют роль обратной связи, т. е. через соответствующие устройства они фиксируют положение распределительного вала на посту управления двигателем. В крайнем положении рычаг 21, воздействуя на шариковую защелку, удерживает распределительный вал от самопроизвольного сдвига.

1. Как производится электростартерный пуск дизеля? 2. Какие основные элементы входят в систему пуска дизеля сжатым воздухом? 3. Как действуют пусковые клапаны? 4. Какие типы воздухораспределителей входят в системы пуска судовых дизелей? 5. Каков принцип работы воздухораспределителей с дисковым и цилинд-

рическими золотниками? 6. Поясните принцип действия главных пусковых клапанов дифференциального типа и с нагрудочным поршнем. 7. В чем сущность процесса реверсирования судовых дизелей? 8. Для чего в системе реверсирования включают различные блокировочные устройства?

### 13. СИСТЕМА ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ

**Общие сведения о постах управления.** Устройства, обеспечивающие реверсирование, пуск, изменение частоты вращения коленчатого вала и ос-

тановку дизеля, образуют систему управления. Органы управления, приводящие в действие систему, а также основные приборы текущего контроля

работы дизелей, средства связи и сигнализации, объединяют в одном конструктивном узле, называемом *постом управления*. Их подразделяют на *местные, дистанционные и центральные*. Местные посты управления (МПУ) монтируют непосредственно на двигателе. Дистанционные посты (ДПУ) размещают в рубке совместно с постом управления судном. С центральных постов (ЦПУ) управляют работой всех главных и вспомогательных дизелей. Монтируют ЦПУ в машинном помещении на некотором расстоянии от двигателей, поэтому их относят также и к дистанционным.

*Системы управления* в соответствии с типами постов также подразделяют на *местные и дистанционные*. В настоящее время на судах речного флота получили широкое распространение дистанционные системы неавтоматизированного (ДУ) и автоматизированного (ДАУ) управления.

Все операции по выводу дизеля на заданный режим работы в неавтоматизированных системах ДУ выполняет обслуживающий персонал в определенной последовательности. Перестановка органов управления для производства последующей операции возможна в этом случае только после завершения предыдущей, что представляет значительные трудности для судоводителя, обязанного к тому же еще и управлять судном. Поэтому в последние годы системой ДУ оборудуют только суда мощностью менее 220 кВт. На судах большей мощности устанавливают систему ДАУ, которая в отличие от системы ДУ обеспечивает изменение режимов работы дизеля в соответствии с заданной командой независимо от последовательности и скорости перемещения органов управления. Так, например, для изменения режима работы дизеля с «Полного вперед» на

«Полный назад» достаточно переместить орган управления (маховик или рукоятку) в положение «Полный назад», и дизель автоматически остановится, произойдет реверсирование и пуск его сжатым воздухом, а ТНВД подаст такое количество топлива в цилиндры, при сгорании которого коленчатый вал дизеля будет иметь заданную частоту вращения.

Таким образом, при ДУ обслуживающий персонал производит все операции по управлению отдельно и сам контролирует их выполнение, при ДАУ одним движением рукоятки (маховика) персонал задает программу операций, выполняемую автоматически в нужной последовательности и в заданном объеме. Для удобства управления судами шириной более 10 м системы ДАУ оборудуют бортовыми постами на крыльях мостика, работающими синхронно с основным постом в рулевой рубке. В соответствии с требованиями Речного Регистра РСФСР надежность систем ДУ и ДАУ должна обеспечивать их работу без настройки и регулирования не менее 3000 ч (одной навигации), а ресурс между ремонтами должен быть не менее 15 000 ч (пяти навигаций).

**Схемы систем ДУ.** На судах речного флота установлено большое число различных систем ДУ и ДАУ, различающихся объемом автоматизации и используемыми в них элементами. В общем виде система ДУ состоит из поста управления в рулевой рубке, дистанционной связи с местным постом и «встроенных» в дизель главного пускового клапана, распределительного вала, воздухораспределителя, пусковых клапанов, средств включения (выключения) реверс-редукторов (реверсивно-разобшительных муфт), контролирующих, сигнализирующих и других устройств.

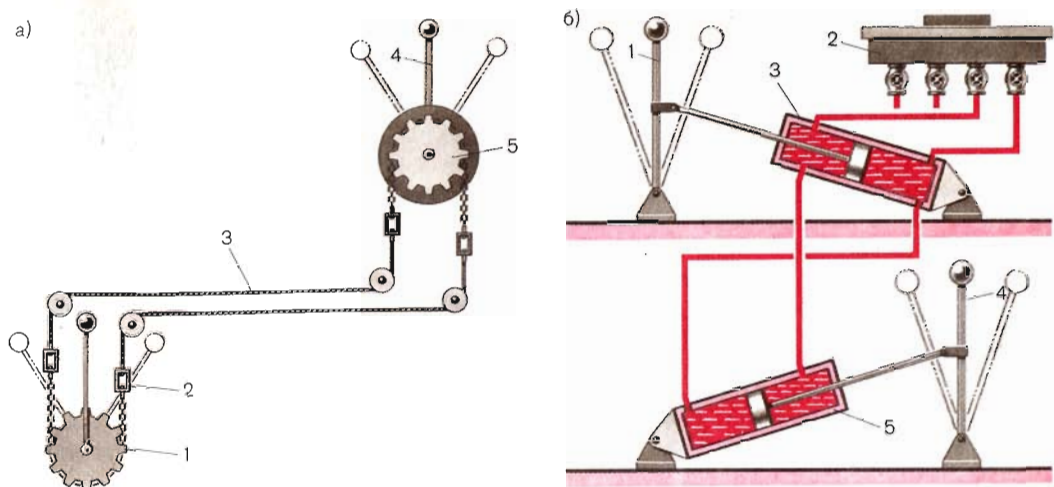


Рис. 79. Механическая и гидравлическая системы ДУ

По типу дистанционных связей (цепей) *неавтоматизированные системы управления* подразделяют на *механические, электрические, пневматические, гидравлические и комбинированные*. Наибольшее распространение на речных судах получили механические и гидравлические системы ДУ. В качестве механических дистанционных связей чаще всего используют канатные (тросиковые), рычажно-валиковые и смешанные механические цепи. При канатной связи (рис. 79, а) валики постов управления соединяют со звездочками (шкивами) 1 и 5. При повороте рукоятки 4 поста управления (их может быть в рулевой рубке и несколько) через шарнирные цепи (канаты) 3 заданную команду воспринимает валик МПУ. Силу натяжения канатов регулируют с помощью талрепов 2, представляющих собой стержни с правой и левой внутренней резьбой. При повороте таких стержней в разные стороны происходит подтягивание или ослабление канатов.

В рычажно-валиковых системах ДУ

связь постов управления осуществляется с помощью рычагов и валиков, а в смешанных системах — с помощью рычагов, валиков и канатов (цепей).

Механические цепи просты по устройству, надежны в работе, но они вытягиваются и не могут передавать значительные усилия. Поэтому их используют только на судах с расстоянием между постами не более 20—25 м.

Гидравлические дистанционные цепи получили наибольшее распространение в системах ДУ дизелей М 400, М 401, установленных на судах «Ракета». Пост управления в рулевой рубке на таких судах имеет рукоятку 1 (рис. 79, б) для включения и выключения реверсивной муфты и рукоятку регулирования частоты вращения коленчатого вала (на рис. 79, б не показана). Такие же рукоятки установлены и на МПУ. Рукоятка 1 шарнирно связана со штоком поршня гидроцилиндра 3, а рукоятка 4 — со штоком поршня гидроцилиндра 5. Полости гидроцилиндров соединены соответствующими трубопроводами с ма-

сляным баком 2. Рукоятки управления на постах поворачиваются синхронно. При перемещении рукоятки 1 на некоторый угол вправо масло из гидроцилиндра 3 перетекает в нижнюю полость гидроцилиндра 5, благодаря чему рукоятка 4 МПУ поворачивается на тот же угол вправо и реверсивная муфта переключается в положение «Назад». Для предотвращения самопроизвольного смещения рукоятки снабжены фиксаторами положения.

Сила, приложенная к рукоятке (маховику) управления, должна в соответствии с требованиями Речного Регистра РСФСР составлять 0,05—9,1 кН, а переключение системы на работу с ДПУ на МПУ или наоборот должно осуществляться с поста управления в машинном помещении в течение не более чем 10 с.

**Пневматическая система ДАУ дизелей 6ЧРН 32/48.** Дизели 6ЧРН 32/48 на речных судах эксплуатируют в большинстве случаев с ДАУ конструкции ЦТКБ Минречфлота.

Состав системы. В схему ДАУ конструкции ЦТКБ (рис. 80) входят: пост на двигателе с валом управления 10, кулачки с соответствующими клапанами, обеспечивающими формирование пневматических сигналов для различных частот вращения коленчатого вала дизеля при его работе на передний и задний ход; блок разгрузки и пуска, состоящий из золотника 29 управления пуском и пневмоцилиндра с рукояткой ручного пуска, клапана сброса 28; тормозное устройство 35 с клапаном управления 36; реле 23 частоты вращения и остановки. Частота вращения коленчатого вала дизеля поддерживается в заданных пределах с помощью регулятора 1.

В цепи пуска и реверсирования воздух поступает по трубопроводам

33 и 15 под давлением 3 МПа, в трубопровод 37 цепи управления тормозом (через редукционный клапан 34) — под давлением 1,2 МПа, а в трубопровод цепи 21 управления подачей топлива (через клапан 24 и фильтр 22) — под давлением 0,4 МПа. Командный сигнал с МПУ подается в систему маховиком 2, связанным с валом управления 10, на котором закреплены кулачки 4, 11, 12 и шайба наполнения 9 (в виде эксцентрика). Кулачок 11 управляет клапаном 13 реверса «Вперед», кулачок 12 — клапаном 14 реверса «Назад».

Кулачок 4 через соответствующие рычаги и тяги, защелку 7 и клапан 38 воздействует на рейку 39 ТНВД и тормозное устройство 35. Шайба наполнения 9 через клапан 8 и регулятор скорости 1 управляет подачей топлива в цилиндры дизеля. Дистанционный пост управления соединен с МПУ механической передачей 3.

Система ДАУ обеспечивает дистанционный автоматический пуск, изменение режимов работы, контроль работы и остановку дизеля, управление с местного поста при отключении канатной связи с ДПУ и аварийную остановку дизеля.

Элементы системы показаны на рис. 80 в положении «Стоп». Дизель подготовлен к пуску на задний ход. Клапан 8 управления подачей топлива открыт и воздух по трубопроводу 21 поступает в мембранную полость регулятора скорости 1. Однако тяга 6 зафиксирована защелкой 7 в положении, при котором она через систему рычагов удерживает рейку 39 ТНВД на нулевой подаче топлива. Тяга 6 держит при этом открытым клапан 38 управления тормозным устройством 35. Сжатый воздух через клапан 38 и клапан разгрузки 36 заполняет поршневую полость тормозного устройства. Колен-

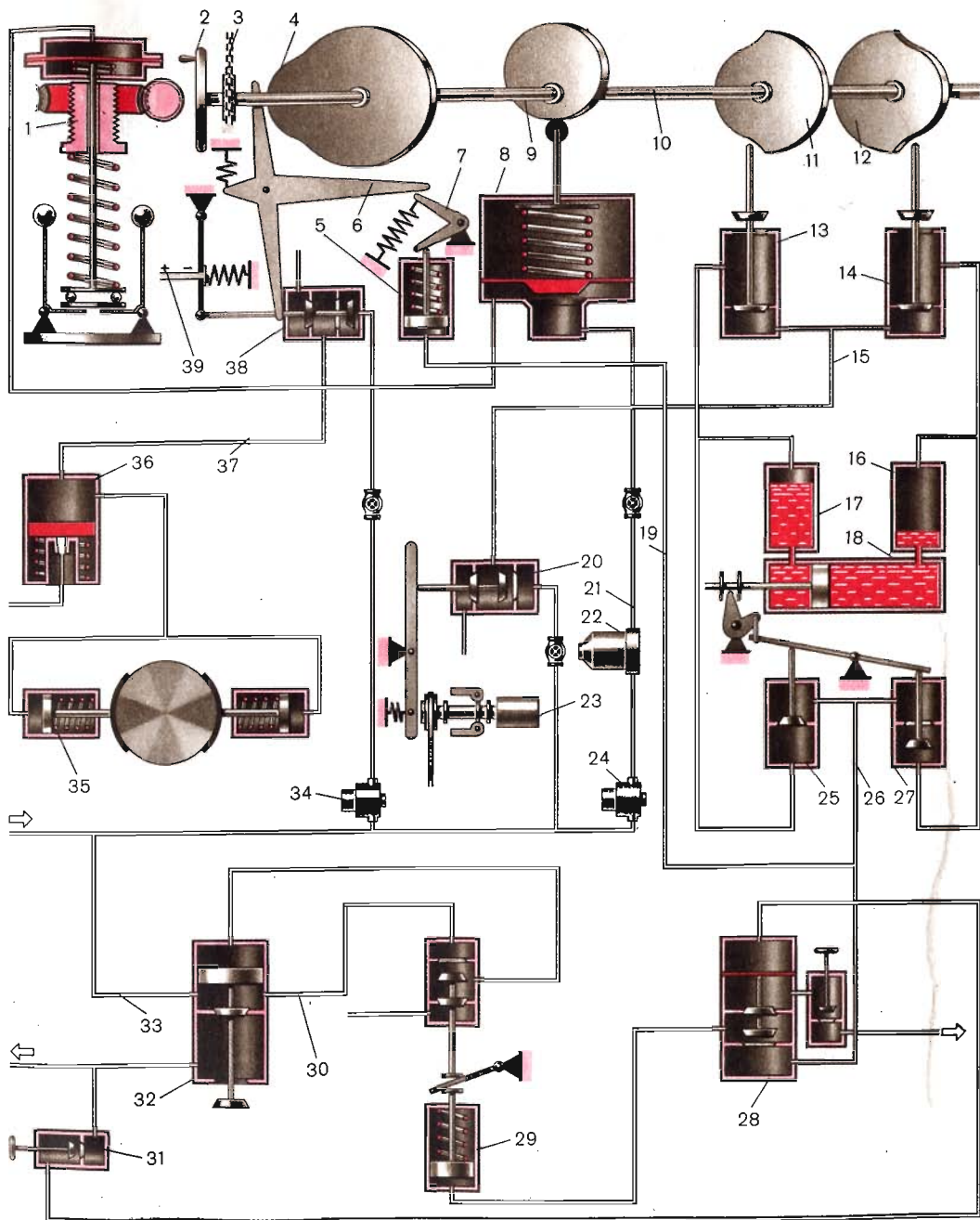


Рис. 80. Пневматическая система ДАУ дизелей 64PH 32/48

чатый вал дизеля заторможен. Реле частоты вращения и остановки держит открытым клапан управления 20 и воздух по трубопроводу 15 поступает в цепь реверса. Клапаны 13 и 14 при указанном положении кулачков 11 и 12 закрыты и доступ воздуха к гидравлическим баллонам 16 и 17 перекрыт. Цепь пуска в этом случае также находится под давлением воздуха. По трубопроводу 33 воздух поступает под разгрузочный поршень главного пускового клапана 32 и далее по трубопроводу 30 через открытый золотник управления пуском 29 проходит в верхнюю (надпоршневую) полость ГПК. Главный пусковой клапан закрыт.

Пуск дизеля без реверсированья. Рассмотрим принцип работы элементов системы при повороте маховика 2 в положение «Назад». Вал управления 10 поворачивает на определенный угол кулачки 4, 11, 12 и шайбу наполнения 9. В зависимости от заданного режима работы дизеля шайба наполнения изменяет силу натяжения пружины клапана 8, а следовательно, и давление воздуха в мембранной полости регулятора скорости 1. Однако рейка ТНВД остается в положении, соответствующем нулевой подаче топлива, так как тяга 6 застопорена защелкой 7 и не воспринимает воздействия кулачка 4. Кулачок 12 открывает клапан 14 реверса «Назад». Через открытые клапаны 20 и 14 воздух поступает в гидравлический баллон реверса заднего хода 16 и к клапану пуска назад 27.

Распределительный вал находится в положении «Назад» и рычажное блокировочное устройство держит клапан 27 открытым. Следовательно, воздух через него по трубопроводу 26 поступает к клапану 28 и по трубопроводу 19 — к пневмоцилиндру 5. Поршень последнего сбрасывает защелку

7 и тяга 6 под действием пружины выводит рейку ТНВД из положения «Стоп». Клапан 38 управления тормозным устройством при повороте тяги 6 по часовой стрелке закрывается и воздух из тормозного устройства через клапан 36 выпускается в атмосферу. Колодки тормозов отжимаются пружинами и коленчатый вал дизеля растормаживается. В то же время воздух через клапан 28 поступает в нижнюю полость пневмоцилиндра золотника управления пуском 29. Поршень пневмоцилиндра сдвигает клапан золотника вверх. Верхняя полость ГПК сообщается с атмосферой, ГПК открывается и воздух поступает в цилиндры дизеля.

При возрастании частоты вращения коленчатого вала воздух из пусковой магистрали через регулируемый дроссельный клапан 31 поступает в мембранную полость клапана сброса нагрузки 28. По достижении пусковой частоты вращения вала клапан 28 закрывается. Воздух из нижней полости пневмоцилиндра золотника управления пуском 29 выпускается в атмосферу и клапан золотника смещается вниз. По трубопроводу 30 воздух поступает в верхнюю полость ГПК и закрывает его. Подача воздуха к пусковым клапанам прекращается. Продолжительность пускового режима дизеля регулируют дроссельным клапаном 31 и сменным дросселем клапана сброса нагрузки 28. При возрастании частоты вращения коленчатого вала до 50—70 мин<sup>-1</sup> реле 23 закрывает клапан 20 и воздух из системы управления выпускается в атмосферу. Дизель продолжает работать на топливе. Заданный скоростной режим поддерживается с помощью регулятора 1.

Остановка, реверсирование и пуск дизеля. Для переключения работающего дизеля с заднего



хода на передний маховик 2 из положения «Назад» переводят в положение «Вперед». Клапан 14 закрывается, а клапан 13 открывается. В момент прохождения клапаном положения «Стоп» кулачок 4 через рычаг и тягу 6 устанавливает рейку 39 ТНВД в положение, соответствующее нулевой подаче, и открывает клапан управления 38. С открытием клапана 38 воздух поступает в поршневую полость тормозного устройства 35 и при выключенной подаче топлива начнет снижаться частота вращения коленчатого вала. Когда она понизится до 30—20 мин<sup>-1</sup>, реле 23 откроет клапан 20. Воздух по трубопроводу 15 поступит в цепь реверса через клапан 13 к гидравлическому баллону 17 и клапану 25. Под давлением воздуха масло из гидравлического баллона 17 вытесняется в левую полость исполнительного механизма 18.

Как только распределительный вал займет положение «Вперед», рычажное блокировочное устройство закроет клапан 27 и откроет клапан управления пуском переднего хода 25. Воздух по трубопроводам 26, 19 поступит к клапану сброса нагрузки 28 и пневмоцилиндру 5. Зашелка освободит тягу 6. Рейка ТНВД выйдет из положения «Стоп». Клапан 38 закроется и начнется растормаживание коленчатого вала. Одновременно по трубопроводу 26 через клапан сброса нагрузки 28 воздух поступает в поршневую полость золотника управления пуском 29. Откроется ГПК и произойдет пуск дизеля. Перевод дизеля на топливо и заданный режим работы происходит в указанной выше последовательности.

**Гидравлическая система ДАУ дизелей 6ЧСП 18/22.** Пуск и остановку дизеля с МПУ производят поворотом вала управления 29 рукояткой 28 (рис. 81), а включение, выключение

реверс-редуктора и изменение подачи топлива с МПУ — поворотом маховика управления 3, который соединен с валом 13. На этом валу закреплены кулачок 12 и эксцентриковая шайба наполнения 4. Кулачок 12 через рычажно-валиковую передачу воздействует на золотник (распределитель) 17, при повороте которого реверс-редуктор переводится на заданный ход. Шайба наполнения 4 управляет подачей топлива в цилиндры дизеля.

Когда дизель не работает, маховик управления 3 занимает положение «Стоп», реверс-редуктор выключен. Шайба наполнения 4 не соприкасается со стаканом 7 регулятора, а пружина 2 сжата задающим устройством (стаканом 7 и регулировочным винтом 6) до положения, при котором цикловая подача топлива может обеспечивать только минимально устойчивую частоту вращения коленчатого вала.

Для подключения системы к ДПУ вал 13 с помощью муфты сцепления 14 соединяют с ротором лопастного исполнительного механизма. Обычно «холодный» дизель пускают с местного поста управления при выключенной муфте сцепления 14. С МПУ изменяют также и частоту вращения коленчатого вала при работе дизеля на холостом ходу. При включении дизеля в работу рукоятку 28 переводят в положение «Пуск» и вал управления 29 рычажной передачей 20 открывает разгрузочный клапан 19. Воздух через отверстие *a* выпускается из-под ГПК в атмосферу. Главный пусковой клапан 18 открывается и пропускает воздух в пневмоцилиндр 16 предпусковой прокачки дизеля маслом. Внутри пневмоцилиндра 16 на общем штоке установлены два поршня. При движении поршней вверх (как показано на рис. 81) во время работы и остановки дизеля через правый обратный



ния реверс-редуктора. Шайба наполнения 4 через стакан 7 сжимает пружину 2. Стакан 1 регулятора смещается вниз, и рычаг 8 под действием пружины 9 передвигает тягу 27 рейки ТНВД в положение, соответствующее заданной подаче топлива.

Чтобы остановить дизель, рукоятку 28 переводят из нейтрального положения в положение «Стоп». Рычаг 21 через механическую передачу 25, 24, 26, 27 сдвигает рейку ТНВД влево и частота вращения коленчатого вала начинает снижаться.

При уменьшении частоты вращения вала маховик управления 3 устанавливают в положение «Стоп» и выключают реверс-редуктор. Пуск и остановку

дизеля с ДПУ производят в рассмотренном порядке через дистанционную связь 15, а регулирование работы при включенной муфте 14 — посредством дистанционной связи 30. При повороте вала 13 кулачок 12 в этом случае через систему рычагов и тяг устанавливает золотник (распределитель) 17 в рабочее положение. Под давлением масла, создаваемым специальным насосом, реверс-редуктор переводит валопровод на передний или задний ход. Шайба наполнения 4 при этом сжимает пружину 2 регулятора и рейка ТНВД передвигается в положение, соответствующее заданной подаче топлива. Дизель переходит на заданный режим работы.

---

1. Чем отличаются системы ДУ от ДАУ? 2. Из каких основных элементов состоит пневматическая система ДАУ дизелей? 3. Как осуществляются пуск дизелей и регулирование их режимов работы с помощью пневматической системы ДАУ? 4. Какие основные элементы входят в состав гидравлического ДАУ

дизелей ЧСП 18/22? 5. В чем заключается особенность управления дизелями ЧСП 18/22 с местного поста? 6. Как обеспечиваются пуск, реверсирование и регулирование режимов работы дизелей ЧСП 18/22 с дистанционного поста управления? 7. Как осуществляют остановку дизеля?

---

#### 14. СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ, СИГНАЛИЗАЦИИ И ЗАЩИТЫ

**Общие сведения о приборах контроля.** Качество работы энергетических установок контролируют с помощью различных измерительных приборов, определяющих температуру, давление, уровень, расход, химический состав рабочих тел (газа, жидкости), частоту вращения коленчатого вала, мощность дизеля и другие параметры. Контроль за работой СЭУ может быть *оперативным* и *учетным*. При оперативном контроле определяют значение какого-либо параметра (давления, температуры, уровня и др.) в данный момент. С помощью учетного контроля можно оценить изменение параметра за опре-

деленный промежуток времени (час, вахту, сутки, навигацию).

По способу показаний КИП делят на *указывающие*, *самопишущие* и *сигнализирующие*. Указывающими приборами измеряемый параметр определяют в каждый момент с помощью подвижного указателя (стрелки). Самопишущие приборы автоматически ведут непрерывную запись результатов измерений. С помощью суммирующих приборов можно определить расход топлива и воды, количество оборотов и т. п. за какой-либо выбранный промежуток времени (час, вахту, сутки навигацию).

Сигнализирующие приборы обеспечивают подачу светового или звукового сигнала или того и другого одновременно при достижении измеряемым параметром предельных значений.

В зависимости от расстояния, с которого наблюдают за показаниями КИП, их подразделяют на *местные* и *дистанционные*. С помощью КИП можно осуществлять постоянный или периодический контроль за работой установки. Приборы для постоянного контроля (их называют штатными или стационарными) устанавливают на дизеле постоянно, а приборы для периодического контроля подключают к механизмам и системам дизеля при необходимости. Число, тип и место размещения стационарных КИП определяют Правила Речного Регистра РСФСР и инструкциями по технической эксплуатации дизелей.

**Измерители уровня жидкости.** Простейший измеритель уровня жидкости представляет собой стеклянную трубку 3 (рис. 82, а), смонтированную в специальном защищающем ее от повреждений корпусе. Трубка сообщается

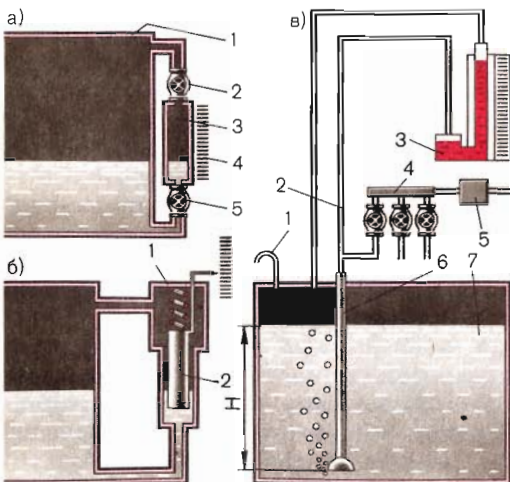


Рис. 82. Измерители уровня

с объектом контроля 1 через краны 2 и 5. Количество жидкости в объекте определяют по шкале 4. Для более четкого изображения границы уровня в мерном стекле внутрь его вставляют капроновый ярко окрашенный стержень.

Широкое применение на судах получили поплавковые уровнемеры. Поплавки в измерителях уровня выполняют в виде пустотелого шара или пустотелого цилиндра 2 (рис. 82, б), нагруженного пружиной. Их располагают внутри цистерны и в выносной камере 1, соединенной с объектом контроля соответствующими трубками. На шкале уровнемеров наносят контрольные отметки, соответствующие рабочему и предельно допустимому уровням жидкости в контролируемом объекте.

Рассмотренные уровнемеры просты по конструкции и принципу работы. Однако из-за трения в соединениях они обладают малой чувствительностью, при качке судна могут давать ложные показания и не всегда обеспечивают дистанционный контроль измерений.

Из дистанционных указателей уровня наибольшее распространение на судах получили пневматические уровнемеры. Упрощенная схема такого измерителя показана на рис. 82, в.

В контролируемой цистерне 7 вертикально установлена труба 6, соединенная с камерой колоколообразной формы. Для измерения уровня жидкости в цистерне через редукционный клапан 5 и распределительный коллектор 4 по трубе 6 в камеру подается воздух под давлением 0,3 МПа. Преодолевая гидростатическое давление  $H$ , воздух вытесняет жидкость из-под колоколообразной камеры и излишек его выпускается через трубопровод 1 в атмосферу. Давление

в измерительной трубке 2 при этом будет пропорционально уровню груза в цистерне. Уровень жидкости определяют по показаниям манометра 3, шкала которого градуирована в сантиметрах или метрах.

**Манометры и вакуумметры.** Для измерения давлений используют в основном деформационные (механические) манометры. Деформационный манометр (рис. 83) состоит из корпуса, внутри которого размещена трубка 4 эллиптического сечения, запаянная с одного конца и другим концом соединенная через штуцер 7 с измеряемой средой. При повышении давления внутри трубки 4 она стремится выпрямиться, а при уменьшении давления — наоборот, сжаться. Под давлением среды свободный конец трубки, перемещаясь, через тягу 5, зубчатый сектор 6 и шестерню 2 поворачивает стрелку 3 в разные стороны. Спиральная пружина 1 жестко соединена одним концом с осью стрелки, а другим — с корпусом манометра. Благодаря пружине обеспечивается непрерывный контакт в сочленениях передаточного механизма, исключается влияние зазоров на показания прибора.

Контроль за разрежением среды осуществляют с помощью вакуумметров. Они имеют такую же конструкцию и принцип работы, как и манометры. Разница между ними заключается только в том, что трубка манометра при увеличении давления среды разжимается, а трубка вакуумметра сжимается с повышением разрежения.

Манометры и вакуумметры могут быть объединены в общий корпус. Таким прибором (мановакуумметром) измеряют давление и разрежение среды.

Максимальное давление газов в цилиндрах определяют максиметром (рис. 84), состоящим из корпуса

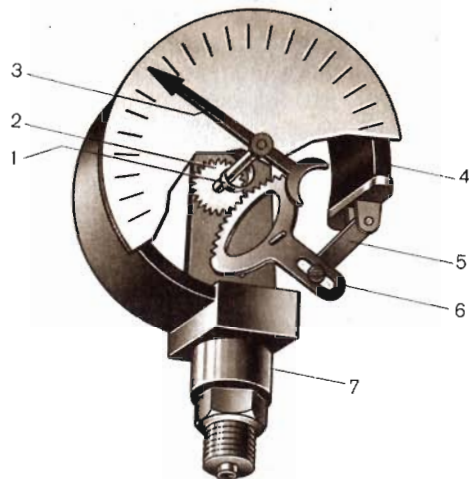


Рис. 83. Деформационный манометр

1 и манометра 9. Для уменьшения вибрации и нагревания манометра между ним и корпусом прибора установлена спиральная трубка 8. Для лучшего отвода теплоты корпус имеет ребра 5. В корпусе смонтированы: фильтр 7, для предотвращения попадания в прибор частичек несгорев-

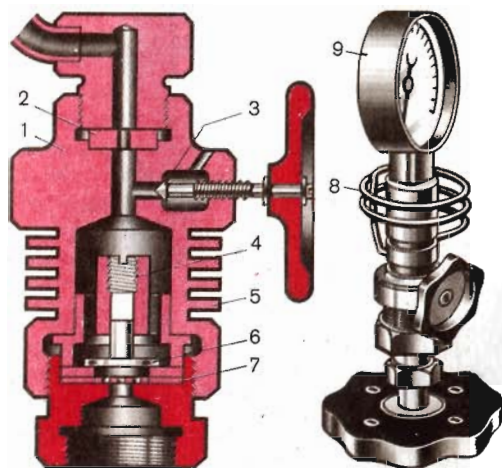


Рис. 84. Максиметр

шего топлива; дроссель 2 для достижения плавного повышения давления и уменьшения колебания стрелки манометра; игольчатый клапан 3, через который газы после измерения удаляются из прибора; обратный клапан 6 для предотвращения снижения давления в рабочей полости прибора при уменьшении его в цилиндре.

Высоту подъема обратного клапана регулируют винтом 4. Для выполнения измерений максиметр соединяют с индикаторным краном накладной гайкой.

**Термометры.** Температуру газов, воды, топлива, смазочного масла в судовых условиях контролируют с помощью ртутных, термоэлектрических и манометрических термометров.

Ртутные жидкостные термометры (рис. 85, а) выпускают прямыми 1 и

угловыми 2. В зависимости от предела измерения температуры они имеют номера от первого до одиннадцатого. Наибольший номер соответствует наибольшему пределу измерения. Для измерения температуры и сигнализации о достижении ею предельных значений применяют электроконтактные ртутные термометры 3, которые сравнительно дешевы, просты по устройству, легко монтируются на объектах измерения. Однако они не обеспечивают дистанционного контроля. Область применения ртутных термометров ограничивается также их небольшой прочностью.

Термоэлектрические термометры (их называют также термопарами) используют для измерения температуры выпускных газов. Они состоят из двух

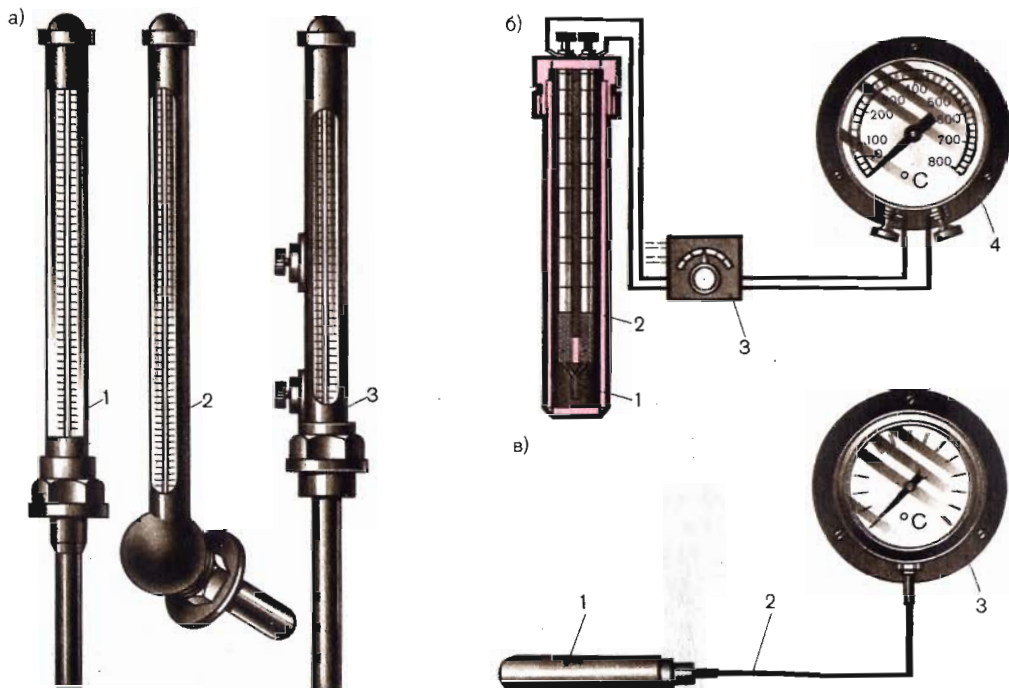


Рис. 85. Термометры

разнородных по материалу электродов 1 (рис. 85, б), спаянных на конце. За исключением места спая, электроды изолированы один от другого и от корпуса 2. Свободные концы электродов подключены к милливольтметру 4. При нагревании или охлаждении спая изменяется значение электродвижущей силы на свободных концах электродов, что фиксируется милливольтметром, шкала которого градуирована в единицах температуры. Каждая из термопар, установленная на выпускном патрубке газопровода дизеля, может быть подключена к общему милливольтметру 4 переключателем 3.

Манометрический термометр представляет собой герметически замкнутый контур (рис. 85, в), состоящий из термометрического баллона 1, манометра 3 и капиллярной трубки 2. Термометрический баллон заполняют ксилолом, метиловым спиртом или другой легкоиспаряющейся жидкостью или инертным газом (обычно азотом) и помещают в среду, температуру которой измеряют. Интенсивность испарения жидкости в термометрическом баллоне при изменении температуры среды увеличивается или уменьшается. При этом изменяется давление в капиллярной трубке и стрелка манометра поворачивается на соответствующий угол. Шкала манометра тарирована в градусах Цельсия. Манометрические термометры широко применяют на судах для дистанционной передачи показаний.

**Тахометры.** Частоту вращения коленчатого вала измеряют механическими и электрическими тахометрами. На судах в качестве механических применяют в основном центробежные тахометры (рис. 86). С валом 1 тахометра соединен груз в виде кольца 3. При вращении вала груз, свободно закрепленный на оси 2, скручивает

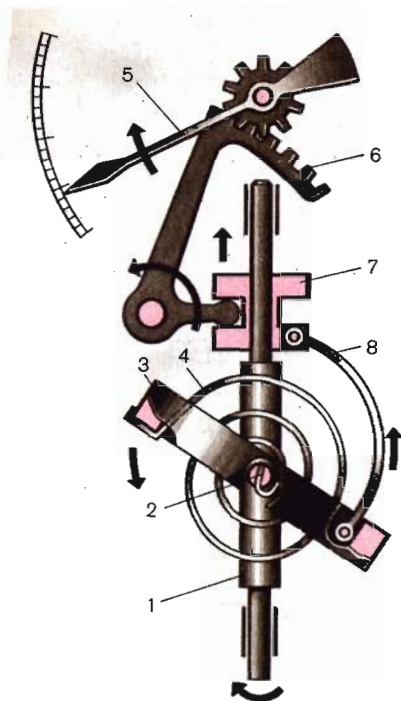


Рис. 86. Механический тахометр

спиральную пружину 4 и стремится занять горизонтальное положение. Стрелка 5 прибора при повороте груза на угол, пропорциональный частоте вращения коленчатого вала, через зубчатый сектор 6, муфту 7 и тягу 8 изменяет свое положение относительно неподвижной шкалы.

Из электрических наибольшее распространение получили тахометры типа МЭТ, состоящие из генератора 1 постоянного тока, соединительного кабеля 2 и нескольких измерителей 3 (рис. 87). Вал генератора приводится во вращение через зубчатую или цепную передачу 4 от валопротода 5.

Магнитная система генератора представляет собой несколько магнитов, расположенных в статоре. Якорь на-

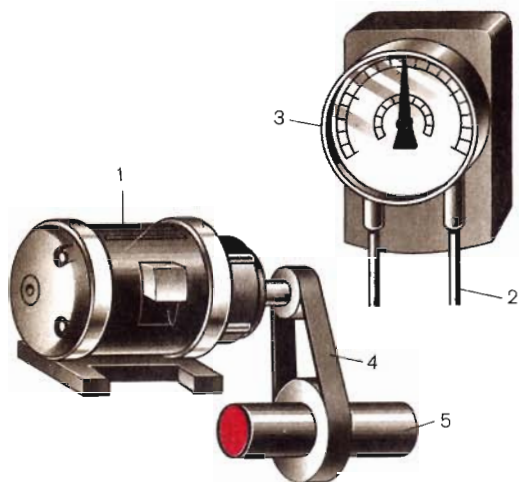


Рис. 87. Электрический тахометр

бран из отдельных пластин, в лазах которых уложена обмотка.

Ток, вырабатываемый генератором, пропорциональный частоте вращения якоря, с щеток коллектора поступает к магнитоэлектрическим вольтметрам, шкала которых градуирована в оборотах в минуту.

**Системы контроля.** Наблюдать за показаниями большого числа КИП, рассредоточенных по различным объектам СЭУ, невозможно без автоматизации средств контроля. Автоматический контроль за работой энергетической установки осуществляется путем непрерывного измерения ее основных параметров и подачи на пост управления световых сигналов при отклонении этих параметров от заданных значений. Число контролируемых параметров зависит от типа установки и способов управления ею. При наличии ДАУ обслуживающий персонал не находится постоянно в машинном помещении, поэтому число контролируемых параметров резко возрастает.

В зависимости от выполняемых

функций *автоматические системы сигнализации* подразделяют по назначению на системы *дистанционной индикации, исполнительные, предупредительные, аварийные и предупредительно-аварийные.*

Системы дистанционной индикации служат для измерения параметров работы или определения состояния судовой техники и представляют собой измерительные приборы, указатели которых устанавливают на дистанционных постах управления.

Системы исполнительной сигнализации оповещают обслуживающий персонал о выполнении заданных команд управляющими устройствами, например об открытии или закрытии клапанов, включении или выключении тех или иных механизмов, наличии питания в цепи управления и т. п.

Системы предупредительной сигнализации извещают обслуживающий персонал об отклонении контролируемых параметров от допустимых значений.

Аварийные системы сигнализации оповещают обслуживающий персонал о достижении контролируемыми параметрами предельных значений и срабатывании автоматической защиты. В отличие от систем сигнализации устройства автоматической защиты изменяют режим работы или выводят из действия тот или иной объект при его предаварийном состоянии.

Судовые энергетические установки оборудуют системами предупредительно-аварийной сигнализации с отключаемой защитой (СПАСЗО), т. е. при использовании этих систем действие автоматической защиты можно приостановить, хотя контролируемый параметр и достиг аварийного значения. Исключение составляет неотключаемая защита по частоте вращения коленчатого вала дизеля. Она срабатывает



при повышении частоты вращения на 15—25% более номинальной. В этом случае устройство защиты (стоп-устройство) останавливает дизель. Ввод дизелей в работу после их остановки производят только с местного поста управления.

Большинство находящихся в настоящее время в эксплуатации судов отечественной и зарубежной постройки оснащено различными приборами дистанционного контроля и сигнализации работы СЭУ. На постах управления судном и в ЦПУ устанавливают предупредительно-аварийную автоматическую сигнализацию по следующим параметрам:

*максимальным температурам:* масла в смазочных системах дизелей и вального упорного подшипника валопровода (на судах мощностью более 1440 кВт); воды в системе охлаждения дизелей, автономных компрессоров (на судах мощностью более 440 кВт); выпускных газов по цилиндрам дизеля (на судах мощностью более 1440 кВт);

*минимальным давлениям:* масла в смазочной системе на входе в дизель, в реверс-редукторной передаче и в смазочной системе автономных компрессоров (на судах мощностью более 1440 кВт); воды во внутреннем контуре охлаждения установок с автономными насосами охлаждения, во внешнем контуре охлаждения у двигателей судов, эксплуатирующихся в ледовых условиях, в трубопроводе прокачки дейдвудного подшипника валопровода (на судах мощностью более 1440 кВт); воздуха в баллонах;

*минимальным уровням:* топлива в расходных цистернах и воды в расширительной цистерне системы охлаждения (на судах мощностью более 440 кВт);

*максимальным уровням:* в цистернах сливного и грязного топлива (на судах мощностью более 1440 кВт);

*максимальной частоте вращения коленчатого вала.*

Кроме средств предупредительно-аварийной сигнализации, посты управления оборудуют приборами дистанционной индикации: частоты вращения коленчатого вала главных дизелей и направления вращения движителей; давления смазочного масла на входе в дизель и в реверс-редукторной передаче; давления воздуха в пусковых баллонах и системах управления; температуры охлаждающей воды во внутреннем контуре на выходе из дизеля, а также приборами исполнительной сигнализации: о пуске резервных насосов, автономных компрессоров, работе генераторов, положении различных клапанов, кранов, клинкетов и т. д.

**Основные элементы систем сигнализации и защиты.** К основным элементам СПАСЗО относят первичные преобразователи, реагирующие на предельные отклонения контролируемых параметров, вторичные преобразователи (диоды, резисторы, конденсаторы, световые и звуковые сигнализаторы) и связывающие их электрические цепи. В качестве первичных преобразователей температуры и давления в основном используют манометрические комбинированные реле и контактные реле давления. Манометрические комбинированные реле (КРМ) работают по принципу манометрического термометра. Чувствительным элементом реле является сильфон 7 (рис. 88, а), нагруженный пружиной 2. Внутренняя полость его через штуцер соединена капиллярной трубкой с термобаллоном 8, смонтированным в смазочную или водяную магистраль. К верхнему подвижному доньшку сильфона прикреплен шток 6. При повышении температуры масла

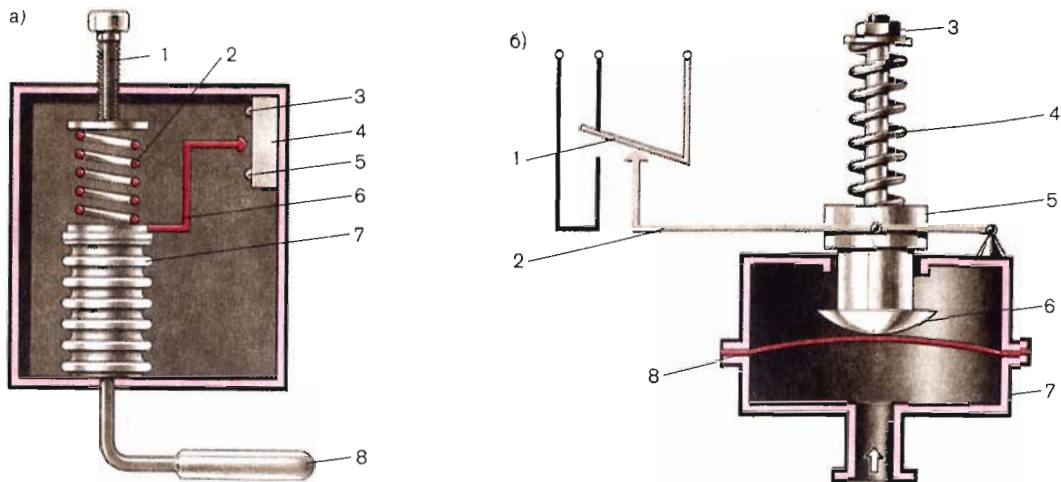


Рис. 88. Реле температуры и давления

(воды) давление паров легкоиспаряющейся жидкости в термобаллоне повышается и шток *б* замыкает контакты *3* микропереключателя *4*. С понижением температуры перемещение штока вниз осуществляется под действием пружины *2*, сила натяжения которой регулируется винтом *1*. В этом случае замыкается контакт *5* микропереключателя. Несколько таких измерительных преобразователей (от одного до четырех) встраивают в общий корпус реле; по числу контролируемых параметров им соответственно присваивают индекс КРМ1, КРМ2, КРМ3, КРМ4.

Указанные измерительные преобразователи используют и для контроля давления среды. Комбинированные реле в качестве реле давления вместо термобаллона и капиллярной трубки имеют ниппель с прокладкой и накидной гайкой для присоединения трубопровода, подающего смазочное масло (воду) в полость сильфона.

Контактное реле давления (РДК) состоит из трех основных частей: корпуса, контактной системы и регу-

лирующего устройства (рис. 88, б). В нижней части корпуса *7* (на рис. 88, б показана его левая половина) установлены поршни *б* и мембраны *8*. Колонки поршней упираются в подушку *5*. В верхней части корпуса смонтированы контактная система (микропереключателя) *2*, рычаги *1* и регулирующее устройство. Последнее состоит из пружин *4*, установленных на стержнях, которые жестко связаны с корпусом. Силу натяжения пружин *4* регулируют гайками *3*. При изменении давления среды один из микропереключателей размыкает или замыкает цепь при нижнем, другой — при верхнем пределе давления.

К основным параметрам срабатывания аварийной защиты дизелей относят, как правило, минимально допустимое давление в смазочной системе и предельное значение частоты вращения коленчатого вала.

Падение давления масла в смазочной системе может привести к предаварийному режиму продолжительностью 1—3 мин, после чего возмож-

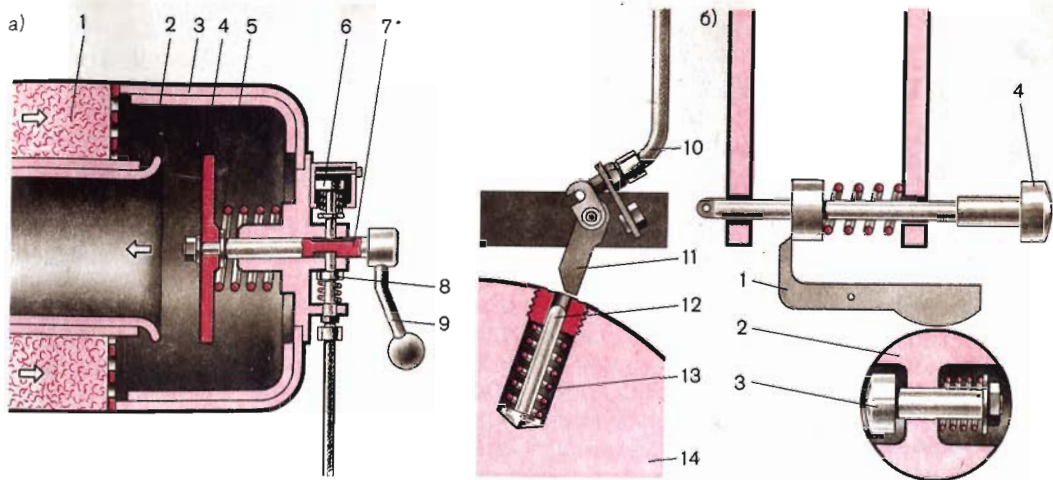


Рис. 89. Инерционные выключатели

на авария дизеля. При сверхвысокой частоте вращения коленчатого вала дизель может пойти вразнос, что также может привести к повреждениям. Предварийный режим очень кратковременен и обслуживающий персонал может его не заметить. Поэтому в установках с одним дизелем применяют автоматическую защиту только по частоте вращения коленчатого вала, так как при срабатывании автоматической защиты остановка дизеля на судах с одним главным двигателем может при определенных условиях создать аварийные ситуации для судна в целом. В установках с двумя и более дизелями автоматическую защиту осуществляют по частоте вращения вала и давлению в смазочной системе.

При достижении коленчатым валом дизеля предельной частоты вращения автоматическая защита выключает подачу топлива в цилиндры и одновременно через систему тяг и рычагов специальной заслонкой перекрывается впускной коллектор. Подача воздуха в камеры сгорания прекращается,

что при выключенной подаче топлива приводит к резкому снижению частоты вращения вала дизеля.

Для защиты дизеля от «разноса» чаще всего используют автоматические предельные выключатели инерционного типа. Один из таких выключателей, установленных на дизелях 6ЧСП 18/22, показан на рис. 89, а. При нормальной работе дизеля заслонка 4 удерживается штифтом 8 в положении, указанном на рис. 89, а, воздух через фильтрующую сетку 1 и патрубок 2 поступает к дизелю. При увеличении частоты вращения коленчатого вала до установленных пределов стержень 12, сжимая пружину 13, под действием центробежных сил выдвигается из обода маховика 14 и поворачивает рычаг 11 против часовой стрелки. Рычаг воздействует на закрепленный с ним в специальной оболочке гибкий канат 10, оканчивающийся штифтом 8. Последний освобождает шток 7 и заслонка 4 воздушного фильтра 3 под действием пружины 5 смещается влево и перекрывает патрубок 2. Подача воздуха к ди-

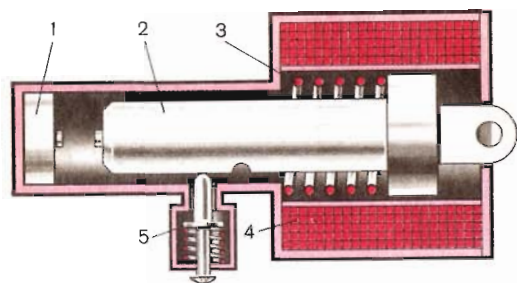


Рис. 90. Электромагнитное стоп-устройство

зелю прекращается. Одновременно с помощью переключателя 6 срабатывают приборы аварийной сигнализации. Для открытия патрубка 2 заслонку 4 перемещают рукояткой 9 в правое крайнее положение, при котором шток 7 стопорится штифтом 8.

Ряд дизелей оборудован инерционными выключателями со стержнем 3 (рис. 89, б), смонтированным в специальном диске распределительного вала 2. Центр тяжести вращающейся массы измерительного преобразователя расположен эксцентрично по отношению к оси вала. Возникающие в стержне 3 центробежные силы инерции уравновешиваются пружиной до тех пор, пока частота вращения вала не превысит установленных пределов.

С превышением предельной частоты вращения стержень сместится в сто-

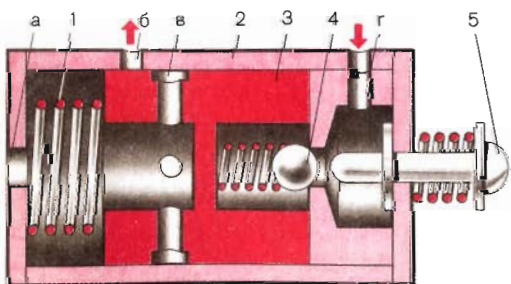


Рис. 91. Автомат защиты дизелей 6ЧСП 15/18

рону от центра, рычаг 4 освободится от защелки 1 и закроет воздушную заслонку на всасывающем трубопроводе дизеля. Для повторного пуска дизеля необходимо вручную установить защелку в положение, указанное на рис. 89, б.

Некоторые дизели, в большинстве случаев вспомогательные, для экстренной остановки при падении давления масла ниже допустимых по инструкции значений оборудуют электромагнитными стоп-устройствами (рис. 90). На схеме устройства показано в нерабочем состоянии. Сердечник 2 занимает крайнее правое положение и не оказывает никакого воздействия на рейку ТНВД. Обмотка 4 электромагнита обесточена. Когда для остановки дизеля через реле частоты вращения и микропереключатель 1 подается питание на обмотку 4, магнитное поле тягивает, сжимая пружину 3, сердечник 2, связанный с рейкой ТНВД. Рейка передвигается в положение нулевой подачи топлива и дизель останавливается. Сердечник 2 в крайнем левом положении стопорится фиксатором 5. Одновременно через микропереключатель 1 прекращается подача питания на обмотку электромагнита. В нерабочее положение сердечник возвращает пружина 3 при вытягивании фиксатора 5.

На рис. 91 показана схема автоматического выключателя, смонтированного на дизелях 6ЧСП 15/18. Выключатель каналами а и б соединен с топливной магистралью до ТНВД, каналом г — со смазочной системой дизеля. Шариковый клапан 4 препятствует просачиванию топлива в смазочную магистраль неработающего дизеля. Топливо поступает в магистраль к ТНВД только в том случае, если окно в золотника 3 совпадает с каналом б в корпусе 2 выключателя.

А совпадают они только тогда, когда в смазочной системе дизеля поддерживается нормальное давление и золотник 3 сдвинут влево. При падении давления в смазочной системе (и канале 2) пружина 1 смещает золотник 3 вправо. Канал б перекрывается и подача топлива к ТНВД прекращается. Золотник можно сдвинуть влево при нажатии на головку 5. Так же действуют и реле максимальных температур воды или смазочного масла. При повышении температуры, а следовательно, и давления жидкости в термобаллоне сильфон реле прогибается и через систему рычагов перекрывает подачу топлива к ТНВД. В ряде случаев при срабатывании автоматической защиты дизель не останавливается, а происходит изменение параметров его работы, благодаря чему предотвращаются аварийные ситуации. В качестве таких средств защиты используют предохранительные и перепускные клапаны различной конструкции: первые при повышении давления выпускают рабочее тело в атмосферу, вторые перепускают его из полости высокого в полость низкого давления.

В последнее время суда речного флота наряду с системами СПАСЗО оборудуют средствами технического диагностирования и сложными информационно-измерительными системами. Применяемые на речных судах измерительные системы можно разделить на две группы: централизованные

(ЦИИС) и периферийные (ПИИС). К первым относят такие, как «Аутроника КБб» (на теплоходах типа «Ладога» проекта № 285); «Стремберг-Сако» (на теплоходах типа «Балтийский» проекта № 613); «Сематик-Ц1» (на теплоходах типа «Владимир Ильич» проекта № 301); «Аутроника КМ1» (на ледоколах типа «Капитан Чечкин» проекта № 1105). Во вторую группу входят устройства, обеспечивающие контроль за работой вспомогательного оборудования. Централизованные системы в зависимости от типа имеют до 200 и более измерительных и сигнальных каналов.

В общем виде информационно-измерительная система включает в себя первичные измерительные преобразователи, сигналы от которых (различные по значению и физической природе) поступают на вход блока преобразования, где они трансформируются в унифицированный сигнал — чаще всего в цифровой код, удобный для последующей обработки. Код каждого сигнала содержит информацию не только о значении, но и принадлежности сигнала к определенному параметру. Унифицированные сигналы поступают на блок измерения, в котором происходит сравнение их с заданным значением. Блок обработки дифференцирует сигналы и подает их на панель оперативной сигнализации, расположенную на центральном посту управления (в машинном помещении) и на ДПУ в рубке.

---

1. Какими КИП снабжают судовые дизели? 2. На каких принципах основано действие манометрических и термоэлектрических термометров? 3. Как действует электрический тахометр? 4. Для чего дизели оборудуют систе-

мами автоматической сигнализации и защиты? 5. Какие требования предъявляет Речной Регистр РСФСР к системам контроля работы дизелей? 6. По каким параметрам контроля дизель имеет отключаемую защиту и почему?

---

**ДИЗЕЛИ СЕРИЙНЫХ СУДОВ****15. КОНСТРУКЦИИ ДИЗЕЛЕЙ СЕРИЙНЫХ ТЕПЛОХОДОВ**

**Дизели отечественного производства.** В связи с увеличением мощности электрогенераторов деление дизелей на главные и вспомогательные стало условным, так как многие из них на одних судах используют в качестве главных, а на других выполняют роль вспомогательных. Ниже приводится краткая характеристика четырехтактных дизелей, наиболее распространенных на речном флоте.

Дизели 6ЧРН 36/45. На речных судах установлено несколько модификаций этих дизелей с заводскими марками Г 60, Г 70-5, Г 70 и Г 74 мощностью соответственно 662, 736, 882 и 1104 кВт с частотой вращения коленчатого вала 375, 350, 375, 500 мин<sup>-1</sup>, степенью форсирования 10,9—18,1 кВт/дм<sup>2</sup>. Дизели расходуют топлива 221—226 г/(кВт·ч) и смазочного масла 3,3—4 г/(кВт·ч). Все модификации дизелей 6ЧРН 36/45 автоматизированы в объеме второй степени по ГОСТ 14228—80, оборудованы пневматической системой ДАУ и имеют в основном одинаковую конструкцию.

Блок-рама дизелей отлита из чугуна и для снижения общего уровня вибрации дизеля прикреплена к судовому фундаменту на амортизаторах. Вертикальный блок цилиндров соединен с блок-рамой анкерными связями. В гнезде семи поперечных перегородок рамы вмонтированы коренные подшипники коленчатого вала. Вкладыши подшипников взаимозаменяемые из сталеалюминиевой ленты. У дизелей первых

выпусков вкладыши стальные, заправленные баббитом Б83. Один из коренных подшипников (ближайший к маховику) установочный. Кривошипы коленчатого вала расположены один относительно другого под углом 120°. На одной из щеك каждого кривошипа установлены противовесы, разгружающие коренные подшипники от центробежных сил инерции. К переднему концу вала прикреплен демпфер крутильных колебаний.

Чугунный блок цилиндров с втулками разделен на шесть секций. В нижней части блока установлен распределительный вал. Вращение от коленчатого вала к распределительному передается с помощью шестерен. На распределительном валу закреплено два комплекта кулачных шайб впускных, выпускных клапанов и топливных насосов. Клапанные рычаги приводятся в действие штангами.

Крышки цилиндров индивидуальные, отлиты из чугуна, прикреплены к блоку шпильками. В крышках расположены форсунка, пусковой, впускной, предохранительный клапаны и термopара. Наддув у дизеля газотурбинный. Турбокомпрессор состоит из одноступенчатой осевой турбины и одноступенчатого центробежного компрессора. Наддувочный и выпускные коллекторы расположены с одной стороны блока. Неохлаждаемых выпускных коллекторов два, каждый из них подключен к трем цилиндрам: коллекторы находятся в теплоизоляционном кожухе.

Чугунные поршни охлаждаются маслом. Шатуны с неотъемной нижней головкой и стержнем двутаврового сечения соединены с поршнями плавающими пальцами. Крышки нижних головок шатунов с вкладышами из сталиалюминиевой ленты прикреплены к стержням четырьмя шатунными болтами.

Дизель оборудован топливной системой для работы на моторном и дизельном топливе. В систему моторного топлива включены топливоподкачивающий насос, электрический подогреватель и сепаратор. Топливные насосы высокого давления односекционные золотниковые типа с регулированием конца подачи топлива. Форсунки охлаждаемые с пружинным запирающим иглы и многоструйным распылителем. Топливная система с подкачивающим шестеренным насосом, сетчатыми фильтрами грубой очистки и фильтром тонкой очистки 2ТФ5. Всережимный регулятор частоты вращения коленчатого вала непрямого действия с силовыми и компенсационными поршнями (см. рис. 49).

Смазочная система дизеля комбинированная, с «сухим» картером. В ее составе два шестеренных насоса — откачивающий и нагнетательный, фильтры, центрифуга и два трубчатых охладителя с терморегуляторами. Предпусковую прокачку дизеля маслом осуществляют с помощью двух электроприводных насосов.

Система охлаждения замкнутая с двумя центробежными насосами и трубчатым охладителем. Заданная температура воды поддерживается терморегулятором. Сжатый воздух для пуска дизеля получают от автономного компрессора.

Система реверсирования пневмогидравлическая. Дизель имеет привод и для ручного реверсирования.

Дизели 12ЧСН 18/20. Неверсивные высокооборотные V-образные дизели 12ЧСН 18/20 с заводской маркой М 400, М 401А, М 401В устанавливают в качестве главных на судах с подводными крыльями. При номинальной частоте вращения вала соответственно 1700, 1550 и 1600 мин<sup>-1</sup> дизели развивают номинальную мощность 736 и 810 (М 401В) кВт со степенью форсирования 24,1 и 26,5 кВт/дм<sup>2</sup>, расходуют 224—234 г/(кВт·ч) топлива и 6,1—8,15 г/(кВт·ч) смазочного масла. Дизели М 400 выпускались с механическим наддувом, дизели М 401 имеют газотурбинный наддув.

Несущий картер дизелей из алюминиевого сплава с поддоном для сбора масла. Подшипники коленчатого вала смонтированы на подвесках. Вкладыши подшипников взаимозаменяемые, залиты оловянно-свинцовистой бронзой. Блоки цилиндров выполнены заодно с головками. Моноблок из алюминиевого сплава крепят к несущему картеру анкерными шпильками. Снизу в моноблок вставлены стальные втулки. Внутренняя поверхность их азотирована, наружная — оцинкована.

Поршень из алюминиевого сплава с плавающим пальцем имеет три уплотнительных и два маслосъемных кольца. Главные шатуны двутаврового сечения с разъемной нижней головкой, прицепные с цельной головкой. Коленчатый вал имеет полые шейки. У каждого цилиндра по два впускных и по два выпускных клапана. Распределительные валы откованы заодно с кулачными шайбами и установлены на моноблоках сверху.

Топливная система с шестеренным подкачивающим насосом. Двенадцатисекционный ТНВД установлен между моноблоками дизеля.

Смазочная система выполнена с масляным баком. Насос заборной воды вихревой самовсасывающий, а умягченной воды — центробежный. Пуск дизеля выполняется сжатым воздухом давлением 7,5—12 МПа.

Для реверсирования валопровода дизель оборудован специальной муфтой. Система управления неавтоматизированная с гидравлическим ДУ.

Дизели Ч 18/22. Отечественная промышленность выпускает несколько модификаций четырехтактных неревверсивных шести- и восьмицилиндровых вертикальных дизелей: 6ЧСП 18/22 (ДД 01, ДД 02, ДД 03, ДД 04 и ДД 202, ДД 203, работающих в составе судовых электростанций) номинальной мощностью 110 кВт; 6ЧСПН18/22 (ДД 101, ДД 102, ДД 105, ДД 106, ДД 205, ДД 206) номинальной мощностью 165 и 220 кВт; 8ЧСПН 18/22 (ДД 103, ДД 104) номинальной мощностью 232 кВт с частотой вращения коленчатого вала  $750 \text{ мин}^{-1}$ , расходом топлива 224—228 г/(кВт·ч), смазочного масла 5,44 г/(кВт·ч) и степенью форсирования 6,75—14 кВт/дм<sup>2</sup>.

В зависимости от назначения дизели Ч 18/22 имеют некоторые конструктивные различия. У дизелей 6ЧСПН 18/22 блок цилиндров с втулками крепят к фундаментной раме силовыми шпильками и болтами. В индивидуальных крышках цилиндров размещены форсунка с пружинным или гидравлическим запирающим иглы, впускной и выпускной клапаны, пусковой клапан с пневматическим управлением.

Чугунный поршень выполнен с трапецеидальной камерой сгорания. Шатун двутаврового сечения соединен с поршнем плавающим пальцем. Втулки верхних головок шатунов бронзовые. Коленчатый вал имеет круглые щеки.

Кривошипы вала расположены под углом 120° один к другому. Вкладыши шатунных и коренных подшипников изготовлены из биметаллической ленты, плакированной сплавом АСМ. К кормовому концу вала прикреплен маховик, а на носовой части смонтирована муфта отбора мощности для привода вспомогательных механизмов. От нее получает вращение и распределительный вал. Клапанный привод дизеля штанговый. Впускным коллектором является полость блока цилиндров. Наддув обеспечивается турбокомпрессором с одноступенчатой турбиной и центробежным одноступенчатым компрессором.

Топливная система с шестеренным подкачивающим насосом и многосекционным золотниковым ТНВД с собственным кулачным валом. В корпусе поста управления дизеля установлен всережимный регулятор прямого действия. Для предотвращения разнота дизель снабжен инерционным выключателем.

Смазочная система циркуляционная с мокрым картером. Масло очищается в сетчатом фильтре грубой очистки, фильтре тонкой очистки «Нарва-6» или 2ТФЗ и реактивной центрифуге. Охладители масла и воды выполнены в одном корпусе. Система охлаждения двухконтурная замкнутая. Насосы заборной и умягченной воды вихревого типа.

Дизель пускается сжатым воздухом. В систему пуска входят автоматические пусковые клапаны, воздухораспределитель с дисковым золотником, ГПК дифференциального типа.

Реверс-редуктор с гидравлическим включением муфт трения. На корпусе его смонтированы компрессор, трюмный насос и электрогенератор. Дизель оборудован гидравлической системой ДАУ (см. рис. 81).



Дизели Ч 15/18. Высокооборотные нереверсивные однорядные дизели 6ЧСП 15/18 (ЗД6) и 6ЧСПН 15/18 (ЗД6Н 150 и ЗД6Н 235) номинальной мощностью соответственно 110, 121, 184 кВт и частотой вращения коленчатого вала 1500 мин<sup>-1</sup>, имеют степень форсирования 10—15,6 кВт/дм<sup>2</sup>, расходуют топлива 229—231 г/(кВт·ч) и смазочного масла 4,7—4,75 г/(кВт·ч).

Картер дизеля состоит из двух частей. Верхняя его составляющая (несущий картер) для крепления к судовому фундаменту имеет две лапы и носовую балку. Блок цилиндров со стальными втулками и головка дизеля соединены с картером анкерными связями. Головка дизеля прикреплена к блоку цилиндров дополнительно шпильками.

Поршни из алюминиевого сплава с плавающим пальцем. Шатуны двутаврового сечения, нижняя головка которых неотъемная с косым разъемом. Коленчатый вал с полыми шейками и круглыми щеками опирается на подвески, соединенные шпильками с несущим картером. Каждый цилиндр имеет два впускных и два выпускных клапана. Впускной и выпускной коллекторы расположены с разных сторон дизеля. Распределительные валы с кулачными шайбами для привода впускных и выпускных клапанов установлены над головкой дизеля.

Топливная система с многосекционной золотниковым ТНВД и форсункой с пружинным запирающим иглы. Смазочная система с масляным баком. У трехсекционного шестеренного насоса две секции откачивающие. Насос умягченной воды в системе охлаждения центробежный. Заборная вода прокачивается через охладитель центробежно-вихревым насосом.

У дизеля две системы пуска: основная — электростартером и резерв-

ная — сжатым воздухом. Система управления неавтоматизированная с механическим ДУ. Местный пост снабжен рукояткой управления, кнопкой пуска и рычагом включения реверс-редуктора.

Дизели 6Ч 15/18 устанавливают на судах в качестве вспомогательных и главных (на транспортных судах в комплекте с реверс-редуктором). Реже используют на речных судах двенадцатицилиндровые V-образные дизели 12ЧСП 15/18 (ЗД12) и 12ЧСПН 15/18 (ЗД12Н 520) номинальной мощностью соответственно 220 и 380 кВт при частоте вращения вала 1500 мин<sup>-1</sup>. Дизель имеет два блока и две головки, несущий картер, несколько другой конструкции механизм привода впускных и выпускных клапанов, коленчатый вал и шатуны. Особенности конструкции названных деталей определяются V-образной компоновкой корпуса дизеля, а в основном устройство его аналогично двигателям ЗД6.

Дизели 6Ч 12/14. Промышленность выпускает более 30 моделей этих дизелей, имеющих некоторые конструктивные особенности в зависимости от их назначения. На судах речного флота в качестве главных в основном используют дизели 6ЧСП 12/14 (К 161), 6ЧСПН 12/14 (К 166) и в качестве вспомогательных 6Ч 12/14, 6ЧН 12/14, 6ЧС 12/14 и 6ЧСН 12/14 (К 457, К 462, К 161-1 и К 166-1). Однорядные вертикальные дизели 6Ч(Н) 12/14 при частоте вращения коленчатого вала 1500 мин<sup>-1</sup> развивают в зависимости от модификации номинальную мощность 60, 85 и 110 кВт со степенью форсирования 8,6—15,8 кВт/дм<sup>2</sup>, расходуют топлива 235—252 г/(кВт·ч) и 3,4—5,43 г/(кВт·ч) смазочного масла.

Несущий блок-картер дизеля с рабочими втулками снизу закрыт сварным

поддоном-маслосборником. Три крышки цилиндров (каждая на два цилиндра) скреплены с блоком шестью шпильками. У каждого цилиндра по впускному и выпускному клапану. Распределительный вал откован вместе с кулачными шайбами. Привод клапанов штанговый. Впускные и выпускные коллекторы, общие для всех цилиндров, смонтированы с одной стороны блока.

Поршни со сферической камерой выполнены из алюминиевого сплава и имеют три уплотнительных и два масляемых кольца. Шатун с двутавровым стержнем. Верхние головки шатунов с бронзовыми втулками, нижние с вкладышами из биметаллической ленты. Кривошипы коленчатого вала расположены в трех плоскостях под углом  $120^\circ$ .

Топливная система с подкачивающим поршневым насосом. Топливный насос высокого давления многосекционный. Форсунки с одноструйным распылителем установлены в крышках наклонно. Дизели с наддувом оборудованы форсунками с многоструйным распылителем.

В смазочную систему с мокрым картером параллельно с фильтром включена реактивная центрифуга. Масляный фильтр и охладитель размещены в одном корпусе. Система охлаждения с центробежным и вихревым самовсасывающим насосами. Водяной охладитель трубчатый. Дизель пускается сжатым воздухом или электростартером. Система воздушного пуска с автоматическими пусковыми клапанами и общим воздухораспределителем с дисковым золотником.

Главные дизели выполнены в комплекте с редуктором. Дизели, оборудованные реверс-редукторами с передаточным отношением 1:2, имеют заводскую марку К 161-2, К 166-2, с передаточным отношением 1:3 — К 161-3,

К 166-3. Дизели с муфтой сцепления 6ЧС 12/14 и 6ЧСН 12/14 имеют марку соответственно К 161-1 и К 166-1. Ряд дизелей этого типа имеют пневматическое ДАУ.

Дизели Ч 10,5/13. На небольших судах нереверсивные однорядные вертикальные дизели 2Ч 10,5/13 и 4Ч 10,5/13 используют как главные, а в основном их применяют в качестве вспомогательных для привода в действие электрогенераторов. Главные дизели поставляются в комплекте с реверс-редуктором. При частоте вращения коленчатого вала  $1500 \text{ мин}^{-1}$  дизели развивают мощность соответственно 14,7 и 29,5 кВт со степенью форсирования  $8,4 \text{ кВт/дм}^2$ , расходуют топлива  $252 \text{ г/(кВт}\cdot\text{ч)}$  и смазочного масла  $5,45 \text{ г/(кВт}\cdot\text{ч)}$ .

Несущий блок-картер дизеля имеет чугунные втулки цилиндров. Головки дизеля с вихревыми камерами, каждая из них объединяет по два цилиндра. Поршни из алюминиевого сплава.

Шатун двутаврового сечения с косым разъемом нижней головки. Первая и четвертая шатунные шейки у дизелей 4Ч 10,5/13 расположены в одной плоскости под углом  $180^\circ$  по отношению к второй и третьей шейкам. Коленчатый вал с противовесами уложен в подшипники, смонтированные в подвесах картера. Каждый цилиндр имеет по впускному и выпускному клапану.

Распределительный вал выполнен заодно с кулачными шайбами. Привод клапанов штанговый. У дизеля два впускных коллектора (по одному на каждую головку) и общий выпускной коллектор. Топливная система с поршневым саморегулируемым подкачивающим насосом, с многосекционным ТНВД и форсунками с одноструйными распылителями. Смазочная система с «мокрым» картером. Дизели последних лет постройки оборудованы

масляной центрифугой. Система охлаждения замкнута с центробежным и вихревым самовсасывающим насосами. Дизель пускается электростартером или сжатым воздухом. Для облегчения пуска он снабжен декомпрессионным устройством и запальной спиралью.

Дизели ЧСП 8,5/11. На катерах и шлюпках в качестве главного устанавливают неререверсивные вертикальные однорядные дизели 2ЧСП 8,5/11 и 4ЧСП 8,5/11 мощностью соответственно 8,8 и 17,7 кВт с частотой вращения вала 1500 мин<sup>-1</sup>. При степени форсирования 7,8 кВт/дм<sup>2</sup> они расходуют топлива 266 г/(кВт·ч) и смазочного масла 5,45 г/(кВт·ч).

Блок-картер чугунный с вставными охлаждаемыми втулками цилиндров. В поперечных стенках блока смонтированы подшипники коленчатого и распределительного валов. Снизу к блок-картеру прикреплен поддон, являющийся маслосборником. Крышка общая на два цилиндра, отлита из чугуна. В ней установлены впускные и выпускные клапаны, форсунки, неохлаждаемые вставки вихревых камер и запальные спирали.

Коренные подшипники двухцилиндрового дизеля шариковые, четырехцилиндрового — с вкладышами, залитыми свинцовистой бронзой. Шатунные шейки коленчатого вала пустотелые. Поршень штампованный, из алюминиевого сплава. На нем проточено пять канавок: три верхние — для уплотнительных, а две, расположенные над поршневым пальцем и в нижней части тронка, — для маслосъемных колец. Верхнее поршневое кольцо покрыто пористым хромом. Поршневой палец полый, стальной, плавающего типа. Шатун стальной штампованный со стержнем двутаврового сечения.

Клапанный привод штанговый. Топливная система с саморегулирующимся

поршневым топливоподкачивающим насосом, ТНВД многосекционный с встроенным всережимным регулятором частоты вращения. Смазочная система циркуляционная с пластинчатым фильтром грубой очистки и фильтрующими элементами ДАСФО-2 (картонными пластинами) для тонкой очистки. Система охлаждения двухконтурная, водяные насосы вихревые, самовсасывающие.

Пуск дизелей осуществляют с помощью электростартера. Дизели 2ЧСП 8,5/11 имеют также рукоятку для ручного пуска. Для облегчения пуска в холодное время года дизели снабжены запальными спиралями, сообщающимися с вихревыми камерами. Реверс-редуктор дизеля с передаточным отношением 1:3 имеет ручное управление.

**Дизели зарубежного производства.** В связи со строительством значительного числа речных судов за рубежом на многих из них установлены дизели финской фирмы «Вярсиля-Васа» 12ЧСН 22/24 (12V22B) и 8ЧСН 22/24 (8V22B) мощностью 1770 и 1180 кВт (на ледоколах проекта № 1105 и земснарядах проекта П-2104); японской фирмы «Дайхацу» 6ЧН 32/48 (6ДС32Л) мощностью 1620 кВт (на земснарядах проекта Р 1-517); свыше 20 модификаций дизелей Ч 12,5/18, Ч 7,5/24, ЧР 24/36, ЧР 32/48, 6ЧСПН 18/26, 6ЧСПН 20/26 немецкого комбината тяжелого машиностроения в Магдебурге мощностью от 11 до 1230 кВт; около 20 модификаций дизелей Ч 11/15; Ч 16/22,5; Ч 27/36; ЧН 35/50 народного предприятия «Шкода» (ЧСФР) мощностью 14,7—775 кВт и другие дизели иностранного производства.

Комбинат тяжелого машиностроения в Магдебурге поставлял в последние годы для речного флота в основ-

ном дизели второго поколения НФД 48 и НФД 26 в шести- и восьмицилиндровом исполнении.

Дизели 6(8)ЧРН 32/48 (НФД 48) используют на судах в качестве главных. Чугунные фундаментные рамы и блок-картеры у таких дизелей соединяют анкерными связями. Втулки цилиндров уплотнены в нижней части двумя резиновыми кольцами. Для доступа к деталям кривошипно-шатунного механизма блок-картер имеет люки, закрываемые крышками, в которые вмонтированы предохранительные клапаны. Крышки цилиндров индивидуальные. К блок-картеру каждую крышку крепят шестью шпильками. В крышке размещены впускной и выпускной клапаны, форсунка, пусковой и предохранительный клапаны.

Привод клапанов штанговый. Впускной и выпускной коллекторы расположены с разных сторон дизеля. Распределительный вал смонтирован в блок-картере и получает вращение от коленчатого вала через шестеренную передачу.

Поршни у дизелей без наддува (первых лет постройки) чугунные, у дизелей последних выпусков из алюминиевого сплава. Шатуны имеют нижнюю разъемную головку и стержни круглого сечения.

В топливную систему включены индивидуальные золотниковые топливные насосы и многоструйные форсунки с щелевыми фильтрами высокого давления. Дизели последних выпусков оборудованы и топливоподкачивающими насосами. Регулятор частоты вращения коленчатого вала все-режимный прямого действия.

Смазочная система с масляным баком, шестеренным двухсекционным насосом и сетчатым фильтром. Охладитель смазочного масла диафрагменного типа, четырехсекционный с регулятором

температуры. К коренным подшипникам смазочное масло подводится из магистрали по трубе, а к шатунным — по наклонным каналам коленчатого вала.

Система охлаждения замкнутая с центробежным насосом умягченной воды и поршневым (у дизелей второго поколения центробежным) насосом забортной воды. Водяной охладитель трубчатый. Заданная температура воды поддерживается терморегулятором.

Система пуска имеет пусковые клапаны с пневматическим управлением, индивидуальные золотниковые воздухораспределители и ГПК дифференциального типа. Сжатый воздух получают от навесного компрессора. Реверсирование дизеля обеспечивается с помощью пневмогидравлического привода. Большинство модификаций дизелей оборудовано пневматической системой ДАУ конструкции ЦТКБ Минречфлота РСФСР (см. рис. 80).

Дизели 6ЧСПН 18/26 и 6ЧСПН 20/26 (НФД 26) в комплекте с двухскоростным реверс-редуктором используют в качестве главных. Фундаментная рама, блок-картер, втулки цилиндров и индивидуальные крышки дизеля выполнены из чугуна. Каждый цилиндр имеет по впускному, выпускному, пусковому, предохранительному и индикаторному клапану.

Распределительный вал со съёмными кулачными шайбами. Газораспределительный привод штанговый. Два выпускных и наддувочный коллекторы расположены с разных сторон дизеля.

Поршень из алюминиево-кремниевого сплава с выпуклым днищем имеет три или четыре уплотнительные и два маслосъёмных кольца. Стержень шатуна круглого сечения с центральным каналом для подвода масла. Коленчатый вал с противовесами. Коренные и шатунные подшипники коленчатого

вала имеют сталебронзовые вкладыши.

Топливная система с поршневым саморегулируемым подкачивающим насосом, многосекционным ТНВД, бумажными фильтрами и многоструйными форсунками. Смазочная система с центрифугой и трубчатым охладителем. Система охлаждения с центробежными насосами. Заданная температура воды и смазочного масла поддерживается терморегуляторами. Дизель оборудован воздушной системой пуска, но может пускаться и электростартером.

Дизели, поставляемые ЧСФР, нереверсивные вертикальные однорядные дизели, выпускаемые народным предприятием «Шкода», используются на судах как приводы рефулерных насосов или генераторов тока, реверсивные и некоторые нереверсивные дизели (6С275Л, 6Л275ПН, 6С275-ППН, 4(6)Л160, 6Л160ПН и др.) в комплекте с реверс-редукторами — как главные. Дизелям 6С275-ППН без редуктора, используемым в составе электроэнергетических установок, присвоена марка 6-27, 5А2Л. Они имеют цельную чугунную фундаментную раму, на верхней поверхности которой установлен блок-картер с вставными втулками. Блок-картер крепят к раме болтами. С двух сторон блока расположены люки со съемными крышками. Часть люков снабжена предохранительными клапанами. Крышки цилиндров чугунные индивидуальные. В крышках установлены форсунки, пусковой клапан с пневматическим управлением и по одному впускному и выпускному клапану. У дизелей 9СВ350-ПРС выпускные клапаны смонтированы в охлаждаемом водой корпусе. Распределительный вал установлен в отсеке блок-картера и приводится во вращение от коленчатого вала через шестеренную передачу. У реверсивных дизе-

лей на распределительных валах закреплены съемные кулачные шайбы переднего и заднего хода. Распределительные валы нереверсивных дизелей выполнены за одно целое с кулачными шайбами. Привод клапанов штанговый.

Впускной и два выпускных коллектора у дизелей 6Л275-ППН расположены с разных сторон корпуса. Дизели 9СВ350-ПРС имеют три выпускных коллектора. Наддув дизелей газотурбинный.

Поршни из алюминиевого сплава соединены с шатуном при помощи пустотелых пальцев плавающего типа. У дизелей с наддувом поршни охлаждаются маслом. Шатуны с неотъемной нижней головкой и двутавровым стержнем. У некоторых модификаций дизелей первого выпуска нижняя головка шатунов отъемная. К верхней головке шатуна смазочное масло поступает по трубе, прикрепленной к стержню. У дизелей 6Л275-ППН каждый кривошип коленчатого вала, а у дизелей 9СВ350-ПРС первый, пятый и десятый кривошипы снабжены противовесами. Кривошипы вала расположены один относительно другого под углом 120°.

Топливная система с сетчатыми или пластинчато-шелевыми фильтрами грубой очистки и топливоподкачивающим насосом шестеренного типа. Фильтры тонкой очистки войлочные. Топливные насосы высокого давления индивидуальные, золотникового типа. Дизели 9СВ350-ПРС снабжены охлаждаемыми форсунками. Регулятор частоты вращения коленчатого вала у дизелей 6Л275 всережимный непрямого действия с жесткой обратной связью.

Все модификации дизелей имеют замкнутую систему охлаждения. Насосы умягченной и забортной воды поршневые, у дизелей последних модификаций — лопастные самовсасывающие.

Смазочная система с масляным баком. Охладитель смазочного масла трубчатый с терморегулятором. У дизелей последних выпусков смазочные системы с реактивной центрифугой.

Пуск дизеля осуществляется сжатием воздухом. Дизели 6ЧН16/22,5 оборудованы воздушным и электрическим пусковыми устройствами. У большинства дизелей привод навесного двухступенчатого компрессора неотключаемый. На дизелях 6ЧН16/22,5 установлен ручной компрессор.

Реверсивные дизели имеют пневматический привод для передвижения распределительного вала, некоторые из них снабжены ручным реверсивным приводом. Реверс-редуктор у неревверсивных дизелей с гидравлическим включением муфт трения. Дизели 6Л275ПН оборудованы электромеханическим, дизели 6Л275-ППН — пневматическим ДАУ конструкции завода-изготовителя. Некоторые модификации дизелей имеют механические ДУ или пневматические ДАУ конструкции ЦТКБ Минречфлота РСФСР.

1. Какими конструктивными особенностями отличаются детали остова дизелей 6ЧРН36/45 и 6ЧН 20/26-2? 2. Поясните особенности в устройстве шатунов дизелей 6ЧРН 36/45 и 6ЧР 32/48. 3. Назовите клапаны, смонтированные в крышках цилиндров дизелей 6ЧНСП 27,5/36. 4. Какие насосы включены в системы охлаждения дизелей 6ЧРН 36/45 и 6ЧР 32/48? 5. Каково конструктивное отличие

топливных систем дизелей 6ЧСП 18/22 и 4Ч 10,5/13? 6. Какие формы камер сгорания имеют дизели 6Ч 12/14 и 6ЧН 20/26-2? 7. Каковы конструктивные особенности шатунов дизелей 6ЧРН 36/45, 6ЧСП 15/18 и 6ЧН 20/26-2? 8. В чем основное отличие в устройстве распределительных валов дизелей 4Ч 10,5/13 и 6ЧН 20/26-2? 9. Какие дизели имеют охлаждаемые поршни?

## 16. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ДИЗЕЛЕЙ

**Основные направления развития судовой теплоэнергетики.** В настоящее время дизели являются практически единственным типом двигателей судов речного флота.

Развитие судовой теплоэнергетики направлено прежде всего на дальнейшее повышение цилиндрических и агрегатных мощностей дизелей путем увеличения степени форсирования, обеспечение большей надежности при помощи совершенствования конструкции, использование новых материалов, улучшение качества изготовления отдельных деталей и узлов, снижение шума, вибрации, токсичности выходящих газов. Важным средством снижения эксплуатационных расходов являются меры по использованию в ди-

зелях более дешевых сортов топлива, по интенсификации процессов смешения и сгорания топлива, увеличению степени использования теплоты выпускных газов и охлаждающей воды, внедрению наиболее эффективных средств автоматизации и совершенствованию методов эксплуатации СЭУ.

Создание высокофорсированных дизелей связано с проведением большого объема исследований по доводке систем наддува и топливоподачи, организации процесса сгорания больших порций топлива в малом объеме. Особое внимание при этом направлено на решение проблем теплонапряженности, так как с увеличением степени форсирования (удельной мощ-

ности) возрастает нагрузка на детали дизеля.

Для упрочнения деталей остова перспективным является применение решетчатых фундаментных рам, представляющих собой каркас из отдельных балок, закрытых тонкими металлическими или пластмассовыми листами. Поршни некоторых высоконапряженных дизелей выполняют составными с трубчатым змеевиком для охлаждения, вмонтированным в стальную головку. Для уменьшения износа пары поршень — цилиндр шатуны у ряда дизелей имеют сферическую верхнюю головку, благодаря чему обеспечивается вращение поршня при работе дизеля. Есть варианты конструкций поршней без поршневых колец. Уплотнение этих поршней обеспечивается воздушно-масляной эмульсией, подаваемой в зазор между поршнем и цилиндром специальным насосом. Ведутся работы по конструированию новых схем механизмов газораспределения с гидравлическим и электромагнитным приводом клапанов, благодаря чему можно увеличить надежность и снизить звуковое давление (шум) в машинных помещениях при эксплуатации дизелей.

Дизелестроительные предприятия готовятся к выпуску двигателей с периодом необслуживаемой работы около 240 ч. Для повышения надежности при конструировании дизелей все в большей степени используют принципы унификации и агрегатирования, когда различные дизели, скомпонованные из однотипных модулей (элементов), для удобства монтажа, демонтажа и обслуживания легко расчлениваются на отдельные агрегаты и блоки.

Особое внимание уделяют качеству изготовления деталей и применению в дизелестроении новых наиболее прочных и износостойчивых мате-

риалов. Наряду со сталью, чугуном, цветными металлами в последнее время все большее применение получают изделия из пластмасс и керамических материалов. Пластмассы с включением армирующих волокнистых материалов обладают небольшой массой и относительно высокими прочностными характеристиками. Простота изготовления большинства деталей из армированной пластмассы прессованием, при котором исключается их механическая и термическая обработка, существенно влияет на снижение стоимости дизелей, а из-за небольшой массы движущихся пластмассовых деталей уменьшаются силы инерции, уровень шума и вибрации двигателей. Особый интерес представляют детали из керамических материалов. Они, как и пластмассы, имеют меньшую массу, меньшую стоимость и, кроме того, обладают высокими термостойкостью, теплоизолирующими и антикоррозионными свойствами. Тепловые процессы в ДВС с деталями из керамики могут протекать при более высоких температурах и значительно меньших потерях теплоты.

Фирмы Японии, США и ФРГ уже построили опытные автомобильные двигатели с деталями из пластмасс и керамических материалов. Определенная работа по повышению механических свойств этих материалов при изгибе, ударных и вибрационных нагрузках проводится и в нашей стране.

Существенным недостатком дизелей является передача ими энергии к потребителю через кривошипно-шатунный механизм. Возникающие при этом неуравновешенные силы и моменты инерции вызывают вибрацию СЭУ и корпуса судна, приводят к неравномерности вращения и крутильным колебаниям валопровода. Поэтому наряду с совершенствованием дизелей

обычной конструкции в нашей стране и за рубежом ведутся работы по созданию новых типов двигателей с принципиально новой конструкцией деталей цилиндропоршневой группы.

Главным критерием при выборе типа СЭУ являются эксплуатационные расходы и прежде всего затраты на топливо. Поэтому в настоящее время проводятся исследования по использованию в дизелях водотопливной смеси. Как показали испытания, при подогреве водотопливной смеси в камере сгорания в результате «микровзрыва» частицы воды испаряются в капле топлива и дробят ее на более мелкие капли. При дополнительном дроблении капель топлива центры возникновения и развития пламени равномерно распределяются в объеме камеры сгорания. Благодаря этому снижается удельный расход топлива, так как вся порция поданного в цилиндр топлива сгорает с большой полнотой.

Дальнейшее совершенствование СЭУ направлено на повышение их экономичности прежде всего посредством развития средств утилизации теплоты охлаждающей воды и выпускных газов. На эксплуатирующихся судах внутреннего плавания используют исключительно теплоту выпускных газов в котлах-утилизаторах, чтобы получить горячую воду или пар для системы теплоснабжения. Для более глубокой утилизации теплоты выпускных газов проводятся научно-исследовательские и проектные изыскания по применению более совершенных котлов-утилизаторов и по использованию вырабатываемого ими пара в турбогенераторе, в специальных турбинах с передачей мощности на винт, в установках для опреснения морской воды и для подогрева тяжелого топлива и перевозимых на танкерах вязких нефтепродуктов.

В настоящее время на судах еще нет автоматических систем оптимального регулирования режимов работы СЭУ. Эта задача возложена на судоводителей (судомехаников), от профессионального мастерства и опыта которых в значительной мере зависит экономическая эффективность работы дизелей. В перспективе предусматривается внедрение на судах самонастраивающихся (экстремальных) систем регулирования с использованием ЭВМ, которые будут решать и вопросы выбора оптимального режима работы СЭУ в зависимости от рейсового задания и конкретных условий плавания судна. Включение в их схемы микропроцессоров позволит решить задачу управления подачей топлива по сигналам приборов, информирующих о температуре и давлении окружающей среды, давлении во впускном трубопроводе, содержании кислорода в выпускных газах, износе деталей ЦПГ и других показателях работы СЭУ.

Для интенсификации работы флота необходимо прежде всего сокращение затрат времени на техническое обслуживание и ремонт дизелей. Научно-технические достижения в организации и технологии обслуживания и ремонта оборудования в нашей стране и за рубежом показывают, что для дальнейшего развития технической эксплуатации флота в перспективе необходимо: разработать достоверные методы контроля состояния судов и основных элементов СЭУ; оснастить суда, береговые производственные участки (БПУ) и судоремонтные предприятия необходимыми средствами контроля технического состояния механизмов; сократить сроки подготовки судов к ремонту; провести работу по сосредоточению сил и средств судоремонтных предприятий на ремонте относительно небольшого количества типосудов.



Важным направлением научно-технического прогресса является также разработка и внедрение в практику технического обслуживания и ремонта СЭУ наиболее прогрессивных технологий: по применению стойких защитных покрытий, химических препаратов, стеклопластиков, клеевых составов, многослойных конструкций, холодной сварки чугуна, наплавки, напыления (плазменного, газопламенного, детонационного), оставивания, плакирования и т. д. Большие возможности в повышении качества и сокращения сроков обслуживания и ремонта имеют технологии восстановления деталей на основе полимеров (полимерные технологии), способы очистки технологического оборудования химическими препаратами без вскрытия и вывода его из действия, а также другие прогрессивные технологии. Особое внимание на перспективу уделяется внедрению в процессы обслуживания и ремонта СЭУ средств механизации, автоматизации, робототехники.

Перестройка системы технического обслуживания, концентрация в пунктах обработки флота специальных бригад БПУ, оснащенных необходимым инструментом, средствами контроля, вооруженных передовой технологией, позволит в дальнейшем при меньшей численности изменить и формы организации труда судовых экипажей.

**Новые дизели для речного флота.** Выпускаемые в настоящее время среднеоборотные судовые четырехтактные дизели номинальной мощностью 100—1840 кВт имеют ресурс до первой переборки 4—8 тыс. ч и до капитального ремонта 28—45 тыс. ч. Удельная масса выпускаемых дизелей составляет 25—30 кг/кВт, удельные расходы топлива 221—225 г/(кВт·ч), смазочного масла 1,6—4 г/(кВт·ч). Согласно исследованиям перспективные четырех-

тактные дизели должны работать на тяжелом топливе с удельным расходом топлива 204—211 г/(кВт·ч), удельным расходом масла 1,3—1,6 г/(кВт·ч) иметь ресурс до первой переборки 12—15 тыс. ч и до капитального ремонта 40—60 тыс. ч. Ни один из эксплуатируемых в настоящее время среднеоборотных судовых дизелей не соответствует этим требованиям по приведенной сумме показателей.

Проектирование дизелей в настоящее время ведется с учетом максимальной унификации вертикальных (рядных) и V-образных моделей. Для обеспечения форсирования рабочего процесса по среднему эффективному давлению до 1,8—2 МПа и выше конструкции основных элементов дизелей рассчитывают на давление сгорания до 13—14 МПа.

Новый судовый дизель 6ЧН 36/40, приспособленный для работы на тяжелом и газообразном топливе, будет выполняться в составе дизель-редукторного агрегата (Г 95 и Г 96 с номинальной мощностью соответственно 2020 и 1765 кВт) и для работы непосредственно на винт (Г 97 мощностью 1100 кВт). Дизели будут расходовать 210 г/(кВт·ч) моторного топлива и 1,65 г/(кВт·ч) масла. Ресурс необслуживаемой работы дизеля доводится до 240 ч, до первой переборки 12—15 тыс. ч. Обеспечить ресурс дизеля до капитального ремонта в пределах 50—60 тыс. ч можно благодаря применению материалов с повышенной термостойкостью; интенсивному охлаждению относительно тонких днищ поршней и крышек, верхнего бурта втулок цилиндров, распылителей форсунок, корпусов и седел выпускных клапанов; покрытию опорных фасок седел и клапанов твердыми сплавами; молибденовому покрытию верхних поршневых колец; лубрикаторной смазке

цилиндров; повышенной твердости шеек коленчатых валов; применению подшипников из сплава АО 20-1; различным приработочным покрытиям деталей; закалке с использованием токов высокой частоты верхних кольцевых канавок поршней; применению масел с высокой щелочностью и моющими свойствами типа М10ГЦС при хорошей фильтрации.

Перед фланцем основного отбора мощности у дизелей предусмотрен дополнительный (восьмой) коренной подшипник, ограничивающий перемещения коленчатого вала. Благодаря этому исключается деформация коленчатого вала от воздействия массы маховика и присоединяемых к нему деталей валопровода.

Распределительный вал дизеля будет расположен в верхней части блока цилиндров в специальных разгружающих полку блока подшипниковых корпусах. При таком расположении распределительного вала укоротится топливный трубопровод высокого давления и уменьшится масса поступательно-движущихся деталей клапанного привода.

Поршни дизелей составные со съемной головкой из кованой легированной стали и чугуном литым тронком охлаждаются маслом. Дизели отвечают требованиям Регистра СССР к автоматизации энергетических установок со степенью А1 и А2.

Модернизированные дизели ЧН 26/34 в составе энергетической установки будут развивать номинальную мощность 880 кВт при частоте вращения вала  $750 \text{ мин}^{-1}$ , расходовать  $204 \text{ г}/(\text{кВт}\cdot\text{ч})$  топлива и  $1,6 \text{ г}/(\text{кВт}\cdot\text{ч})$  смазочного масла. Ресурсы у дизелей до переборки составят 15 тыс. ч, до капитального ремонта 60 тыс. ч. Блок цилиндров и картер дизеля образуют единую

литую конструкцию. Коленчатый вал уложен в подвесные подшипники. Жесткость блока увеличена горизонтальными болтами, ввернутыми в крышки коренных подшипников и стягивающими стенки блока. Крышки цилиндров с промежуточными днищами. Введение промежуточных днищ улучшает охлаждение центральной наиболее напряженной части днища и седел впускных и выпускных клапанов. Втулки цилиндров имеют напрессованные гильзы, которые предохраняют блок цилиндров от коррозионного разрушения.

Изготовлены и проходят испытания два опытных образца дизелей 6ЧН 18/20. Один имеет конструкцию с подвесным коленчатым валом и жестким блок-картером, другой — рамную конструкцию.

Новый судовый дизель на базе двигателя 6ЧН 18/22 агрегатной мощностью 440 кВт при частоте вращения вала  $1000 \text{ мин}^{-1}$  будет иметь удельный расход топлива  $211 \text{ г}/(\text{кВт}\cdot\text{ч})$ , удельный расход смазочного масла  $1,4 \text{ г}/(\text{кВт}\cdot\text{ч})$ , среднее эффективное давление 1,58 МПа, удельную массу 12,2 кг/кВт, ресурсы до первой переборки 15 тыс. ч и до капитального ремонта 60 тыс. ч. Двигатель будет работать на дизельном и моторном топливе.

В группе дизелей с повышенной частотой вращения коленчатого вала  $1550 \text{ мин}^{-1}$  намечается выпуск дизелей М 416 номинальной мощностью 809 кВт, являющихся развитием дизелей Ч 18/20. Дизель М 416 имеет удельный расход топлива  $215 \text{ г}/(\text{кВт}\cdot\text{ч})$ , масла —  $4 \text{ г}/(\text{кВт}\cdot\text{ч})$ , назначенный ресурс до первой переборки 4—5 тыс. ч, до капитального ремонта 10—12 тыс. ч и работает со средним эффективным давлением 1,02 МПа. Дальнейшим развитием

СЭУ для судов на подводных крыльях будут дизели Ч 21/21 с реверсдуктором мощностью 1470 кВт.

Создан опытный образец V-образного дизеля 12ЧН 14/14, на котором предстоит обеспечить получение агрегатной мощности 442 кВт при частоте вращения вала  $1500 \text{ мин}^{-1}$ , удельном расходе топлива  $225 \text{ г}/(\text{кВт}\cdot\text{ч})$ , ресурсе до переборки 10 тыс. ч и до капитального ремонта 25 тыс. ч. На его базе создан судовой дизель-генератор мощностью 315 кВт. Предусматривается создание и шестицилиндровых дизелей 6ЧН 14/14.

Возможности совершенствования двигателей Ч 15/18, перекрывающих диапазон мощностей 110—220 кВт, практически исчерпаны. Планируется уменьшить удельный расход топлива этими дизелями на 3—4  $\text{г}/(\text{кВт}\cdot\text{ч})$  [до 226—232  $\text{г}/(\text{кВт}\cdot\text{ч})$ ] и расход масла с 4—4,5 до 2,1—2,5  $\text{г}/(\text{кВт}\cdot\text{ч})$ .

Ресурс до переборки будет увеличен с 3,5 тыс. до 6—7 тыс. ч, а до капитального ремонта — до 14—18 тыс. ч.

Проводится комплекс работ по совершенствованию дизелей Ч 8,5/11; Ч 10,5/13; Ч(Н) 12/14. Удельный расход топлива у форсированных модификаций дизелей 6 ЧН 12/14 понизится с 230 до 224  $\text{г}/(\text{кВт}\cdot\text{ч})$ , ресурс до переборки составит 6—7 тыс. ч и до капитального ремонта 16—18 тыс. ч.

Улучшаются показатели работы и дизелей Ч 8,5/11; Ч 10,5/13. Благодаря этому можно будет практически полностью удовлетворить возросшие требования к дизелям этого класса при мощности до 110 кВт. На их базе созданы автоматизированные дизель-генераторы мощностью 25, 50 и 110 кВт, которые будут эксплуатироваться на судах при безвахтенном обслуживании энергетических установок.

1. По каким основным направлениям будет развиваться в перспективе судовая теплоэнергетика? 2. Какие новые решения возможны в конструкции дизелей? 3. Укажите основные мероприятия по дальнейшему совершенствованию технического обслуживания и ремонта СЭУ? 4. Что нового предполагается внедрить в кон-

струкцию дизелей 6ЧН 36/45, ЧН 26/34, 6ЧН 18/22? 5. Чем будут отличаться перспективные многооборотные дизели от современных? 6. Что предпринимается конструкторами и эксплуатационниками для безвахтенного обслуживания судовых двигателей внутреннего сгорания?

## 17. ВАЛОПРОВОД ВИНТОВЫХ СУДОВ

**Схемы валопровода.** Энергия от главного двигателя передается движителю (гребному винту) через валопровод, представляющий собой несколько соединенных в одну конструкцию валов, опирающихся на подшипники. Такую *передачу* называют *прямой механической*. По числу валопроводов речные суда подразделяют на одно-, двух- и трехвальные. При прямой передаче мощности коленчатый вал реверсивного

дизеля 8 (рис. 92, а) соосно соединяют с упорным 6, промежуточным 4 и гребным валами. Число промежуточных валов зависит от длины судна и расположения машинного помещения. На них могут быть смонтированы шкивы для привода электрогенератора и ленточное тормозное устройство, с помощью которого при ремонтных работах стопорят валопровод от проворачивания. Промежуточные валы опи-

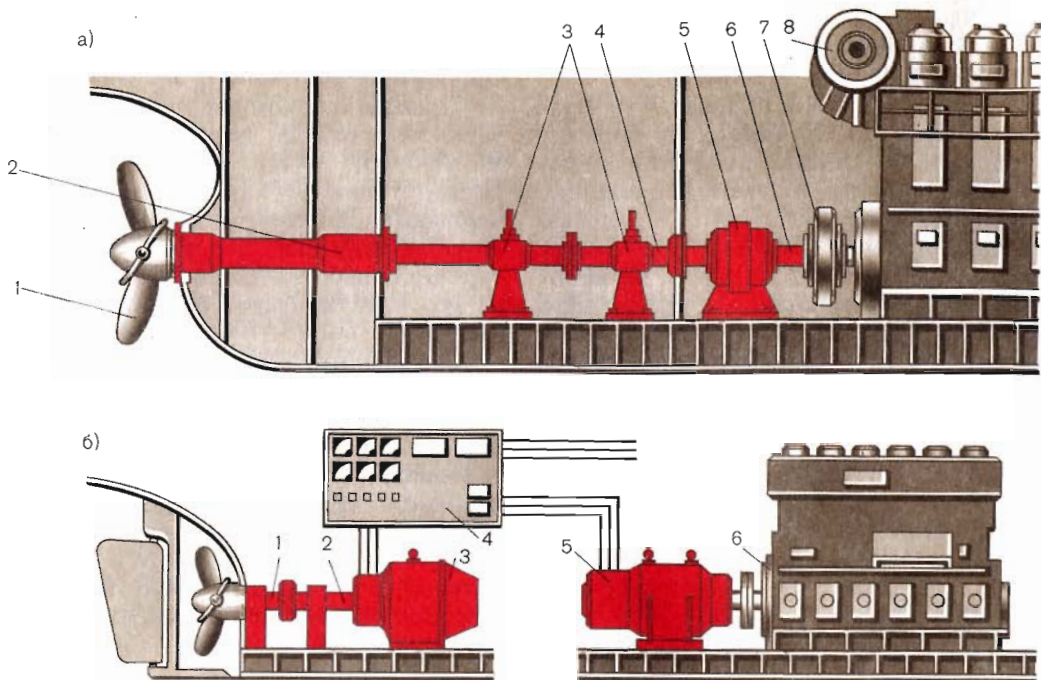


Рис. 92. Схемы валопровода

раются на опорные подшипники 3, а гребной вал — на подшипник дейдвудного устройства 2. Последнее является не только опорой гребного вала, но и служит для предотвращения проникновения воды в корпус судна. На крупных судах внешний конец гребного вала (за дейдвудным устройством) опирается на подшипник, смонтированный в специальном кронштейне. Радиальные нагрузки и осевые усилия (упор), возникающие при вращении гребного винта 1, воспринимает упорный подшипник 5, корпус которого жестко прикрепляют к набору судна или встраивают в двигатель.

На ледоколах, паромах, земснарядах, портовых буксирах-толкачах, пожарных и спасательных судах, работающих с часто изменяющимися ре-

жимами, а также на некоторых пассажирских судах, оборудованных вспомогательными энергетическими установками большой мощности, применяют *электрическую передачу*. Суда с такой передачей мощности к движителю называют *электроходами*. На электроходах коленчатый вал главного дизеля 6 (рис. 92, б) соединен с валом (ротором) генератора 5. Электрический ток, вырабатываемый генератором, от электrorаспределительного щита 4 поступает к электродвигателю 3, который через упорный вал 2 обеспечивает вращение гребного вала 1. Конструкция валопровода при такой передаче мощности значительно упрощается, облегчается дистанционное управление энергетической установкой. Однако при двойном пре-

образовании энергии (механической в электрическую и электрической в механическую) возникают потери мощности главных дизелей, составляющие 15—25%, из-за чего повышается масса и стоимость установки в целом. Поэтому валопроводами с электрической передачей мощности оборудуют в основном энергетические установки с часто изменяющимся режимом работы дизелей (ледоколы, суда дноуглубительно-го флота и т. п.).

Некоторые толкачи (проект № 947) оборудованы *гидравлической передачей* мощности на винт. Главные двигатели таких судов связаны с насосом, а двигатели — с гидравлическими турбинами.

Для соединения и разобщения отдельных участков валопровода между ними устанавливают специальные соединительно-разобщительные муфты 7 (см. рис. 92, а), подразделяемые на *простые* (жесткие) и *подвижные* (упругие). Простые муфты жестко соединяют два вала, при этом исключается перемещение одного вала относительно другого. При использовании подвижных муфт допускается продольное и радиальное смещение валов, угловой поворот (излом) осей или смещение и излом последних. Простые муфты представляют собой два фланца, откопанные заодно с валами или приваренные к ним. Фланцы крепят соединительными болтами и гайками.

В качестве подвижных широкое распространение на речных судах получили втулочно-пальцевые муфты. Эластичность валопровода в них достигают установкой между соединительными болтами и корпусом полумуфт резиновых или кожаных втулок. На соединительные болты таких муфт для эластичности валопровода надевают резиновые или кожаные втулки или комплект резиновых или кожаных колец.

**Реверсивные устройства валопровода.** Для изменения направления вращения гребного винта при нереверсивных дизелях между маховиком и упорным подшипником валопровода монтируют реверсивные муфты или реверс-редукторы. Реверсивные муфты используют только на судах с главными дизелями М 401 и М 401А. Большинство нереверсивных дизелей комплектуют с реверс-редукторами. При включении в схему передачи реверс-редуктора оси валопровода и коленчатого вала не совпадают и дизели в этом случае монтируют на более высоком фундаменте. С помощью реверс-редукторов можно отсоединить валопровод от коленчатого вала на время пуска и прогрева дизеля, уменьшить частоту и изменить направление вращения гребного винта относительно коленчатого вала дизеля. Реверс-редукторы состоят из редукторной и реверсивной частей. В редукторную часть входят две шестеренные передачи для переднего и заднего хода, а в реверсивную — дисковые или конусные фрикционные муфты.

Редукторная часть реверс-редуктора с одинарными дисковыми муфтами (рис. 93, а) состоит из вала 7 заднего хода с передаточными шестернями 8, 9, 10 и пустотелого вала 5 переднего хода с шестернями 6, 11. Реверсивная часть имеет диски 4 переднего и 2 заднего хода, связанные шлицами с валами 5, 7, и нажимной диск 3. Фрикционная облицовка дисков выполнена из асбокаучука. Когда рычаг управления реверс-редуктора установлен в положение «Стоп», нажимной диск 3 занимает нейтральное положение между дисками переднего и заднего хода, и при вращении барабана 1 дизель работает на холостом ходу. С переключением рукоятки управления на передний ход на-

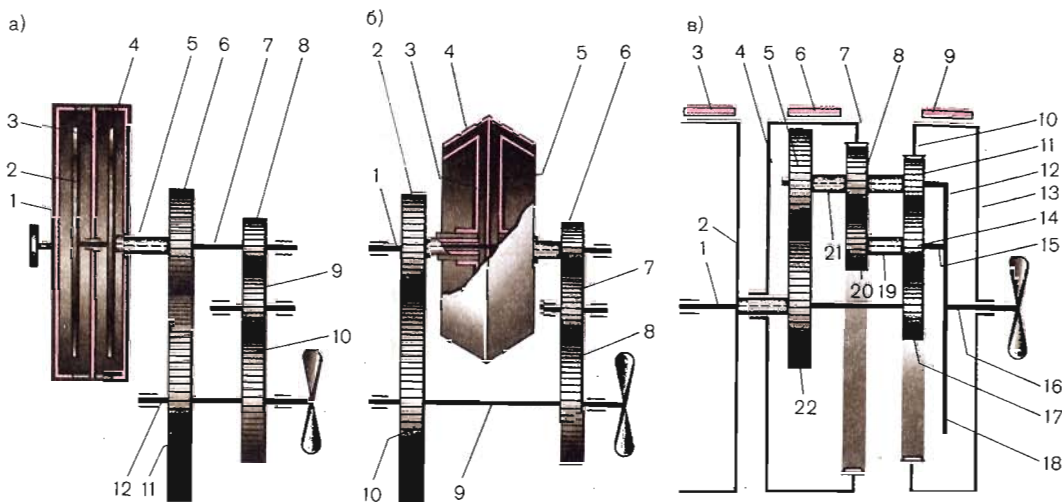


Рис. 93. Схемы реверс-редукторов

жимной диск 3 смещается вправо до сцепления с диском 4 переднего хода. Барабан 1, вращаясь вместе с валом дизеля, приводит во вращение пустотельный вал 5 и через шестерни 6, 11 — ведомый вал 12. Последний вращает гребной винт в направлении, обратном коленчатому валу дизеля, и с меньшей частотой, значение которой зависит от передаточного отношения шестерен 6 и 11. Шестерни 8, 9, 10 и вал 7 с диском 2 вращаются в этом случае вхолостую.

Если нажимной диск 3 ввести в сцепление с диском 2, то через вал 7, шестерни 8, 9, 10 и вал 12 гребной винт будет вращаться с меньшей частотой в том же направлении, что и коленчатый вал дизеля, обеспечивая задний ход судна, а шестерни 11, 6, вал 5 переднего хода и соединенный с ним диск 4 будут вращаться вхолостую. Переключение реверс-редуктора с переднего хода на задний и наоборот производят при частоте вращения коленчатого вала  $600\text{--}800\text{ мин}^{-1}$  с выдержкой в нейтральном положении,

необходимой для остановки ведомого вала.

Реверс-редукторы с одинарными дисковыми муфтами сцепления используют в СЭУ небольшой мощности с дизелями 6ЧСП 15/18, 6ЧСП 12/14, ЧСП 10,5/13.

Для передачи сравнительно больших вращающих моментов реверс-редукторы выполняют с конусными или блочными фрикционными муфтами сцепления. Схема устройства одного из таких реверс-редукторов с двусторонней конусной муфтой сцепления 4 показана на рис. 93, б.

Муфта реверс-редуктора соединена с ведущим валом 1, на котором свободно посажены шестерни переднего 2 и заднего 6 хода. На холостом ходу ведущий вал 1 вращается вместе с муфтой 4, ведомый вал неподвижен. Для переднего хода судна муфту трения 3, закрепленную шлицами на ступице шестерни 2, вводят в сцепление с двусторонней конусной муфтой 4. Ведомый вал 9 через шестерни 2 и 10 вращается в этом случае в направ-

лении, обратном коленчатому валу. При включении муфты 5 ведущий 1 и ведомый 9 валы через зубчатую передачу 6, 7, 8 вращаются в одну и ту же сторону, обеспечивая задний ход судна. У дизелей 6ЧСП 27,5/36 с блочными фрикционными муфтами сцепления ведущий вал жестко связан с барабаном, на шлицах которого смонтировано несколько ведущих фрикционных дисков переднего и заднего хода. Такие же диски (ведомые) насажены на шлицах ступиц шестерен переднего и заднего хода. Механизм переключения редуктора выполнен в виде двух гидроцилиндров, смонтированных в барабане. При подаче специальным насосом масла в тот или другой гидроцилиндр диски трения входят в сцепление, благодаря чему получают вращение шестерни переднего или заднего хода.

В последнее время получают распространение планетарные реверс-редукторы (рис. 93, в). Соосные ведущий 1 и ведомый 16 валы такого редуктора соединены планетарной передачей (шестернями с параллельными и подвижными осями вращения). Реверс-редуктор обеспечивает холостой ход дизеля, задний ход судна и две скорости (порожнем и буксирную) на передний ход. Ведущий вал редуктора жестко связан с шестерней 17, входящей в зацепление с шестерней 14. Последняя закреплена на втулке 19 вместе с промежуточной шестерней 20. Шестерни 11, 8 и 5 связаны с втулкой 21, причем первые две из них находятся в зацеплении с шестернями 14, 20 и шестернями 10, 7, имеющими внутренние зубцы. Ободы 13, 4 шестерен 10, 7 являются одновременно и тормозными шкивами. Оси 12 и 15 шестерен скреплены с диском 18, жестко связанным с ведомым валом 16. Шестерня 5 входит в зацепление с ше-

стерней 22, закрепленной на ступице шкива 2, свободно сидящего на ведущем валу 1. Рукоятка управляющего золотника реверс-редуктора имеет четыре положения: «Стоп», «Свободный ход» (первая скорость), «Буксирный ход» (вторая скорость) и «Задний ход». При положении «Стоп» тормозы 3, 6 и 9 отжаты, т. е. ободы 4, 13 и шкив 2 не застопорены. Шестерня 17 ведущего вала через шестерню 14 вращает втулку 19 и шестерню 20, а они в свою очередь — шестерни 11, 8, втулку 21 и шестерню 5. Так как вращение ведомого вала 16 встречает значительное сопротивление, он и диск 18 остаются неподвижными. Шестерни 11, 8, 5 вращают вхолостую ободы 13, 4 и шкив 2.

Для сообщения судну первой скорости на передний ход тормозом 9 стопорят обод 13. Планетарная шестерня 11 будет обкатываться по неподвижной шестерне 10, вращая вместе с осью 12 диск 18 и ведомый вал 16. Обод 4 и шкив 2 при этом вращаются вхолостую. Шестерни 10 и 7 имеют различные диаметры и различное количество зубьев, поэтому при заторможенном ободе 4 планетарная шестерня 8 будет обегать шестерню 7 и вращать оси 12, 15, диск 18 и ведомый вал 16 с другой (второй) скоростью.

При переводе рукоятки управления реверс-редуктора в положение «Задний ход» тормоз 3 стопорит шкив 2. Шестерня 5 обкатывает шестерню 22 и вращает ось 12, диск 18 и ведомый вал 16 в обратном направлении. Ободы 4 и 13 при этом вращаются вхолостую.

**Подшипники валопровода.** Промежуточные валы вращаются в опорных подшипниках. Число подшипников зависит от длины валопровода. Обычно каждый вал опирается на два под-

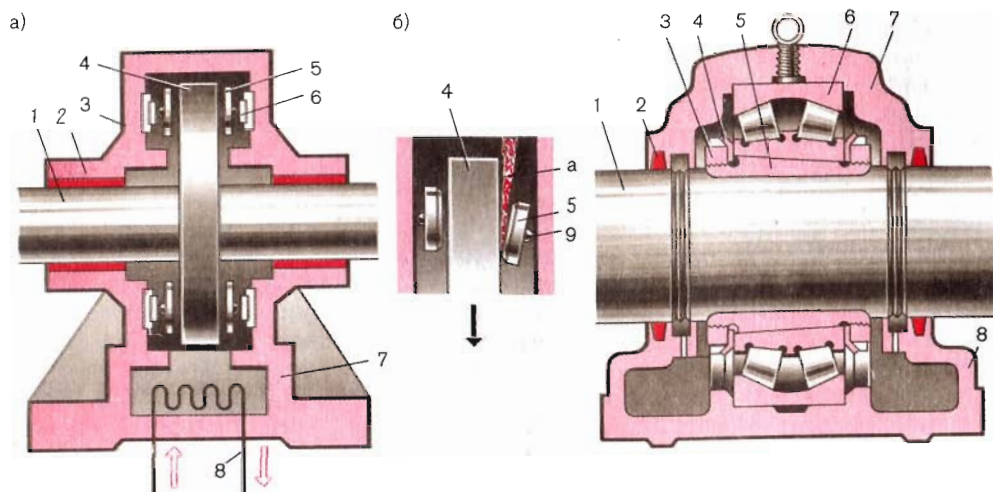


Рис. 94. Упорные подшипники:  
а — скольжения; б — качения

шипника. В качестве опорных на речных судах применяют, как правило, шариковые или роликовые подшипники качения, смазываемые пластичными смазочными материалами.

Упорными могут быть подшипники скольжения и качения. Упорный одногребенчатый подшипник (рис. 94, а) состоит из корпуса 7 и крышки 3. По концам подшипник имеет приливы 2 для опорных вкладышей, воспринимающих радиальные нагрузки упорного вала 1. Вместе с валом 1 откован гребень 4, который воспринимает упор винта и передает его через сегменты 5 скобам 6, вставленным в корпус подшипника и зафиксированным от проворачивания. Упорные сегменты 5 со стороны гребня имеют баббитовую наплавку и упираются в скобы через закаленные центры 9 (рис. 94, б). Нижняя часть подшипника образует масляную ванну. Масло в ванне охлаждается водой, прокачиваемой по змеевику 8.

При вращении упорного вала, например, на передний ход смазочное

масло увлекается в полость между гребнем 4 и сегментом 5, образуя масляный клин а. Под действием гидродинамического давления и силы реакции сегмента последний поворачивается на некоторый угол по отношению к гребню упорного вала. Угол наклона сегмента зависит от частоты вращения гребня и составляет 10—20°. Масляный клин а предотвращает соприкосновение гребня с поверхностью сегментов и, смещая точку приложения силы реакции относительно центра, обеспечивает самоустановку сегментов в зависимости от частоты вращения упорного вала.

Широкое распространение получили шариковые и роликовые упорные подшипники качения. В последних один ряд роликов воспринимает упор винта при переднем ходе судна, другой — при заднем. Внешнюю обойму 6 роликов (рис. 94, б) крепят в корпусе 8 и крышке 7 подшипника, а внутреннюю — на конической втулке 5, состоящей из двух половин, уложенных в выточку упорного вала 1. На втулку с обеих сторон накручены гайки 3



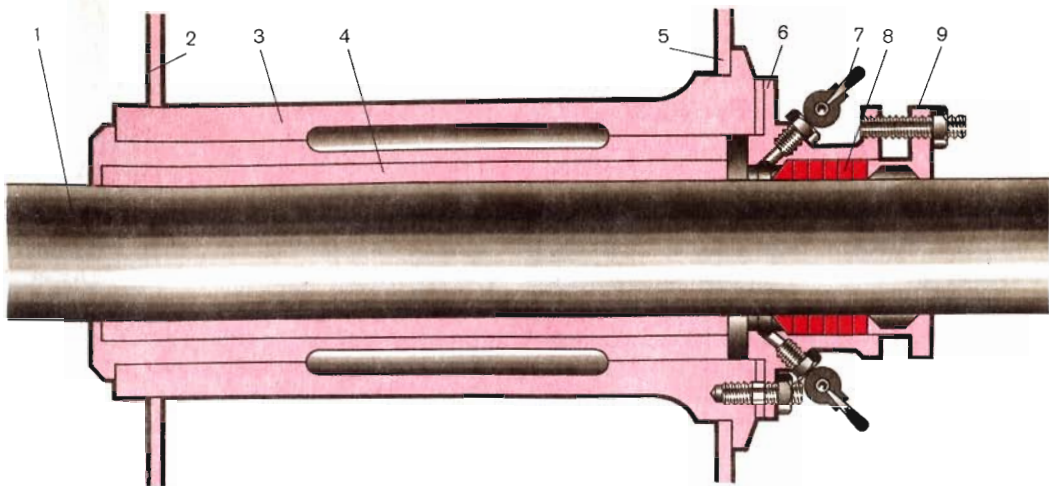


Рис. 95. Дейдвудное устройство

со стопорными шайбами 4. Гайки 3 фиксируют внутреннюю обойму роликов от осевых смещений. С торцовых сторон подшипника во избежание утечек масла по валу 1 установлены уплотнительные войлочные кольца 2.

**Дейдвудное устройство.** Опорой гребного вала служит дейдвудное устройство, которое представляет собой дейдвудную трубу 3 (рис. 95), закрепленную между переборкой 5 и наружной обшивкой корпуса судна (ахтерштевнем) 2. В дейдвудной трубе размещают втулку 4 с антифрикционным покрытием. Она, собственно, и является опорой гребного вала 1. Вследствие контакта с забортной водой гребные валы подвергаются коррозии и усиленному изнашиванию, поэтому для повышения срока службы

на их рабочие шейки напрессовывают тонкостенные втулки (рубашки) из бронзы или нержавеющей стали. В качестве антифрикционных покрытий дейдвудных труб используют бакаут (особую породу тропического дерева), искусственный древесный пластик (лигнофоль, текстолит) и чаще всего вулканизированную резину.

Дейдвудные втулки смазывают водой, поступающей из системы охлаждения дизеля через кран 7. Для циркуляции воды на внутренней поверхности резиновых покрытий имеется ряд продольных канавок. Проникновению забортной воды из дейдвудного устройства в корпус судна препятствует сальниковое уплотнение 6 с нажимной стальной втулкой 9 и набивкой 8 из пеньки, резины и других материалов.

1. Как передается энергия от двигателя к движителю? 2. Каковы отличительные особенности жестких и упругих соединительных муфт валопровода? 3. Для чего в схемы валопроводов включают реверс-редукторы? 4. Поясните принцип работы реверс-редукторов с дисковыми

муфтами и планетарной передачей. 5. Для какой цели на линии валопровода устанавливают упорный подшипник? 6. Каким требованиям должны удовлетворять дейдвудные устройства? 7. Из каких материалов делают дейдвудные втулки?

## УПРАВЛЕНИЕ ДИЗЕЛЯМИ И КОНТРОЛЬ ЗА РЕЖИМОМ ИХ РАБОТЫ

### 18. ПОДГОТОВКА К ПУСКУ, ПУСК И ОСТАНОВКА ДИЗЕЛЕЙ

**Понятие о технической эксплуатации СЭУ.** Под термином «техническая эксплуатация» понимают комплекс организационных и производственно-технических мероприятий по транспортированию, хранению, использованию, техническому обслуживанию и ремонту изделий.

Техническое использование СЭУ включает комплекс мероприятий, выполняемых обслуживающим персоналом, по управлению, контролю и выбору оптимальных режимов работы машин и механизмов с заданными показателями. Для подготовки установок к использованию судовой экипаж выполняет ряд производственно-технических операций по соблюдению исправного технического состояния СЭУ в течение длительного времени работы с заданными технико-экономическими характеристиками. При техническом использовании СЭУ их технико-экономические показатели работы с течением времени изменяются.

Комплекс мероприятий по восстановлению частично или полностью утраченных технико-экономических характеристик СЭУ называют ремонтом.

Непосредственное руководство технической эксплуатацией СЭУ возлагается на капитанов-механиков (механиков) судов, права и обязанности которых определены Уставом службы на судах Минречфлота РСФСР.

Всю работу в области технической эксплуатации флота и по надзору за ним в парках судов выполняют служ-

бы судового хозяйства (ССХ), а в бассейновых управлениях пути (БУП) и в управлениях судоходных каналов (УСК) — механико-судовые службы (МСС), подчиненные главному инженеру парокходства и заместителю начальника БУП (УСК).

Непосредственную связь с судами и технический надзор за ними указанные службы осуществляют через механиков-наставников, групповых инженеров-механиков, линейных механиков.

Техническое использование СЭУ в эксплуатационных условиях сводится в основном к выполнению операций по подготовке к пуску и пуску дизеля; производству маневровых работ, т. е. остановке, реверсированию, пуску на противоположный ход (если дизель реверсивный) и изменению частоты вращения коленчатого вала; управлению СЭУ при различных условиях работы судна; остановке дизеля на непродолжительное и продолжительное время.

**Подготовка дизеля к работе после продолжительной стоянки.** Содержание и последовательность выполнения операций по подготовке дизеля к пуску определяются конструктивными особенностями СЭУ и регламентируются инструкциями по их эксплуатации. Прежде чем приступить к производству операций по подготовке дизеля к пуску, необходимо проверить работу устройств связи машинного помещения с ДПУ, аварийного освещения,

водоотливных, осушительных и противопожарных средств. Полнота и тщательность проведения всех подготовительных операций в значительной степени влияют на надежность и безопасность пуска и последующей работы дизеля. Фактический объем подготовительных работ зависит от того, в каком состоянии находился дизель перед пуском.

После продолжительной стоянки и ремонта подготовку дизеля к пуску начинают с его расконсервации (удаления с поверхностей деталей консервационных масел) и внешнего осмотра. Для удаления консервационных масел с внутренних поверхностей (при подготовке к пуску) дизель подогревают водой с температурой 90—95 °С, прокачиваемой через систему охлаждения; картер и маслосборник промывают дизельным топливом; масло из цилиндров удаляют сжатым воздухом (при открытых пусковых клапанах и индикаторных кранах); детали, смазанные консервационным маслом вручную, протирают ветошью, промывают керосином или дизельным топливом. При этом проверяют надежность крепления разъемных соединений; удаляют находящиеся поблизости от дизеля и ненужные для пуска инструмент, приспособления и другие детали; убеждаются в отсутствии посторонних предметов в картере, впускных и выпускных коллекторах, на крышках цилиндров, в приводах навесных механизмов и других движущихся частях дизеля. Через отверстия для форсунок осматривают внутренние полости цилиндров, убеждаются в легкости хода управляемых клапанов и золотников.

Завершив внешний осмотр и контроль монтажа основных узлов СЭУ, готовят к работе систему дизеля. При проверке системы охлаждения определяют герметичность охладителей, тру-

бопроводов, резиновых уплотнений в нижних поясах втулок цилиндров, устанавливают краны, клинкеты и вентили в рабочее положение и прокачивают систему резервным насосом до полного удаления из нее воздуха.

При необходимости расширительный бак заполняют до установленного уровня умягченной водой и опресывают систему под давлением, превышающим рабочее не менее чем на 20%.

При подготовке топливной системы к работе проверяют качество очистки цистерн, фильтров, сепараторов, подогревателей; заполняют топливом или определяют уровень топлива в расходных цистернах, удаляют из них отстой воды и механические примеси; определяют правильность сборки фильтров и сепараторов; устанавливают краны на топливном трубопроводе в рабочее положение и выясняют, поступает ли топливо к ТНВД. Прокачивают топливную магистраль высокого давления до полного удаления воздуха, проверяют ее герметичность, качество распыливания топлива форсунками, угол опережения подачи топлива, нулевое положение реек и подвижность деталей регулятора частоты вращения коленчатого вала.

После выполнения необходимых работ по подготовке к действию систем охлаждения и топливной приступают к проверке смазочной системы. При такой очередности проведения подготовительных операций исключается возможность попадания воды и топлива в смазочную магистраль дизеля. При подготовке смазочной системы проверяют герметичность соединений, уровень масла в расходных цистернах и маслосборниках, качество их очистки, удаляют из системы воздух, устанавливают клапаны в рабочее положение, пускают резервный насос и, провора-

чивая коленчатый вал валоповоротным устройством на 2—3 оборота, убеждаются в подводе масла ко всем узлам трения и в свободном перемещении подвижных деталей дизеля. Если элементы системы работают нормально, выключают резервный насос и заполняют маслом корпуса реверс-редуктора, регулятора частоты вращения коленчатого вала, ванны турбокомпрессора и других механизмов; смазывают вручную детали, не подключенные к циркуляционной смазочной системе. Когда температура наружного воздуха ниже 8 °С, масло подогревают до 30—35 °С.

Перед пуском дизеля определяют давление сжатого воздуха в баллонах, и, если оно недостаточно, вводят в действие компрессор. После удаления из системы воды и масла устанавливают в рабочее положение клапаны на воздушном трубопроводе.

Подготовку системы пуска электростартером начинают с обследования аккумуляторных батарей. Уровень электролита и напряжение на зажимах батарей должны быть в пределах установленных норм, а стартер и привод зацепления его с венцом маховика — в исправности.

Перестановкой органов управления из положения «Вперед» в положение «Назад» и обратно проверяют легкость передвижения и правильность действия всех приводов от местного поста управления; убеждаются в наличии пломб на КИП, аппаратуре системы СПАСЗО, упорах ограничения максимальной подачи топлива и других средствах контроля.

Если система ДАУ исправна, уточняют согласованность указателей местного и дистанционного постов управления в положениях «Стоп», «Работа», «Пуск», производят пробное проворачивание коленчатого вала и реверсирование дизеля при открытых инди-

каторных кранах и выключенных ТНВД. Переводят все органы управления в положение «Стоп». При отсутствии неполадок дизель считают подготовленным к пуску.

**Подготовка к пуску после кратковременной стоянки.** В случае непродолжительной стоянки (не выше 12 ч) дизель готовят к пуску в следующем порядке:

убеждаются в отсутствии посторонних предметов на крышках цилиндров, валопроводе и вблизи других движущихся деталей;

проверяют, не закрыты ли приемный и отливной краны забортной воды, уточняют уровень умягченной воды в расширительном баке системы охлаждения и при необходимости доводят его до установленного значения;

осматривают топливную систему; определяют, достаточно ли топлива в расходной цистерне, и удаляют из нее отстой воды и механических примесей; открывают воздушные краны и пробки на топливных фильтрах, ТНВД и трубопроводе для выпуска из системы воздуха; прокачивают топливные насосы и форсунки, если на стоянке демонтировалась нагнетательная магистраль системы;

проверяют наличие смазочного масла в расходном баке, картере, масло-сборнике, в корпусе турбокомпрессора, реверс-редуктора и других механизмов (уровень масла в расходном баке должен составлять не менее  $\frac{3}{4}$  его объема); удаляют отстой из масло-сборников; убеждаются, что краны и вентили находятся в рабочем положении; прокачивают масляную магистраль резервным насосом и смазывают вручную трущиеся детали, не включенные в циркуляционную смазочную систему;

определяют давление воздуха в баллонах, при необходимости вводят в дей-

ствие резервный компрессор и доводят давление в системе до значения, при котором возможен пуск холодного дизеля, продувают баллоны и соединяют их с пусковой магистралью:

проворачивают коленчатый вал дизеля валоповоротным устройством на 2—3 оборота и убеждаются в отсутствии препятствий для перемещения подвижных деталей (особенно реек ТНВД и органов управления ДАУ);

производят пробное проворачивание коленчатого вала и при отсутствии неполадок считают дизель подготовленным к работе.

**Порядок пуска дизеля.** Периоды пуска и маневрирования, связанные с остановками и реверсированием, являются наиболее напряженными, на них приходится наибольшее число аварийных повреждений дизелей. Для облегчения пуска (повышения надежности самовоспламенения топлива и снижения механических напряжений в деталях) дизели обычно подогревают перед пуском горячей водой, прокачиваемой через систему охлаждения. Некоторые дизели для этой же цели оборудованы подогревателями масла, смонтированными в маслосборнике смазочной системы. В двухкамерных дизелях запальные устройства (электрические спирали) подогревают воздух перед поступлением его в цилиндры. Обязательно должен быть прогрев дизель перед пуском в холодное время года, когда температура воздуха в машинном помещении ниже 8 °С. Некоторые дизели, например 12ЧСН 18/20 и др., вообще запрещается пускать без предварительного подогрева.

Рейки ТНВД при пуске дизеля останавливают в положение такой подачи топлива, при которой обеспечивается минимально-устойчивая частота вращения коленчатого вала. При вращении вала с заданной частотой и

появлении первых вспышек топлива в цилиндрах дизеля рукоятку (маховик) управления переводят из положения «Пуск» в положение «Работа». Задержка в переключении органов управления вызывает повышенный расход воздуха, а преждевременный перевод их в положение «Работа» является причиной остановки дизеля. Если при подаче топлива в цилиндры дизель останавливается, орган управления ставят в положение «Стоп», выясняют причины остановки и только после устранения их повторяют пуск. Неудавшийся пуск не рекомендуется повторять более двух-трех раз.

Нереверсивные дизели пускают без нагрузки, т. е. при отключенных реверс-редукторах, реверсивных муфтах или генераторах. Пуск реверсивных дизелей в зависимости от обстановки (по согласованию с вахтенным начальником) производят на передний или задний ход. После непродолжительной стоянки (менее 1,5 ч) пуск дизеля можно осуществлять с ДПУ без предварительной подготовки. Надежность пуска дизеля зависит от того, насколько быстро создаются благоприятные условия для самовоспламенения и сгорания топлива в его цилиндрах. При нормальных условиях продолжительность пуска обычно составляет 3—5 с. Режим работы (условия эксплуатации) дизеля на сжатом воздухе в период до перехода на топливо называют *пусковым*, а время работы на этом режиме — *временем разгона*. С завершением пуска останавливают насос предварительной прокачки смазочной системы и закрывают вентиль на пусковом баллоне.

Режим работы дизеля после пуска характеризуется неустановившимся тепловым состоянием. Одни детали нагреваются быстро, другие медленно. Тепловое состояние дизеля считают

установившимся, если температура охлаждающей воды и смазочного масла стабилизировалась и прекратилось ее изменение. Режим работы дизеля после пуска до установившегося теплового состояния называют *прогревом*. Продолжительность прогрева зависит от мощности, частоты вращения коленчатого вала, конструктивных особенностей дизеля, начальной температуры воды, масла и других факторов. Обычно время прогрева высокооборотных дизелей составляет 10—15 мин, среднеоборотных 15—25 мин и малооборотных 30—50 мин. В летнее время продолжительность прогрева дизелей может быть уменьшена. Длительная работа дизеля на холостом ходу (без нагрузки) запрещается, так как приводит к излишнему расходу топлива, закоксованию отверстий распылителей форсунок, ухудшению процесса сгорания топлива, пригоранию поршневых колец и клапанов.

В инструкция по эксплуатации дизелей, как правило, указывают допустимую температуру охлаждающей воды и смазочного масла, при которой по окончании прогрева можно нагружать дизель. С достижением температуры умягченной воды на выходе из дизеля 50—55 °С и смазочного масла 40—45 °С СЭУ считают подготовленной к работе при нагрузке 100%.

**Остановка дизеля.** Перевод СЭУ с одной нагрузки на другую, в том числе и при снижении ее, связан с изменением теплового состояния дизеля. Особенно опасна быстрая остановка дизеля, работающего с полной нагрузкой. Остановка дизеля без предварительного охлаждения может привести к перегреву головок поршней, крышек и втулок цилиндров, задирам поршней, отложению нагара на рабочих поверхностях втулок цилиндров и накипи в полостях охлаждения, появлению

трещин в деталях, взрыву паров масла в картере и другим дефектам. Для предупреждения повреждений, которые могут возникнуть при резком изменении теплового состояния дизеля, останавливать его следует постепенно в течение 10—15 мин с определенной выдержкой времени на каждой ступени нагрузки. Вначале дизель переключают на облегченный тепловой режим с нагрузкой 25—30%, а затем — на режим малого хода. Рукоятку управления в положении «Стоп» устанавливают только при снижении температуры воды, выходящей из дизеля, до 50—60 °С. Нереверсивные дизели должны для этого 3—5 мин проработать вхолостую.

Немедленная остановка СЭУ допускается только в исключительных случаях, когда ее работа угрожает жизни людей или сохранности груза. Если дизель был остановлен на полном ходу средствами защиты (при срабатывании СПАСЗО), обслуживающий персонал должен принять меры для постепенного охлаждения его деталей (прокачать смазочную магистраль резервным насосом, повернуть коленчатый вал валоповоротным устройством и др.).

**Обслуживание неработающего дизеля.** После остановки дизеля некоторое время в нем необходимо поддерживать циркуляцию воды и смазочного масла, прокачивая соответствующие системы резервными насосами. Прокачивание систем прекращают при понижении температуры воды на выходе до 30—35 °С. При остановке дизеля более чем на 12 ч закрывают вентили пусковых баллонов и запорный клапан воздушной магистрали, перекрывают топливопровод и магистраль забортной воды в системе охлаждения, открывают индикаторные краны и спускные краны на воздушных ресиверах и наддувочных коллекто-

рах. По мере остывания дизеля коленчатый вал проворачивают на 2—3 оборота, производят наружный осмотр СЭУ, обтирают дизели снаружи и смазывают вручную все детали, не обслуживаемые циркуляционной смазочной системой.

Для осмотра внутренних частей дизеля вскрывают крышки картерных люков. В картере может образоваться взрывоопасная концентрация паров масла, поэтому вскрывать крышки разрешается только через 10—15 мин после остановки дизеля. Осматривают и проверяют крепление маслопроводов, коренных и шатунных подшипников, других деталей и соединений, расположенных в картере, устраняют обнаруженные неисправности и закрывают крышки.

Если дизель остановлен на продолжительный срок (свыше 5 сут), удаляют воду из системы охлаждения и отстой из топливных и смазочных систем, смазывают наружные неокрашенные поверхности деталей и при необходимости заменяют масло. Не менее одного раза за 5 сут проворачивают коленчатый вал на несколько обо-

ротов, причем после каждого проворачивания он должен быть остановлен в новом положении. Для выполнения этой операции смазочную систему прокачивают маслом и проворачивание коленчатого вала начинают только с появлением давления в магистрали после фильтра. В случае длительного бездействия дизель через каждые 7—10 сут пускают на 10—15 мин с малой нагрузкой.

При подготовке дизеля к длительной стоянке в межнавигационный период удаляют воду из системы охлаждения и продувают ее сжатым воздухом; заполняют топливную систему обезвоженным дизельным топливом; сливают смазочное масло из системы; промывают и очищают картер и фильтры; освобождают от загрязнения и масла внешние поверхности деталей и насухо протирают их чистой ветошью, после чего производят антикоррозионную обработку (консервацию) дизеля. В судовых условиях консервацию (покрытие рабочих и неокрашенных поверхностей деталей защитной пленкой) чаще всего выполняют смазочным маслом, обезвоженным при нагреве до 110—120 °С.

---

1. Какие операции выполняют при подготовке дизеля к пуску после длительной и кратковременной стоянок? 2. В чем состоят эксплуатационные особенности пускового режима? 3. Почему необходим прогрев дизеля после пуска? 4. Какие существуют правила для перевода дизе-

лей с холостого хода на номинальную нагрузку? 5. Какие операции выполняют при остановке дизеля более чем на 12 ч? 6. Зачем при длительной стоянке дизеля периодически проворачивают коленчатый вал с остановкой его каждый раз в различных положениях?

---

## 19. РЕЖИМЫ РАБОТЫ ДИЗЕЛЕЙ

**Понятие о режимах работы дизелей.** Режимы работы дизелей определяются значением эффективной мощности (вращающего момента) и частоты вращения коленчатого вала. Различают установившиеся и неустойчивые

режимы работы СЭУ. Как указывалось, установившиеся режимы характеризуются постоянством теплового состояния деталей дизеля. Для неустойчивых режимов работы дизеля характерна неустойчивость его технико-

экономических характеристик. В соответствии с государственным стандартом различают следующие основные режимы работы дизелей: *номинальной (полной), максимальной и минимальной мощностей*, а также *режим минимально-устойчивой частоты вращения коленчатого вала*.

Режим номинальной (полной) эффективной мощности характеризует длительную работу дизеля при номинальной частоте вращения коленчатого вала, установленной заводом-изготовителем.

Значение предельно допустимой эффективной мощности дизеля, которую он может развивать ограниченное время, установленное заводом-изготовителем, определяет режим максимальной мощности. Для судовых дизелей допускается работа не более 1 ч с перегрузкой по мощности на 10%, а по частоте вращения коленчатого вала — на 3% выше номинальной.

Длительную работу дизеля при наименьшей эффективной мощности, гарантируемой заводом-изготовителем, характеризует режим минимальной мощности. Минимальной эффективной мощностью, составляющей 10—20% номинальной, определяется предел уменьшения скорости судна.

Режим минимально-устойчивой частоты вращения коленчатого вала определяет маневренные возможности судна. На этом режиме работы энергетические ресурсы дизеля используются на 3—4% номинальной мощности и на 30% номинальной частоты вращения коленчатого вала. Продолжительность работы дизеля на данном режиме не должна превышать 2—3 ч.

Кроме перечисленных стандартных режимов, судовые дизели могут работать также на режимах эксплуатационной мощности и холостого хода. К экс-

плуатационной мощности относят среднюю мощность дизеля при плановых загрузке и скорости судна. Для грузовых теплоходов она составляет 85—90% номинальной мощности, для буксирных — 90—95%. При определении плановых показателей работы судна по эксплуатационной мощности дизеля нормируют расход топлива.

Установки, имеющие устройства для разобращения дизелей от гребного вала, могут работать и на режиме холостого хода. Работа дизеля на этом режиме сопровождается значительной неравномерностью подачи топлива, а иногда и пропуском вспышек в цилиндрах, приводящими к нагарообразованиям на поршнях, уплотнительных кольцах, клапанах, распылителях форсунок, поэтому продолжительность режима холостого хода не должна превышать 0,25—0,5 ч.

В исключительных случаях, связанных со спасением людей или груза, вахтенный начальник может принять решение о включении в работу и неисправных дизелей. Такой режим эксплуатации СЭУ называют *аварийным*. Иногда на аварийном режиме работы дизелей обеспечивается при необходимости движение судна к месту ремонта. В этом случае вахтенным начальником (механиком) должно быть организовано при постоянной вахте в машинном помещении тщательное наблюдение за техническим состоянием дизеля.

**Характеристики дизеля.** Приведенная классификация режимов работы дизелей условна. Она не учитывает всех возможных вариантов эксплуатации СЭУ. В зависимости от путевых условий, состояния гребных винтов и других причин судовые дизели могут эксплуатироваться на самых различных режимах. Работу дизелей при этом оценивают по характеристикам, которые представляют собой графиче-



ческую или аналитическую зависимость какого-либо основного показателя (показателей) от частоты вращения коленчатого вала, нагрузки на дизель (эффективной мощности) или определенных условий эксплуатации судна.

По функциональной зависимости характеристики подразделяют на *скоростные*, *нагрузочные* и *специальные*. Скоростные характеристики отражают зависимость удельного расхода топлива, температуры выпускных газов, мощности, среднего эффективного давления и других показателей работы дизеля от частоты вращения коленчатого вала при заданных условиях нагрузки. Нагрузочные характеристики представляют собой зависимость различных показателей работы дизеля от его нагрузки при постоянной частоте вращения коленчатого вала. Специальные характеристики отражают зависимость тех или иных показателей работы дизеля от определенных условий, например угла опережения подачи топлива, температуры охлаждающей воды, давления открытия форсунок и других величин.

*Скоростные характеристики* бывают *внешние* и *винтовые*. Внешние характеристики определяют зависимость эффективной мощности, температуры выпускных газов и других показателей от частоты вращения коленчатого вала при неизменном положении рейки ТНВД. Каждому зафиксированному положению рейки соответствует своя характеристика 2, 3, 4 и 5 (рис. 96, а). Характеристика 2 показывает, какую предельную мощность может развивать дизель при различных условиях эксплуатации. Ее называют *заградительной* и снимают на заводском стенде для головных образцов дизелей после регулирования их на бездымное сгорание топлива при номинальной частоте вращения коленчатого вала. Чтобы

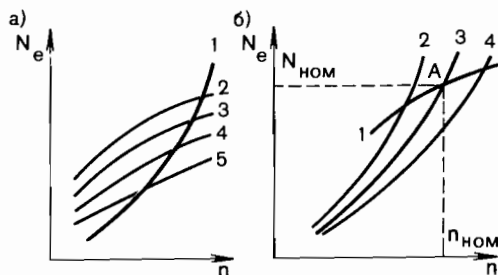


Рис. 96. Характеристики дизеля:  
а — скоростные; б — винтовые

избежать тепловых перегрузок и повреждений деталей, нагружать дизель по мощности выше заградительной характеристики не разрешается.

Основным показателем изменения мощности при длительной надежной работе дизеля является внешняя характеристика 3 номинальной мощности. Ее, как и заградительную, получают во время испытания дизеля на стенде при неизменной цикловой подаче топлива. Характеристики 4 и 5, отражающие зависимость мощности от частоты вращения коленчатого вала при уменьшенных подачах топлива за цикл, называют *частичными*, или *долевыми*.

При испытаниях судов с различной осадкой (от минимальной до максимальной), с составом и без него получают *винтовые характеристики*. Они показывают зависимость эффективной мощности и других показателей работы СЭУ от частоты вращения вала при работе дизеля на винт постоянного шага. Мощность, потребляемая винтом, как известно, прямо пропорциональна частоте вращения коленчатого вала в третьей степени, поэтому кривая винтовой характеристики 1 имеет иной вид, чем внешние характеристики дизеля.

По винтовым и внешним характеристикам можно установить согласованность работы гребного винта с дизелем и определить для заданных усло-

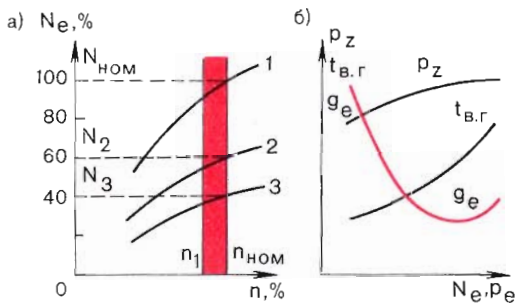


Рис. 97. Характеристики:

а — работы дизель-генератора; б — нагрузочные

вий режимы работы, исключаящие перегрузку дизеля. Например, если винтовые характеристики 2, 3, 4 (рис. 96, б) получены при работе дизеля соответственно с «тяжелым», оптимальным и «легким» винтами, то в указанных условиях эксплуатации полная согласованность между двигателем и дизелем будет только в том случае, когда  $N_e$  и  $n$  дизеля соответствуют по графику точке пересечения линий 2, 3, 4 с внешней характеристикой 1 номинальной мощности. Гребной винт СЭУ считается оптимальным, если точке пересечения А названных линий соответствует номинальная частота вращения коленчатого вала  $n_{ном}$ . Когда она больше номинальной, то винт считается «легким», когда меньше — «тяжелым». При работе судна с «тяжелыми» гребными винтами коленчатый вал главных дизелей не развивает ни номинальной мощности, ни номинальной частоты вращения, а при работе с «легкими» гребными винтами на номинальной частоте вращения не развивает номинальной мощности  $N_{ном}$ , но при номинальной мощности может развить частоту вращения значительно выше номинальной, что нежелательно.

При работе дизеля на генератор переменного или постоянного тока частота вращения его вала должна быть

постоянной при всех значениях электрической нагрузки. Для поддержания постоянной частоты переменного тока отклонение частоты вращения коленчатого вала не должно быть более 1%. Возможные режимы работы дизель-генераторов показаны на рис. 97, а, где 1 — внешняя характеристика номинальной мощности;  $n_{ном}$  — линия номинальной частоты вращения вала;  $n_1$  — линия допустимого отклонения частоты вращения вала дизеля от номинального значения; заштрихованная площадь — поле возможных режимов работы дизеля с генератором электрической энергии.

Из рис. 97, а видно, что с уменьшением электрической нагрузки до значения  $N_2$  или  $N_3$  двигатель должен будет перейти на частичные внешние характеристики 2 или 3.

Нагрузочные характеристики или графики зависимости температуры выпускных газов  $t_{в.г}$ , максимального давления газов  $p_z$  и удельного расхода топлива  $g_e$  в зависимости от среднего эффективного давления  $p_e$  или эффективной мощности  $N_e$  при постоянной частоте вращения коленчатого вала показаны на рис. 97, б.

Графики зависимости скорости хода судна от суммарной эффективной мощности, расхода топлива, тяги на галке, частоты вращения коленчатого вала или температуры выпускных газов дизелей образуют *паспортную характеристику* теплохода. Ее получают по данным испытаний одного из судов серии, находящегося в хорошем техническом состоянии.

Пользуясь такими характеристиками, при плановых и экономических расчетах по двум известным параметрам работы судна можно определить остальные. Обычно паспортные характеристики имеют ограничительные линии, характеризующие предельные зна-

чения тех или иных величин, допускаемых при различных условиях эксплуатации судна.

**Контроль режимов работы дизелей.** В период эксплуатации СЭУ обслуживающий персонал должен принимать все необходимые меры по обеспечению длительной непрерывной работы дизелей на заданных режимах с минимальными расходами топлива и смазочных материалов.

Обслуживание эксплуатируемых дизелей сводится в основном к производству нужных маневров при возможных изменениях режимов СЭУ, поддержанию технико-экономических показателей работы дизелей в заданных пределах и выполнению ряда ремонтных операций, не требующих остановки дизеля. Некоторые дефекты (жесткость работы, отказы навесных механизмов, стуки в клапанном приводе и кривошипно-шатунном механизме, пропуски газов через пусковые, впускные, выпускные клапаны и др.) обнаруживаются даже при тщательной подготовке дизелей только при вращении коленчатого вала. Поэтому обслуживающий персонал должен уметь отличать на слух нормальный шум работающей СЭУ от ненормального, точно определять причину его возникновения и своевременно устранять обнаруженные неисправности. Работу дизеля контролируют по показаниям КИП, сигналам СПАСЗО, визуальным осмотром деталей и проверкой на ощупь их степени нагрева.

На судах с автоматизированными средствами управления контроль за эксплуатацией СЭУ производят с периодичностью, установленной для обслуживаемой работы, или с периодичностью смены вахта. При этом перепад температуры на входе воды в дизель и на выходе из него не должен превышать 8—20 °С, а температура

воды на выходе из различных крышек цилиндров не должна отличаться более чем на 5 °С. Давление и температура смазочного масла должны быть в пределах, установленных инструкцией по эксплуатации дизеля: давление 0,15—0,7 МПа, температура на входе в дизель с подшипниками из свинцовистой бронзы 80—85 °С, с баббитовыми подшипниками — 50—60 °С.

В процессе эксплуатации мощность и частота вращения коленчатого вала дизелей не должны превышать номинальных значений, а выпускные газы должны быть бесцветными. Темный цвет газов свидетельствует о плохом смесеобразовании и сгорании топлива, неисправности топливной аппаратуры, низкой температуре стенок цилиндра, превышении мощности (перегрузке) дизеля, голубой — о сгорании масла в цилиндрах, белый — о наличии воды в выпускном коллекторе.

Перегрузка главных дизелей возникает вследствие неудовлетворительной работы топливной аппаратуры, при нарушении газораспределения, из-за неблагоприятных атмосферных и гидрологических условий (штормового ветра, малых глубин фарватера), при буксировке (толкании) тяжелых составов, движении двух- или трехвального судна с одним выключенным дизелем и вследствие других причин. Наряду с дымностью выпуска при перегрузке дизеля наблюдается глухой стук в цилиндрах и резкое повышение температуры выпускных газов, воды, масла, подшипников, картерных крышек и других деталей.

Различают перегрузку: по температурному режиму, когда температуры воды, масла и газов возрастают при сгорании нормального количества топлива в случае недостатка воздуха; по скорости — вследствие увеличения частоты рабочих циклов и по сред-

нему эффективному давлению — при увеличении цикловой подачи топлива. Перегрузку по температурному режиму определяют термометрами (см. рис. 85), по частоте вращения коленчатого вала — тахометром (см. рис. 86), по среднему эффективному давлению — положением рукоятки (маховика) управления подачей топлива или рейки ТНВД, которые не должны быть вне заданных пределов. При работе дизеля с перегрузкой ухудшаются условия сгорания топлива в цилиндрах, повышается удельный расход топлива, пригорают поршневые кольца и с ухудшением условий смазывания возрастает износ деталей ЦПГ. При значительных перегрузках дизелей может возникнуть заедание поршней, образование трещин в крышках цилиндров, поршнях и блоках, выплавление подшипников

и взрывы паров масла в картере. Во избежание перегрузки дизеля следует особое внимание обращать на температуру выпускных газов и при ее повышении немедленно снизить частоту вращения коленчатого вала настолько, чтобы привести температуру выпускных газов к заданным для данного типа дизеля значениям и только после устранения причин перегрузки увеличивать частоту вращения вала до номинальной. Работа дизелей с небольшой перегрузкой допускается только в исключительных случаях и при усиленном наблюдении за ними. В соответствии с Правилами Речного Регистра РСФСР в рубке судов с мощностью дизелей более 220 кВт рекомендуется устанавливать световой сигнал о перегрузке дизелей по температуре выпускных газов.

---

1. Что понимают под режимом работы двигателей и на каких режимах могут работать судовые дизели? 2. Какие виды характеристик наиболее часто используют при анализе работы дизелей? 3. Каковы особенности работы дизе-

лей с «легким», «тяжелым» и оптимальным винтами? 4. За показаниями каких КИП необходимо наблюдать во время работы дизеля? 5. Вследствие каких причин возможна перегрузка дизелей и как ее определяют?

---

## ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ДИЗЕЛЕЙ

### 20. ПЕРИОДИЧНОСТЬ И СОДЕРЖАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

**Цель и периодичность проведения технических обслуживаний.** Для поддержания СЭУ в состоянии, обеспечивающем их постоянную готовность к действию, обслуживающий персонал систематически в установленные сроки проводит определенный комплекс контрольных, регулировочных, смазочных и других работ по предупреждению и устранению неисправностей, снижению интенсивности изнашивания деталей и узлов судовой техники. Комплекс этих работ называют *техническим обслуживанием*. Выполняют их в плановом порядке во время движения судна, при стоянке в портах или со специальной остановкой судна без вывода его из эксплуатации. Техническое обслуживание СЭУ судовым экипажем проводится под руководством капитана-механика (механика) судна. Для повышения качества технического обслуживания (ТО) все элементы СЭУ закрепляют за отдельными членами судового экипажа. Руководящими материалами по техническому обслуживанию, кроме ежедневного ТО для дизелей, предусмотрено еще пять объемов обслуживания. По периодичности ТО судовые дизели объединены в четыре группы: к первой относят дизели с частотой вращения вала  $275 - 600 \text{ мин}^{-1}$ , к второй — с частотой вращения  $601 - 1499 \text{ мин}^{-1}$ , к третьей — с частотой вращения  $1500 \text{ мин}^{-1}$  и более, в четвертую группу выделены дизели 12ЧСН 18/20.

Для обеспечения проверки всех механизмов и систем за цикл обслу-

живания и повышения надежности работы дизеля каждое последующее ТО включает все работы предыдущего. Работы, связанные с выводом судна из эксплуатации при ТО, сведены к минимуму, а наиболее трудоемкие и высококвалифицированные из них выполняют БПУ. Эффективность системы технического обслуживания в каждом конкретном случае определяется удельной трудоемкостью ТО в человеко-часах, удельной продолжительностью в часах и удельными затратами в рублях на 1 тыс. ч работы СЭУ.

**Содержание технических обслуживаний.** Перечни работ по каждому объему ТО конкретно для каждого дизеля установлены нормативными документами по техническому обслуживанию дизелей, разработанными Минречфлотом РСФСР. К операциям ежедневного ТО относят, например: работы по поддержанию надлежащего порядка в машинном помещении; наружный осмотр дизеля, приборов, арматуры и их очистку от потеков топлива, воды, масла; осмотр трубопроводов и устранение обнаруженной течи и пропусков рабочей жидкости; проверку наличия топлива, воды и масла в соответствующих цистернах и удаление из них отстоя; проверку легкости и плавности перемещения рукояток и тяг системы управления; пополнение маслом автоматических масленок и смазывание мест ручной смазки; продувку пусковых баллонов; проверку исправности КИП, систем СПАСЗО, ДУ, ДАУ

и других средств автоматизации; контроль параметров работы дизеля по штатным КИП с записью их показаний в машинный журнал.

Техническое обслуживание № 1 проводят через 60—250 ч работы дизелей. При ТО-1, кроме операций ежедневного технического обслуживания, очищают и промывают фильтры, центрифуги и сепараторы, производят контроль браковочных показателей масла, удаляют отстой из топливных и масляных цистерн, проверяют качество крепления ответственных деталей.

Техническое обслуживание № 2 в зависимости от группы дизелей проводят через 250—750 ч работы. Во время ТО-2 выполняют работы ТО-1 и, кроме того, проверяют зазоры в приводах впускных и выпускных клапанов; определяют надежность крепления крышек цилиндров, фундаментных рам, шатунных и коренных подшипников, валопровода и других деталей; устанавливают качество распыливания топлива; проверяют техническое состояние компрессоров, насосов и других навесных механизмов; определяют надежность работы и качество регулирования элементов ДАУ. В случае отрицательных итогов анализа заменяют масло в смазочной системе дизеля и промывают маслопроводы, фильтры, картёры и другие маслосборники. Анализ смазочного масла проводят с помощью переносных лабораторий или береговых лабораторий пароходств. Для оценки интенсивности действия средств очистки масла и необходимости смены масла при теплотехнических испытаниях может производиться диагностирование дизелей по концентрации продуктов изнашивания (железа, меди, олова) в смазочном масле. Для этого пробу масла сжигают с помощью вольтовой дуги и регистрируют спектр паров продуктов изнашивания с по-

мощью специального спектрографа. По спектральным линиям определяют наличие в масле тех или иных металлов изнашивающихся деталей.

При ТО-3, осуществляемом через 500—1500 ч, кроме работ ТО-2, дополнительно проверяют валопровод (определяют значения прогиба валов и зазоров в подшипниках без их вскрывания); заменяют масло в реверс-редукторных передачах; опрессовывают ТНВД; очищают и промывают водяные полости охладителей воды и масла; проверяют техническое состояние электрооборудования; регулируют реле; при необходимости заменяют или ремонтируют изношенные клапаны, мембраны и другие средства автоматизации. Указанные работы обычно выполняют при стоянке судна в порту или в конечных пунктах экипажем совместно с рабочими БПУ.

Для выполнения ТО-4 через 1000—3500 ч работы СЭУ требуется специальная остановка судна без вывода его из эксплуатации. При ТО-4, кроме работ, выполняемых во время ТО-3, осматривают камеры сгорания, поршни, поршневые кольца и очищают их от нагара, заменяют изношенные кольца; очищают и притирают впускные, выпускные и пусковые клапаны; проверяют и регулируют зазоры в подшипниках дизеля и шестеренных передачах; регулируют приводы клапанов распределения и топливных насосов; заменяют дефектные плунжерные пары, клапаны и распылители форсунок; определяют расхождение щек кривошипов (раскеп) коленчатого вала и герметичность систем; устраняют обнаруженные неисправности; производят ревизию технического состояния систем ДАУ, СПАСЗО и других средств автоматизации.

Техническое обслуживание ТО-5 проводят через 5—7 тыс. ч работы

дизелей в межнавигационный период при текущих ремонтах СЭУ в соответствии с Правилами ремонта судов Минречфлота РСФСР. Объем работ при этих ТО определяется ремонтной ведомостью. На судах смешанного «река — море» плавания (класса «М — СП») ТО-5 проводят по специальному графику в навигационный период с выводом их на определенное время из эксплуатации.

В каждом конкретном случае периодичность, состав, порядок проведения и конкретные сроки выполнения работ по ТО судовой техники устанавливают службы судового хозяйства (механико-судовые службы) пароходств (БУП, УСК). Продолжительность эксплуатации дизеля с плановыми перерывами на ремонт, или наработку его в километрах пробега (часах работы) до заранее обусловленного предельного состояния, т. е. такого состояния, когда его дальнейшая эксплуатация должна быть прекращена для проведения технического обслуживания или ремонта, называют *ресурсом* дизеля. У совре-

менных дизелей ресурс до капитального ремонта в зависимости от частоты вращения вала колеблется от 8 до 50 тыс. ч.

Обеспечение рабочих мест необходимым инвентарем, материалами, инструментом, средствами механизации и автоматизации, запасными узлами и деталями, средствами безопасного обслуживания, контрольно-измерительными приборами, повседневное наблюдение за техническим состоянием элементов СЭУ, систематический анализ их износов и другие мероприятия помогают передовым экипажам судов организовать прогнозирование работоспособности судовых машин и механизмов и при качественном проведении ТО продлить срок их службы (время от начала эксплуатации до момента возникновения оговоренного в инструкции состояния или до выбраковки). Многие передовые экипажи судов при научной организации и качественном выполнении работ ТО увеличили продолжительность эксплуатации судов между текущими ремонтами до двух и более навигаций.

---

1. Что понимают под термином «техническое обслуживание дизелей»? 2. Какими документами регламентируются периодичность и содержание ТО дизелей? 3. Какие операции

выполняют судовые экипажи при ежедневном обслуживании СЭУ? 4. Каковы сущность и содержание ТО-1 — ТО-5? 5. Чем отличается ресурс дизеля от его срока службы?

---

## 21. ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ЗА СОСТОЯНИЕМ ДИЗЕЛЕЙ

**Задачи теплотехнического контроля.** Для проверки соответствия фактических эксплуатационно-технических показателей работы дизелей паспортным и разработки мероприятий по устранению обнаруженных отклонений судовые экипажи систематически не реже одного раза в месяц осуществляют контроль работы СЭУ.

При теплотехническом контроле обслуживающий персонал: определяет частоту вращения коленчатого вала дизеля, температуру выпускных газов по цилиндрам и перед турбокомпрессором, температуру воздуха, поступающего в дизель, температуру охлаждающей воды на выходе из дизеля, температуру смазочного масла на входе в ди-

зель, давление смазочного масла на выходе из дизеля и после фильтра, давление наддува, давление сжатия и максимальное давление цикла, время расходования топлива в объеме мерного бака, плотность топлива и его температуру;

по расходу топлива и температуре выпускных газов определяет эффективную мощность дизелей;

проверяет газораспределение и качество работы топливной аппаратуры дизеля;

выполняет анализ показателей, полученных при теплотехническом контроле;

сравнивает полученные данные с паспортными и в случае обнаружения значительных отклонений подготавливает мероприятия по устранению недостатков в работе дизеля.

Все измерения контролируемых величин выполняют не раньше чем через 1 ч после пуска холодного дизеля. Измерения величин проводят 3 раза в течение 30 мин при работе дизеля на номинальной частоте вращения вала при движении судна по прямому глубоководному плесу с полной грузовой или среднэксплуатационной осадкой. Глубина фарватера при этом должна превышать среднюю осадку судна не менее чем в 6—8 раз, а скорость ветра должна быть не более 3 баллов (3,4—5,2 м/с).

Контрольные измерения величин для буксирных теплоходов и толкачей могут быть проведены и на швартовах с упором судна в стенку при глубине под кормовой частью, превышающей его среднюю осадку не менее чем в 4 раза.

Теплотехнический контроль дизелей с частотой вращения коленчатого вала свыше  $750 \text{ мин}^{-1}$  проводят по сокращенной программе и он обычно сводится к контрольным измерениям частоты вращения вала, расхода топлива, тем-

пературы и давлений газов, воды, смазочного масла.

**Измерение давлений.** В водяной, масляной и воздушной магистральных давления измеряют деформационными манометрами (см. рис. 83). Давление воды на выходе из дизеля не должно отличаться от номинального значения более чем на  $\pm 0,02$  МПа. Давление в системах регулируют с помощью перепускных клапанов водяного или смазочного насосов. Возрастание разности давлений масла до фильтра и после него свидетельствует о засорении фильтра, о необходимости промывки фильтрующего элемента и о включении в систему чистого фильтра. Если резко уменьшилась разность давлений, то это является признаком повреждения фильтрующего элемента. При промывании фильтров следует обращать внимание на состав механических примесей. Наличие металлической стружки в фильтре свидетельствует об усиленном износе подшипников или других трущихся деталей дизеля. Эксплуатировать дизели при падении давления в системе ниже установленного предела или с неисправными фильтрующими элементами запрещается.

Максимальное давление газов в цилиндрах дизелей определяют с помощью максиметра (см. рис. 84). Максиметр соединяют с индикаторным краном цилиндра и определяют давление в конце сжатия и максимальное давление цикла по всем цилиндрам дизеля при работе его на одном скоростном режиме. Давления в конце сжатия определяют при выключенной подаче топлива.

Для определения давления в конце сжатия ( $p_c$ ) и максимального давления цикла ( $p_z$ ) применяют также индикаторы с цилиндрической или стержневой пружиной. Первые используют для индицирования дизелей с частотой вращения коленчатого вала



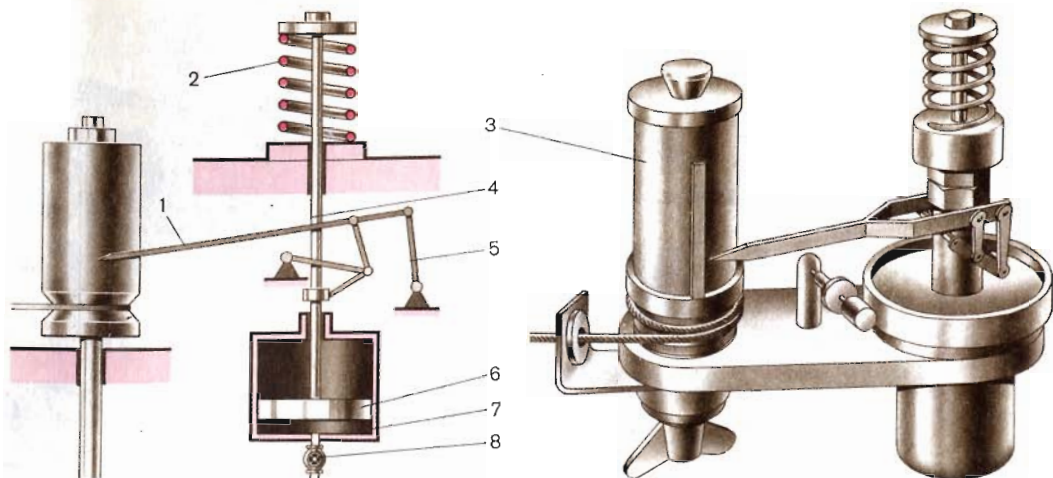


Рис. 98. Индикатор с цилиндрической пружиной

до  $500 \text{ мин}^{-1}$ , вторые — для индирования дизелей с частотой вращения вала более  $500 \text{ мин}^{-1}$ .

Индикатор с цилиндрической пружиной (рис. 98) состоит из трех основных узлов: корпуса, пишущего устройства и барабана с закрепленной на нем бумажной лентой. В корпусе 7 установлена сменная бронзовая втулка и стальной поршень 6. Последний соединен со штоком 4, нагруженным регулировочной пружиной 2. В пишущем устройстве входит система рычагов 5 и карандашдержатель 1.

Перед индированием карандашдержатель подводят к бумаге, открывают кран 8 в корпусе индикатора и поворачивают барабан 3 до упора. Карандашдержатель вычерчивает на бумажной ленте барабана горизонтальную линию. Затем продувают индикаторный кран цилиндра, закрепляют на нем индикатор, открывают индикаторный кран и, медленно поворачивая барабан, получают на бумажной ленте несколько вертикальных линий, называемых *гребенками*. Высота

этих линий в принятом масштабе соответствует давлению в конце сжатия или максимальному давлению цикла.

Индикатор со стержневой пружиной (рис. 99) состоит из барабана 2, пишущего устройства 3, поршня с цилиндром 5 и стержневой пружины 1, смонтированных в корпусе 4. Стержневая пружина в отличие от цилиндрической работает не на растяжение, а, как консольная балка, на изгиб. Повышенная жесткость стержневой пружины снижает погрешность измерений.

В эксплуатационных условиях отклонение фактических показателей при измерении давления от нормативных для данного режима работы дизеля допускается в следующих пределах: отклонение давления сжатия не более  $\pm 2,5\%$ , максимального давления цикла не более  $\pm 4\%$ . Большие отклонения давлений возникают из-за неравномерности распределения нагрузки по цилиндрам дизеля вследствие неравномерности подачи топлива.

**Измерение температур.** Значение температур воды, масла, топлива,

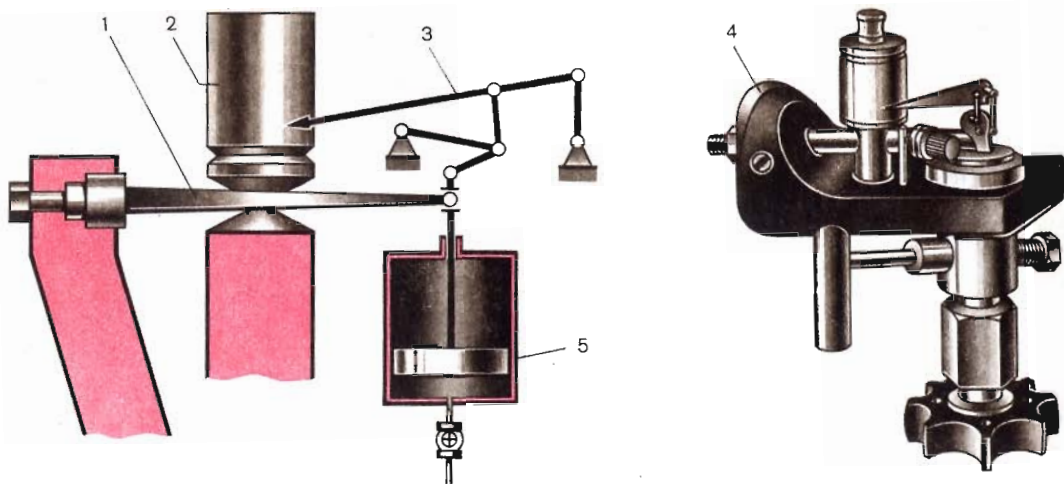


Рис. 99. Индикатор со стержневой пружиной

воздуха определяют ртутными или штатными манометрическими термометрами (см. рис. 85, а, в). Температура воды на выходе из дизеля и смазочного масла после охладителя не должна отличаться от номинального значения более чем на  $\pm 5^\circ\text{C}$ . Указанные пределы отклонения температуры воды и масла в системах дизеля поддерживают изменением настройки терморегуляторов. Температуру выпускных газов по цилиндрам и в выпускном коллекторе измеряют термоэлектрическими термометрами (см. рис. 85, б).

По температуре выпускных газов можно приблизительно оценить равномерность распределения нагрузки по цилиндрам и мощность дизеля в целом. Допустимые значения температур выпускных газов по отдельным цилиндрам не должны отклоняться от средних значений более чем на  $\pm 5\%$ . Большие отклонения температур возникают при перегрузке дизеля или неравномерном распределении мощности по его цилиндрам.

**Определение расхода топлива.** При теплотехническом контроле расход топлива определяют с помощью специального мерного бака (рис. 100), состоящего из трех частей, соединенных стеклянной трубкой 1. Вместимость средней части 2 мерного бака заранее известна.

Запас топлива в этой части бака должен обеспечить дизель топливом при работе его на номинальной мощности в течение 3—5 мин.

Перед началом проведения контроля открывают кран 3 и мерный бак заполняют топливом из расходной цистерны. В момент контроля кран 3 перекрывают, бак подключают к дизелю и, как только уровень топлива достигнет верхней стрелки, установленной на трубопроводе 1, включают секундомер.

При снижении уровня топлива до нижней стрелки на трубке 1 секундомер выключают. Во время измерений режим работы дизеля должен быть постоянным. Зная объем мерного бака и плотность топлива, его средний расход

в килограммах за один час находят по формуле

$$G = 3600V_6\rho/t - G_6,$$

где  $V_6$  — объем мерного бака,  $\text{дм}^3$ ;  $\rho$  — плотность топлива,  $\text{кг/дм}^3$ ;  $t$  — время расхода топлива, ч;  $G_6$  — масса топлива, просочившегося из форсунок и ТНВД,  $\text{кг/ч}$ .

Уровень жидкости контролируют по приборам, показанным на рис. 82.

**Определение эффективной мощности дизеля.** Наиболее точным методом определения эффективной мощности является торсиометрирование дизелей. Однако на судах пока нет необходимых для этой цели приборов (торсиометров). Поэтому мощность дизелей определяют, как правило, по методу косвенных показателей. Сущность его сводится к следующему. Если при испытаниях на стенде в заводских условиях были установлены зависимости ряда показателей от эффективной мощности, то, определив эти показатели в эксплуатационных условиях, по соответствующим графикам можно найти эффективную мощность дизеля. Предположим, теплотехническим контролем установлено, что дизель 6ЧСП 18/22 расходует в час 33,5 кг топлива при частоте вращения коленчатого вала 725  $\text{мин}^{-1}$ . Определяют условную величину  $G/n$ . В нашем примере она составляет 0,0462. По графику зависимости среднего эффективного давления от  $G/n$  (рис. 101) находят  $p_e = 0,744$  МПа. При этом мощность дизеля определяют по формуле  $N_e = A p_e n = 0,0373 \cdot 7,44 \cdot 725 / 1,36 = 148$  кВт. В соответствии с инструкцией по эксплуатации дизелей 6ЧСПН 18/22 полученную мощность приводят к атмосферным условиям с учетом температуры, относительной влажности и барометрического давления воздуха в машинном помещении.

Диаграммы для определения мощности конкретных дизелей приведены в Руководстве по теплотехническому контролю серийных теплоходов.

**Контроль технического состояния дизелей.** Параметрами технического состояния элементов СЭУ могут быть количественные и качественные характеристики их свойств (зазоры, дымность, расход топлива, мощность и т. п.). В процессе эксплуатации параметры состояния механизмов изменяются от номинальных до предельных. В последнее время оценку технического состояния дизелей (диагностирование) без их разборки выполняют с помощью специально разработанных для этой цели приборов.

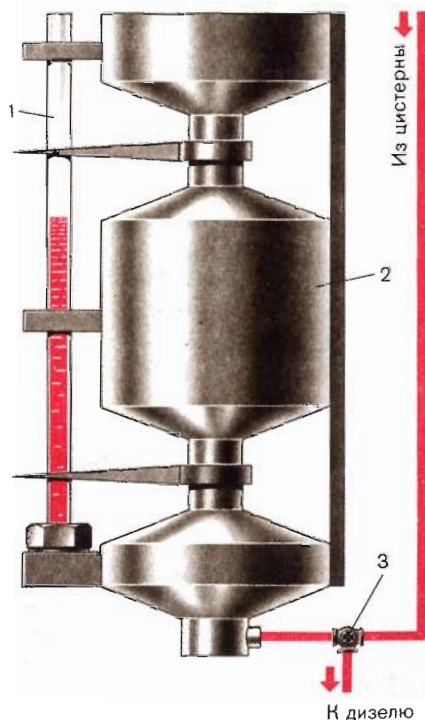


Рис. 100. Бак для определения расхода топлива

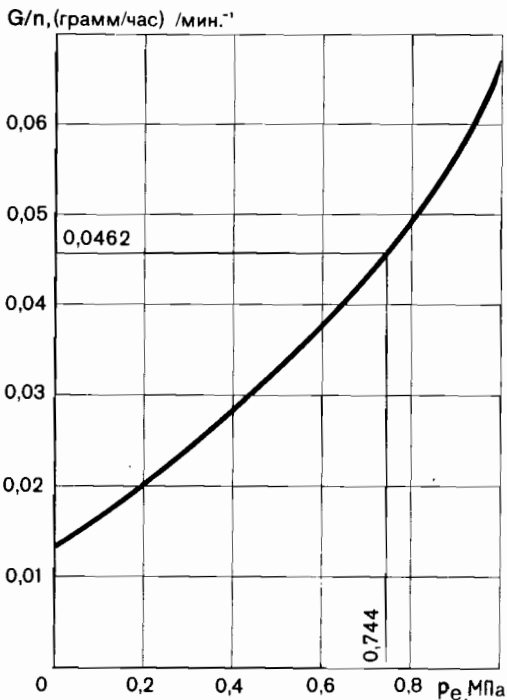


Рис. 101. Диаграмма  $G/p - p$ .

Надежность дизеля в основном зависит от надежности деталей ЦПГ, КШМ и топливной аппаратуры, поэтому созданию методов и средств для их диагностирования уделяют в настоящее время наибольшее внимание.

Для оценки технического состояния (износа) втулок цилиндров, поршней и поршневых колец с помощью максиметра или индикатора определяют давление в конце сжатия в цилиндрах дизеля. Герметичность камеры сгорания проверяют специальным прибором, называемым *пневмоиндикатором*.

Действие пневмоиндикатора основано на том, что при подаче сжатого воздуха в камеру сжатия цилиндра утечка его в картер при закрытых

клапанах характеризует состояние деталей цилиндропоршневой группы (износ, потерю упругости или закоксовывание колец, износ рабочей втулки).

Пневмоиндикатор (рис. 102, а) состоит из игольчатого клапана 4, контрольного манометра 1, показывающего давление воздуха перед дроссельной шайбой 3, и измерительного манометра 2.

Пневмоиндикатор со стороны игольчатого клапана 4 гибким шлангом присоединяют к судовому трубопроводу сжатого воздуха под давлением 0,6—0,8 МПа, а со стороны дроссельной шайбы 3 — к индикаторному крану соответствующего цилиндра дизеля.

Диагностирование ЦПГ проводят через некоторый промежуток времени после остановки дизеля, когда его детали остыли и между поршнями и втулками установился максимальный зазор. Поршень проверяемого цилиндра устанавливают в положение, при котором его впускные и выпускные клапаны закрыты. Промежуточный (гребной) вал СЭУ стопорят тормозом. Игольчатым клапаном доводят давление воздуха по манометру 1 до 0,5 МПа. Открывают индикаторный кран и пропускают воздух в цилиндр дизеля. При негерметичности ЦПГ из камеры сжатия происходит утечка воздуха в картер дизеля и манометры 1 и 2 показывают различные давления. Чем больше утечка воздуха, тем больше зазоры в деталях ЦПГ и тем больше перепад давлений между манометрами пневмоиндикатора. Например, герметичность цилиндров дизелей 8НФД48У при давлении по манометру 2 более 0,3 МПа оценивается как хорошая, при давлении 0,15—0,3 МПа — как удовлетворительная, при давлении менее 0,15 МПа — как неудовлетворительная.

Зная перепад давления  $\Delta p$  (МПа) между манометрами, по графику (рис. 102,б) находят условное суммарное проходное сечение  $F$  (мм<sup>2</sup>) для воздуха. Если перепад давления и условное суммарное проходное сечение превышают предельно допустимые значения для дизеля данной марки, то ЦПГ проверенного цилиндра разбирают для осмотра и определения характера ремонта ее деталей.

С помощью пневмоиндикатора дефектацию ЦПГ шестицилиндрового дизеля, например, можно провести за 1 ч, в то время как для вскрытия, осмотра и измерения диаметра цилиндров дизеля при существующей технологии необходимо около 20 ч.

Важным параметром технического состояния ЦПГ являются также зазоры между поршневым пальцем и боковой поршня, поршневым пальцем и подшипником верхней головки шатуна, подшипником нижней головки шатуна и шейкой вала. Для измерения этих зазоров Ленинградский институт водного транспорта (ЛИВТ) разработал приборы ПЗ 1 и ПЗ 1М, принцип действия которых основан на определении зазоров в кривошипно-шатунном механизме при перемещении последнего вверх под действием вакуума, создаваемого в надпоршневом пространстве цилиндра дизеля.

Прибор ПЗ 1 (рис. 103,а) представляет собой линейный индикатор 1 с измерительным штоком 6. Корпус 2 прибора с помощью сменной втулки 7 крепят в форсуночном отверстии крышки (головки блока) так, чтобы его шток соприкасался с днищем поршня проверяемого цилиндра. Поршень контролируемого цилиндра при этом должен быть в ВМТ. Затем циферблат индикатора 1 поворачивают до совмещения нуля шкалы со стрелкой. Гибкими шлангами соединяют прибор с ре-

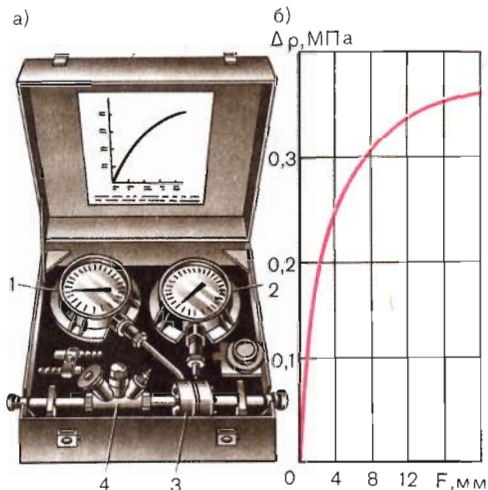


Рис. 102. Пневмоиндикатор (а) и универсальная характеристика индикатора (б)

сивером 5 (рис. 103, б), а последний — с всасывающим патрубком компрессора. Включают компрессор и при достижении определенного разрежения, определяемого по вакуумметру 4, открывают запорный кран 3. Под дейст-

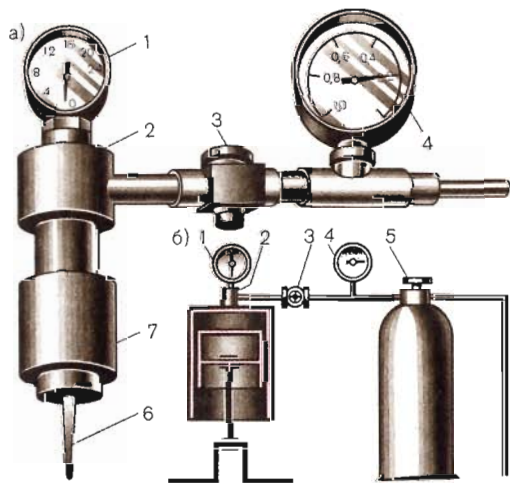


Рис. 103. Индикатор ПЗ 1

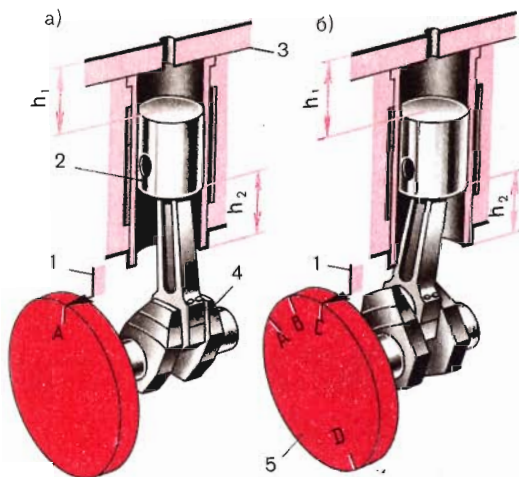


Рис. 104. Определение мертвых точек поршня

вием разрезания, создаваемого компрессором, поршень в цилиндре поднимается вверх сначала на высоту, равную зазору между бобышкой поршня и поршневым пальцем, а затем подтягивает вверх шатун на высоту, равную суммарному зазору в подшипниках. Суммарный зазор в подшипниках КШМ фиксируют по индикатору.

Прибор ПЗ 1М отличается от ПЗ 1 дополнительной электронной приставкой, с помощью которой можно определять зазоры вначале в подшипниках верхней, а затем и нижней головки шатуна.

**Контроль работы системы газораспределения.** Теплотехнический контроль работы клапанного привода обычно проводят в такой последовательности: определяют положение мертвых точек, проверяют зазоры в шестеренной передаче привода, определяют и регулируют тепловые зазоры и фазы газораспределения.

1. Определение положения мертвых точек. В процессе эксплуатации, когда точность положения

поршня в мертвых точках вызывает сомнения, перед регулированием клапанного привода определяют положения мертвых точек поршня первого цилиндра дизеля. Для этого открывают индикаторные краны и медленно поворачивают коленчатый вал 4 (рис. 104, а) в направлении переднего хода, устанавливая поршень 2 первого цилиндра в такое положение, при котором кривошип вала не доходит до ВМТ на 30—40°. На ободе маховика против стрелки-указателя 1 в это время наносят риску А и через гнездо форсунки с помощью стержня или линейки определяют расстояние  $h_1$  от поршня до какой-нибудь неподвижной кромки на крышке 3 цилиндра или посредством линейки определяют расстояние  $h_2$  от нижней кромки поршня до торца втулки цилиндра. Затем проворачивание коленчатого вала возобновляют до тех пор, пока поршень, пройдя ВМТ, не займет первоначального положения. На ободе маховика 5 (рис. 104, б) против стрелки-указателя 1 наносят риску С. Метка ВМТ поршня (риска В) определится как середина между рисками А и С, а диаметрально противоположная ей риска D на ободе маховика будет соответствовать НМТ поршня. Поворачивая коленчатый вал, подводят риску В на маховике к стрелке. Если при этом положении коленчатого вала конец стрелки не совпадает с риской на маховике «ВМТ 1», то стрелку сдвигают до совмещения с риской «ВМТ 1» и закрепляют в новом положении. Найденное положение стрелки еще раз проверяют.

2. Проверка герметичности клапанов. Открытие и закрытие клапанов в соответствии с принятой для данного дизеля диаграммой может быть осуществлено только при правильном монтаже шестерен переда-

чи, соединяющей коленчатый и распределительный валы.

Шестерни передачи имеют сравнительно большой срок службы, поломки их крайне редки, поэтому проверка привода газораспределения в эксплуатационных условиях сводится к определению зазора между изношенными зубьями шестерен. Увеличение зазора между зубьями двух шестерен в 3 раза по сравнению с нормальным считается предельным. Наибольшему изнашиванию при работе дизеля подвергаются коническая (рабочая) поверхность тарелки клапана и его гнездо. При повреждении рабочей поверхности клапанов происходит пропуск через них газов. Клапаны с поврежденной рабочей поверхностью, как правило, заменяют новыми или притирают. Для проверки герметичности клапана на его рабочую поверхность наносят несколько черточек карандашом. Затем клапан устанавливают в гнездо и поворачивают на 30—40°. Если черточки сотрутся, значит клапан притерт хорошо. Притирают клапаны к гнезду с использованием мелкого наждачного порошка, притирочной пасты и чистого масла. Герметичность посадки клапанов на гнезда можно проверить и без их разборки.

Для проверки непроницаемости, например, впускного и выпускного клапанов сжатый воздух подается в цилиндр через индикаторный кран при рабочем положении рычагов управления, когда клапаны должны быть закрыты. В случае пропуска клапанов воздух из цилиндра будет выходить через впускной или выпускной коллектор, что обнаруживается на слух по его шипению в трубопроводах.

3 Регулирование теплового зазора. В клапанном приводе между концом клапанного рычага и торцом штока клапана или между кулачной

шайбой и тарелкой клапана должен быть зазор по значению больший, чем удлинение штока при работе дизеля. В процессе эксплуатации с ослаблением регулировочных винтов и изнашиванием деталей происходит изменение тепловых зазоров в клапанном приводе, поэтому проверку и регулирование их при холодном дизеле необходимо производить через определенное число часов работы СЭУ в соответствии с инструкцией по обслуживанию. Для этого поршень проверяемого цилиндра при такте рабочего хода устанавливают валоповоротным устройством в положение ВМТ, когда оба клапана закрыты. В этом случае между торцом штока и клапаным рычагом или между кулачной шайбой и тарелкой клапана (при надклапанном расположении распределительного вала) образуется зазор, значение которого определяют щупом. В случае отклонения зазоров от допустимых значений производят их регулирование путем ввертывания (для уменьшения зазора) или вывертывания (для увеличения зазора) регулирующего винта толкателя у клапанных приводов с нижним расположением распределительного вала. С уменьшением зазоров открытие клапанов происходит раньше, закрытие — позже; с увеличением зазоров кулачные шайбы набегают на ролик позже и клапан открывается с опозданием, а закрывается раньше.

Состояние зазоров можно контролировать во время работы дизеля поворачиванием штанг рукой. С уменьшением зазора штанги плохо или совсем не поворачиваются, возможен в этом случае и нагрев их верхней части. При большом зазоре возникает стук двигающейся штанги.

В приводах с надклапаным расположением распределительного вала для

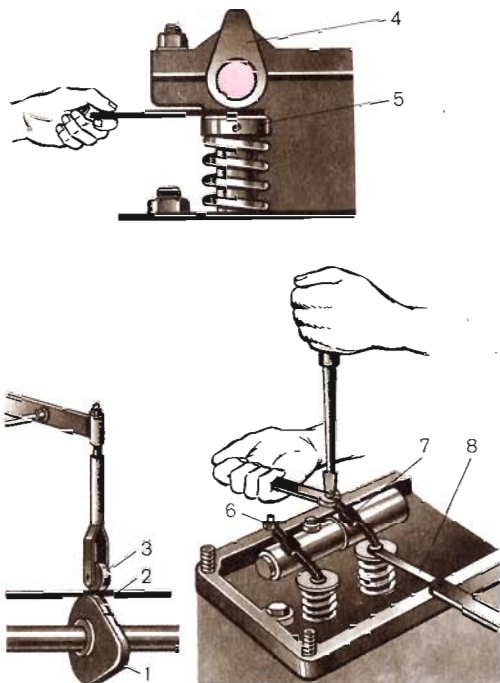


Рис. 105. Проверка и регулирование теплового зазора в клапанном приводе

увеличения теплового зазора смещают вниз замковую тарелку 3 (см. рис. 29) и ввертывают тарелку 4 в шток 5 клапана. Для уменьшения зазора, наоборот, вывертывают тарелку 4 из штока.

4. Проверка и регулирование фаз газораспределения. Отрегулировав тепловые зазоры, приступают к проверке фаз газораспределения. Систему управления дизеля устанавливают в положение «Передний ход». Проверку начинают с первого цилиндра. Валооборотным устройством поворачивают коленчатый вал в направлении заданного хода при открытых индикаторных кранах до тех пор, пока кулачковая шайба 1 (рис. 105) не начнет набегать

на ролик 3 толкателя. Когда ролик толкателя находится на цилиндрической части кулачковой шайбы, его без большого усилия можно повернуть рукой и пластинку шупа (фольга или бумага) толщиной 0,04—0,05 мм свободно входят в зазор между роликом и кулачковой шайбой. В момент открытия клапана ролик 3 не поворачивается рукой и пластинка 2 шупа оказывается зажатой между роликом и выступом шайбы. При этом вращение коленчатого вала прекращают и по делениям на маховике определяют угол опережения открытия впускного клапана: он равен числу градусов, отсчитанных от риски ВМТ, до стрелки, установленной на блоке, т. е. углу, на который кривошип не дошел до ВМТ. Вращая коленчатый вал в том же направлении, определяют момент закрытия впускного клапана. Он наступит, когда профильная часть шайбы освободит ролик, пластинка 2 шупа окажется не зажатой и ролик вновь получит возможность для проворачивания. Вращая коленчатый вал в том же направлении, устанавливают таким же образом моменты открытия и закрытия выпускного клапана. Аналогично проверяют фазы газораспределения и по остальным цилиндрам.

При отсутствии доступа к распределительному валу фазы газораспределения дизелей определяют с помощью пластины шупа 8, вводимых между концом клапанного рычага 7 и штоком клапана или между кулачковой шайбой 4 и тарелкой клапана 5. Зажатие пластинки в момент проворачивания коленчатого вала соответствует началу открытия клапана, а ее освобождение — концу закрытия. В системах газораспределения с надклапанным расположением распределительного вала начало открытия клапана можно



определить путем попыток проворачивания его за тарелку 5. У закрытого клапана тарелка не проворачивается. Если дизель реверсивный, то аналогично проверяют фазы газораспределения и при работе на задний ход.

Полученные сведения о моментах открытия и закрытия клапанов заносят в таблицу и сравнивают с указанными в формуляре. Допуск отклонения фаз по углу поворота вала составляет  $3-5^\circ$ . В случае несоответствия фаз газораспределения паспортным данным только у одного клапана заменяют или переставляют его кулачную шайбу. Когда клапан открывается раньше, а закрывается позже или наоборот, соответственно увеличивают или уменьшают тепловой зазор в приводе регулировочным винтом 6. Если у всех цилиндров дизеля клапаны открываются и закрываются раньше, чем требуется, надо повернуть распределительный вал назад на соответствующий угол против его хода; при позднем открытии клапанов распределительный вал поворачивают вперед по ходу, не изменяя положения коленчатого вала.

Когда в результате проверки газораспределения не обнаруживается никакой закономерности, что указывает на неправильность установки тепловых зазоров или ошибку в определении моментов открытия и закрытия клапанов, фазы газораспределения привода проверяют вторично.

Передача вращения от коленчатого вала к распределительному обычно осуществляется через несколько цилиндрических, конических шестерен и валиков, причем ведомые шестерни монтируют на шлицах хвостовика распределительного вала (у дизелей 12ЧСН 18/20, 6ЧРН 32/48), на регулировочных втулках, имеющих внутри прямоугольные и снаружи треуголь-

ные шлицы для соединения с шестерней (у дизелей 6ЧСП 15/18). В клапанном приводе некоторых дизелей и промежуточные шестерни смонтированы на шлицах своих валов. У дизелей 6ЧСП 27,5/36 ступицу ведомой шестерни крепят на распределительном валу жестко, а обод, соединенный с диском ступицы винтами, сделан с овальными отверстиями, благодаря чему можно при монтаже поворачивать шестерню относительно распределительного вала на некоторый угол в разные стороны. Поэтому регулирование фаз газораспределения, если при этом возникает необходимость в повороте в разные стороны распределительного вала, производят в такой последовательности: устанавливают коленчатый вал в положение, например, начала впуска для первого цилиндра; снимают ведомую или промежуточную шестерню с вала; вращают распределительный вал за ведомую шестерню или при помощи легких ударов по шайбам медным или свинцовым молотком до тех пор, пока впускные шайбы первого цилиндра не начнут открывать клапаны; после чего устанавливают ведомую (промежуточную шестерню) на шлицах вала в положение, при котором она без смещения распределительного вала входит в зацепление с зубьями смежных шестерен; после закрепления шестерен привода, вращая коленчатый вал, определяют момент закрытия впускных клапанов первого цилиндра. В этом случае значение фазы (угла открытия впускных клапанов) должно отличаться от паспортного на  $\pm 3-4^\circ$ , а начало открытия и конец закрытия их будут происходить раньше или позже на соответствующий угол. Аналогично осуществляют регулирование и выпускных клапанов первого цилиндра. Подрегулировку газораспределения остальных

цилиндров производят путем изменения тепловых зазоров в приводе.

**Проверка и регулирование форсунок.** От технического состояния топливной аппаратуры во многом зависят качество пуска, устойчивость работы, мощность дизеля и расход топлива. Наряду с операциями технического обслуживания по поддержанию заданных параметров качества, температуры и давления топлива особое внимание при теплотехническом контроле обращают на исправность действия форсунок и ТНВД.

Следствием неудовлетворительной работы форсунок дизелей являются неполное сгорание топлива в цилиндре, повышенное нагарообразование, дымный выпуск, падение мощности дизеля, стуки. При работе форсунок возможны: закоксование сопловых отверстий, увеличение диаметра сопловых отверстий и потеря ими правильной геометрической формы, подтекание топлива при нарушении герметичности между конусом иглы и распылителем, изнашивание направляю-

щих поверхностей у штанг и корпуса форсунки, зависание иглы в корпусе форсунки, ослабление упругости пружины и другие неисправности.

Дефектацию деталей форсунки осуществляют посредством внешнего осмотра, измерения и испытания на специальных стендах. Нагар с иглы и корпуса распылителя снимают с помощью щеток и деревянных скребков. Сопловые отверстия распылителя обычно прочищают калибровочной проволокой диаметром на 0,02—0,05 мм меньше диаметра сопловых отверстий.

В эксплуатационных условиях герметичность полостей форсунки, давление подъема иглы и качество распыливания топлива проверяют на специальном стенде (рис. 106). Он состоит из одноплунжерного насоса 5 с рычагом 6 ручного привода, топливного бака 1, манометра 4, штатива 3 для крепления форсунки и топливосборника 2. Герметичность полостей форсунки и качество посадки конуса иглы в распылителе проверяют при давлении в нагнетательном трубопроводе стенда на 1,5—2,5 МПа меньше давления подъема иглы и температуре в машинном помещении не менее 20—30 °С. Присоединенная к нагнетательному трубопроводу форсунка вначале прокачивается до удаления из системы воздуха. Затем нажатием на рычаг 6 насоса повышают давление в нагнетательном трубопроводе стенда до определенного указанного в инструкции по эксплуатации дизеля значения. Включают секундомер и наблюдают по манометру за падением давления в результате утечек топлива через зазоры в соединении нагнетательного штуцера с корпусом форсунки, в плоскостях соединений корпуса форсунки с распылителем и между торцами распылителя и нажимной гайки. Как только давление по манометру уменьшится

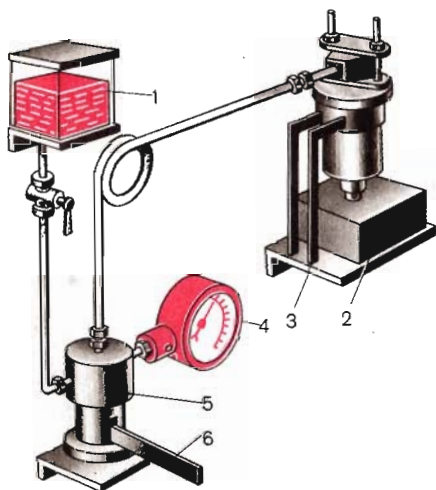


Рис. 106. Стенд для испытания форсунок

до указанного в инструкции значения, секундомер выключают.

Время уменьшения давления в секундах условно характеризует гидравлическую непроницаемость полостей форсунки и при испытании должно находиться в допустимых по инструкции пределах. Например, для дизелей типа 6ЧРН 36/45 время уменьшения давления с 35 до 30 МПа при опресовке форсунок стандартной рабочей жидкостью (смесь дизельного топлива и масла) должно быть в пределах 15—45 с. Время уменьшения давления в форсунках одного дизеля не должно отличаться от среднего для них значения более чем на 25%.

При наличии пропусков в указанных соединениях форсунку снимают со стенда, разбирают, устраняют дефекты, после чего испытывают на стенде повторно. Подтекание топлива через распыливающие отверстия в момент проверки форсунки на герметичность не допускается. Признаком хорошей работы форсунки является металлический звук, сопровождающий подачу топлива. Если топливо выходит из форсунки с давлением большим, чем указано в паспорте, натяжение регулировочной пружины уменьшают, при меньшем давлении — увеличивают. При повторении впрыскивания топлива и регулировании натяжения пружины добиваются соответствия показаний манометра давлению, указанному в паспорте.

Давление открытия форсунки регулируют с погрешностью  $\pm (0,2 \div 0,5)$  МПа. Вместо контрольного манометра на стенде иногда устанавливают эталонную заранее отрегулированную форсунку. Испытуемую форсунку размещают на стенде параллельно с эталонной и, регулируя ее, добиваются одновременности начала подачи топлива с эталонной. Впрыскивание должно быть

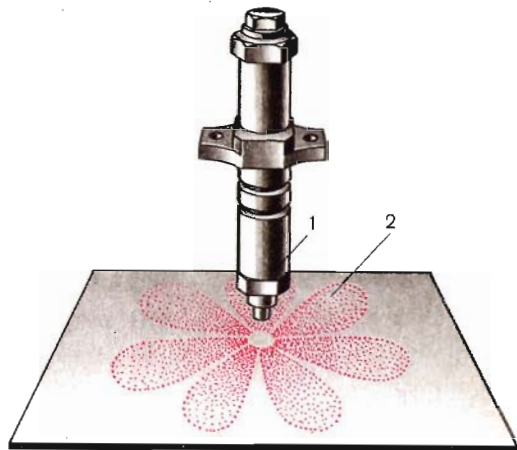


Рис. 107. Проверка качества распыливания топлива

четким и сопровождаться резким отрывистым звуком; после пяти-шести впрыскиваний сопло должно быть сухим. Отсежку впрыскивания проверяют на слух. Качество работы гидрозарядных беспружинных форсунок проверяют на стенде, оборудованном двумя насосами. Один из насосов прокачивает топливо через распылитель, другой создает необходимое давление в полости запирающей жидкости.

Для оценки качества распыливания топлива форсункой 1 (рис. 107) используют экран из толстой бумаги, который располагают перпендикулярно оси форсунки. При хорошем качестве распыливания форма отпечатков 2 топлива, вытекающего из сопловых отверстий, должна быть одинаковой.

**Проверка и регулирование ТНВД.** Во время теплотехнического контроля ТНВД проверяют: герметичность нагнетательных клапанов и плунжерных пар, положение плунжера во втулке, угол опережения подачи топлива, положения нулевой и максимальной подачи топлива, равномерность распределения нагрузки по цилиндрам дизеля.

1 Проверка герметичности нагнетательных клапанов. Для проверки герметичности посадки нагнетательного клапана на гнездо отсоединяют трубопровод к форсунке от ТНВД. На ТНВД устанавливают контрольный манометр и с помощью рукоятки ручной прокачки повышают давление в насосе до установленных значений, например для дизелей НФД 48 — до 30 МПа. При исправном нагнетательном клапане давление с 30 до 20 МПа должно падать в течение не менее 10 мин. В противном случае клапан притирают или заменяют новым.

2 Проверка герметичности плунжерных пар. Качественное состояние сопрягающихся цилиндрических поверхностей плунжера и втулки можно проверить гидравлическим испытанием по времени падения давления в надплунжерном пространстве ТНВД. Для этого вынимают из насоса нагнетательный клапан, присоединяют к штуцеру ТНВД манометр, включают минимальную подачу и с помощью рычага ручной прокачки повышают давление в надплунжерном пространстве до определенного значения. Время падения давления (при неподвижном рычаге ручной прокачки) является браковочным показателем износа пар. Например, для ТНВД дизелей 6ЧСП 15/18 время падения давления от 3,5 до 2,0 МПа при вязкости топлива 9,9—10,9 мм<sup>2</sup>/с должно быть не менее 15 с, для плунжерных пар ТНВД дизелей 6ЧРН 36/45 время падения давления от 4 до 2 МПа — не менее 60 с.

3 Проверка положения плунжера во втулке. При нахождении плунжера в крайнем нижнем положении, когда ролик ТНВД опирается на цилиндрическую часть шайбы, высота открытия плунжером

наполнительного отверстия во втулке должна быть в пределах, указанных в формуляре насоса. В случае несоблюдения этого условия в цилиндр будет поступать недостаточное количество топлива и дизель не разовьет заданной мощности.

Высоту открытия наполнительных отверстий изменяют обычно с помощью регулировочного болта толкателя. Для этого, поворачивая кулачный вал ТНВД, устанавливают толкатель проверяемой секции насоса в положение ВМТ.

Плунжер отверткой поднимают до упора в седло нагнетательного клапана и шупом измеряют зазор между торцом плунжера (направляющим стаканом) и регулировочным болтом (см. рис. 42). По инструкции заводоизготовителей у дизелей 6ЧСП 18/22, например, этот зазор должен быть равен 1,31 мм; у дизелей 6ЧРН 36/45 — 3 мм; у дизелей 6ЧСП 15/18 — 0,5—0,8 мм. Высоту открытия наполнительных отверстий можно регулировать также изменением толщины прокладки под ТНВД.

4 Проверка и регулирование угла опережения подачи топлива. Определение моментов подачи топлива начинают, как правило, с первого от маховика цилиндра. Для этого после отсоединения трубки 1 (рис. 108, а) к нагнетательному штуцеру 6 насоса крепят накидной гайкой 4 моментоскоп, состоящий из металлической 5, резиновой 3 и стеклянной 2 трубок. Регулирующие органы устанавливают на номинальную подачу топлива и прокачивают насос вручную для удаления пузырьков воздуха из трубопровода насоса и моментоскопа. Сжимая резиновую трубку, уровень топлива в моментоскопе устанавливают для удобства наблюдения примерно на середине стеклянной трубки.

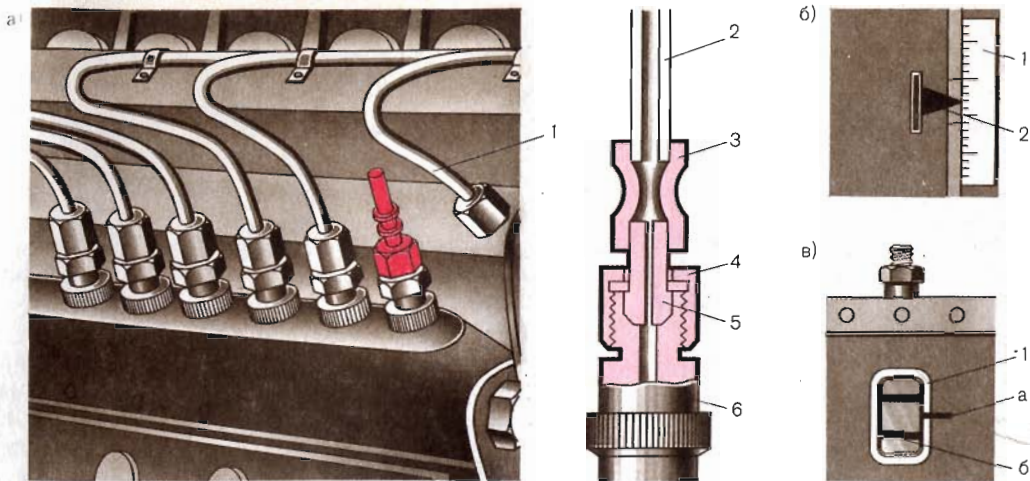


Рис. 108. Средства проверки угла опережения подачи топлива

ки 2. Затем медленно поворачивают коленчатый вал в направлении переднего хода и следят за моментом смещения мениска в стеклянной трубке, который будет соответствовать началу подачи топлива. Определив на ободу маховика угол опережения подачи топлива, сравнивают его с указанным в формуляре.

При отсутствии моментоскопа угол опережения подачи топлива определяют следующим образом: отсоединяют топливную трубку от насоса, вынимают из ТНВД нагнетательный клапан с пружиной, включают подачу топлива к насосу, удаляют воздух из магистрали, прикрывают отверстие в нагнетательном штуцере пальцем и медленно проворачивают коленчатый вал до момента перетекания топлива через нагнетательный штуцер. Угол опережения подачи топлива определяют по положению стрелки 2 (рис. 108, б) относительно градуировки маховика 1. Некоторые насосы имеют смотровые люки 1 (рис. 108, в) в секциях, на которых нанесены риски а, в момент начала

впрыскивания топлива совпадающие с риской б на стакане толкателя.

Многоплунжерные (блочные) ТНВД могут иметь риски (метки) на фланце топливораспределительного вала и торцовой части корпуса насоса. При наличии таких рисок вращают коленчатый вал до их совпадения и по маховику определяют фактическое значение угла опережения подачи топлива. Если после двухкратного определения угла опережения подачи топлива разница измерений не превышает  $\pm (1 \div 1,5)^\circ$ , результат проверки считают удовлетворительным.

При недопустимом отклонении угла опережения подачи топлива от приведенного в формуляре его регулируют путем поворота топливной шайбы на распределительном вале, поворота топливораспределительного вала или болта толкателя ТНВД.

У реверсивных дизелей с индивидуальными ТНВД для изменения угла опережения ослабляют крепление соответствующих топливных шайб и выводят их из зацепления с фланцем

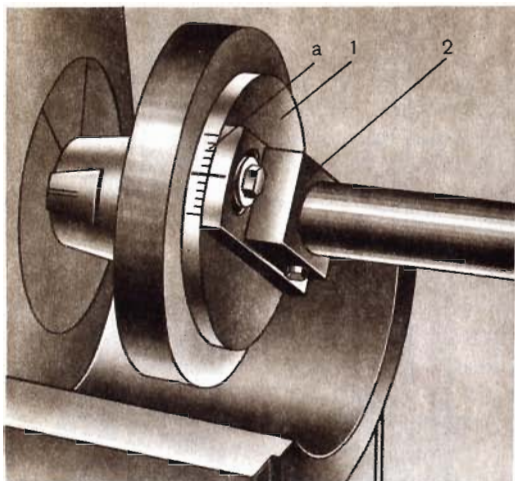


Рис. 109. Соединительная муфта ТНВД дизеля 6ЧСН 27,5/35

втулки (см. рис. 26). Перед этим отмечают рисками положение топливной шайбы относительно втулки. Для увеличения угла опережения поворачивают шайбу на определенный угол по направлению вращения распределительного вала, а для уменьшения его — против направления вращения вала, после чего закрепляют шайбы на втулке. Поворотом шайбы на один зубец можно изменить момент подачи топлива на определенный угол, у дизелей 6ЧРН 32/48, например, на 3—5°.

Проверку момента подачи топлива у многоплунжерных насосов производят по первой секции и регулирование их осуществляют поворотом на определенный угол топливоработательного вала. На фланцах 1 (рис. 109) соединительной муфты топливного насоса заводом-изготовителем накернены риски а. Соединительные муфты обычно скрепляют болтами, проходящими через овальные отверстия ведущего фланца 2. Совпадение риски на ведущем фланце муфты с центральной рис-

кой ведомого фланца соответствует заданному углу опережения подачи, установленному заводом-изготовителем. Для восстановления заданного угла опережения подачи топлива отвертывают болты и поворачивают ведомый фланец 1 относительно привода на несколько делений по направлению вращения распределительного вала или наоборот. При повороте фланца 1 на одно деление угол опережения у дизелей 6ЧН 16/22,5 и 6ЧСП 15/18 изменяется, например, на 6°.

У топливных насосов, имеющих толкатель с регулировочным болтом, увеличение угла опережения подачи топлива можно достичь вывертыванием болта из толкателя, а уменьшение — ввертыванием его в толкатель. При повороте болта на одну грань угол опережения подачи топлива в зависимости от типа дизеля может изменяться на 1—2°. Регулирование угла опережения с помощью болта толкателя приводит также к изменению высоты открытия наполнительных отверстий, поэтому изменение момента подачи топлива в этом случае следует производить в пределах, при которых высота открытия наполнительных отверстий остается в границах, предусмотренных инструкцией по обслуживанию ТНВД.

Проверка и регулирование подачи топлива. Регулировочные насосы должны быть отрегулированы так, чтобы во все цилиндры дизеля поступало одинаковое количество топлива за цикл, а в совокупности с автоматическими регуляторами частоты вращения они могли не только изменять подачу топлива во все цилиндры в зависимости от режима работы дизеля, но и гарантировать остановку СЭУ, т. е. прекращать подачу топлива при положении рукоятки управления на «Стоп», а также не

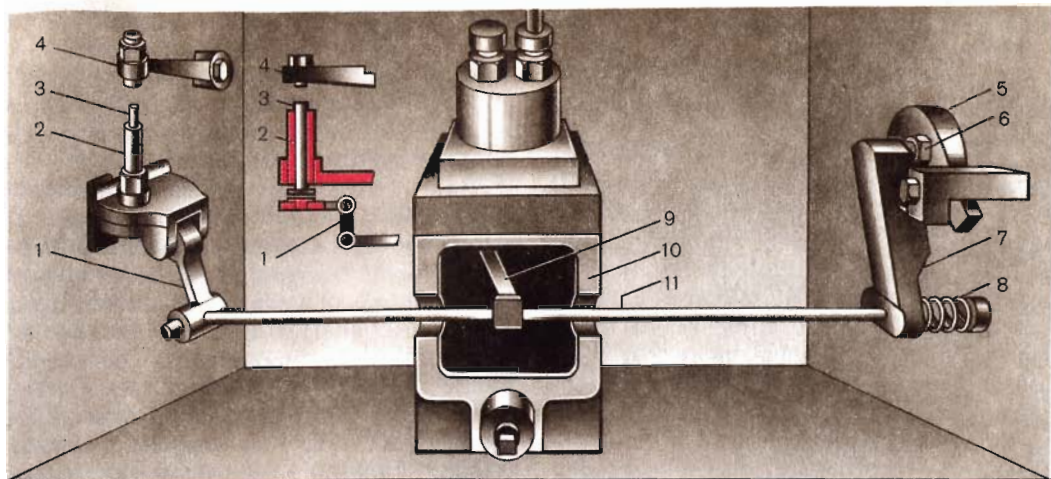


Рис. 110. Устройство регулирования топливоподачи дизеля 64PH 32/48

увеличивать подачу топлива сверх установленного предела, при котором дизель может работать с 10%-ной перегрузкой. Для проверки положения так называемой нулевой подачи ТНВД органы управления дизелем (рукоятку или маховик) ставят в положение «Стоп», насосы заполняют топливом и прокачивают вручную. При этом они не должны подавать топливо к форсункам дизеля. Положение нулевой подачи насосов можно проверить и с помощью моментоскопа. Если насос отрегулирован правильно, при прокачивании его вручную верхний уровень топлива в стеклянной трубке моментоскопа остается неподвижным. У некоторых дизелей положение нулевой подачи ТНВД проверяют по совпадению нулевого деления шкалы с меткой на корпусе насоса.

С уменьшением нагрузки регулятор частоты вращения, как, например у дизелей 64PH 32/48, через рычаги 4, 1 и иглу 3 (рис. 110) передвигают вправо тягу 11, связанную с регулировочными рычагами 9. Последние через

поводки (см. рис. 42) поворачивают плунжеры ТНВД 10 (см. рис. 110) в сторону уменьшения подачи топлива. Передвижение тяги влево, т. е. в сторону увеличения подачи топлива, обеспечивает пружина 8. Тяга 11 может перемещаться влево до тех пор, пока головка иглы 3, двигаясь вверх, не упрется во втулку 2, являющуюся упором, ограничивающим максимальную подачу топлива. Для выключения подачи топлива эксцентриковый сегмент 5 переводят в положение «Стоп». Болт 6 поворачивает рычаг 7 против часовой стрелки и тяга 11, передвигаясь в крайнее правое положение, устанавливает плунжеры ТНВД в положение нулевой подачи. Максимальное передвижение тяги (рейки) при выключенных ТНВД у многих дизелей ограничивается также специальными упорами. Ограничители нулевой и максимальной подачи топлива пломбируют. В процессе эксплуатации дизеля изменить их положение не разрешается. При проверке исправности действия ТНВД с выдвиганием рейки в поло-

жение до упора нулевой подачи дизель должен остановиться, а при положении у упора максимальной подачи — развивать частоту вращения вала по тахометру 103% номинальной.

В процессе эксплуатации вследствие неодинакового изнашивания плунжерных пар ТНВД может нарушиться равномерность подачи топлива в цилиндры дизеля. Равномерность подачи топлива (нагрузки цилиндров дизеля) в судовых условиях чаще всего определяют по температуре выпускных газов, а также методом поочередного отключения цилиндров работающего дизеля. При отключении цилиндра наблюдают по тахометру за снижением частоты вращения коленчатого вала. Чем больше уменьшается частота вращения после отключения данного цилиндра, тем значительнее его нагрузка. Для проверки равномерности подачи топлива по цилиндрам к нагнетательным штуцерам насоса присоединяют трубки с мерными мензурками. Рейку насоса устанавливают в положение

номинальной цикловой подачи. Проворачивают коленчатый вал до тех пор, пока в одну из мензурок не поступит  $100 \text{ см}^3$  топлива. Сравнивают объемы топлива во всех мензурках. Степень неравномерности подачи топлива в процентах определяют по формуле  $(V_{max} - V_{min})/100V_{min}$ , где  $V_{max}$  и  $V_{min}$  соответственно наибольший и наименьший объемы собранного топлива. Если она превышает значения, указанные в инструкции по эксплуатации дизеля, производят регулирование ТНВД. Равномерность распределения нагрузки по цилиндрам дизеля достигают изменением цикловой подачи топлива поворотом плунжера относительно втулки или втулки относительно плунжера. Системы регулирования ТНВД дизелей в соединении управляющих тяг (валиков) и регулирующих органов обычно имеют специальные регулировочные винты или талрепы, посредством которых можно также изменять количество подаваемого в отдельные цилиндры топлива.

---

1. С какой целью проводят теплотехнический контроль состояния дизелей? 2. Как определяют давление в конце сжатия и максимальное давление цикла? 3. Как в эксплуатационных условиях определяют мощность дизеля? 4. Что понимают под средствами диагностирования технического состояния дизелей? 5. Ка-

ким образом контролируют исправность действия механизма газораспределения? 6. Почему при теплотехническом контроле большое внимание уделяют проверке исправности действия топливной аппаратуры? 7. Как проверяют и регулируют форсунки и топливные насосы высокого давления?

---

## 22. ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ДИЗЕЛЕЙ

**Общие требования безопасности.** К обслуживанию судовых механизмов допускают лиц, достигших возраста 18 лет, признанных медицинскими комиссиями пригодными к выполнению работ на судне, прошедших специальное обучение и имеющих соответствующие дипломы или свиде-

тельства на право исполнения обязанностей по определенной должности. Ответственность за предупреждение несчастных случаев, за своевременное расследование и полноту учета несчастных случаев, за разработку мероприятий по их предупреждению, за организацию безопасных методов работы



на судне несет капитан-механик (командир земснаряда).

Лица, допускаемые к обслуживанию механизмов, получают соответствующий инструктаж на рабочем месте о безопасных методах работы. Допуск на рабочие места лиц, не прошедших специального инструктажа по безопасной эксплуатации судовых механизмов и протипопожарной защите судна, не разрешается.

Современные дизели сконструированы и размещены в машинном помещении судна с учетом максимальной безопасности их обслуживания. Однако это не освобождает обслуживающий персонал от четкого знания и строгого выполнения требований безопасности по эксплуатации СЭУ. Капитаны-механики (механики) должны иметь инструкции по обслуживанию каждого механизма, в которых указаны действия обслуживающего персонала при всех возможных производственных ситуациях, в том числе и при несчастных случаях. Инструкции по охране труда и пожарной безопасности вывешивают в машинном помещении на видном месте.

Для удобства обслуживания СЭУ в машинном помещении предусмотрены достаточные по ширине проходы и площадки, которые нельзя загромождать посторонними предметами. Слани, площадки, трапы и решетки в машинном помещении должны находиться в исправном техническом состоянии и быть насухо протерты.

Необходимый для работы инструмент должен быть в исправном состоянии и храниться в специально отведенных для него местах. В машинном помещении запрещается хранить предметы и инвентарь, не требуемые при обслуживании СЭУ. Не разрешается оставлять в проходах, на решетках, трапах и дизелях инструмент, приспособления

и другие предметы. Пользоваться неисправными и неиспытанными грузоподъемными приспособлениями, механизмами (талями, домкратами и другими устройствами) запрещается. Освещенность рабочих мест должна соответствовать требованиям действующих Санитарных правил для судов внутреннего плавания.

При выходе из строя основных источников освещения переносные светильники следует подключать только к источникам тока низкого напряжения (не выше 12 В).

Вращающиеся и движущиеся детали следует закрывать кожухами. Ограждения и кожуха, снятые с механизмов для их осмотра и ремонта, после выполнения указанных операций нужно устанавливать на место. Пуск и работа СЭУ со снятыми кожухами и ограждениями не допускается. Детали, подверженные большому нагреву, покрывают изоляцией. Возможные дефекты изоляции во избежание ожогов немедленно устраняют. Температура наружных изолированных поверхностей не должна превышать 60 °С. Для отдельных трудно изолируемых частей допускается повышенная температура поверхности при условии, что такие части имеют ограждения, исключающие возможность ожогов обслуживающего персонала.

Следует поддерживать также в нормальном состоянии изоляцию электрических кабелей, проводов и электроаппаратуры, чтобы исключить их искрение и короткое замыкание.

Контрольно-измерительные приборы, установленные на объектах СЭУ, должны иметь пломбы и надписи с указанием даты их поверки в лабораториях Государственного комитета СССР по стандартам.

В машинном помещении на видном и доступном месте надо иметь комплект

противопожарного инвентаря (огнетушители, ящики с песком, лопаты, лопы, багры, ведра).

Легковоспламеняющиеся и взрывчатые вещества, а также обтирочные материалы, пропитанные маслом и топливом, хранить в машинном помещении не разрешается.

**Меры безопасности при эксплуатации дизелей.** К несению вахты в машинном помещении допускаются только члены экипажа в исправной и застегнутой спецодежде. Доступ посторонним лицам в машинное помещение без разрешения вахтенного начальника запрещается. Подготовка судовых дизелей к пуску и их обслуживание во время работы должны осуществляться в соответствии с инструкцией заводов-изготовителей. Для обеспечения сохранности СЭУ и безопасности обслуживающего персонала при подготовке дизеля к пуску необходимо убедиться, что дизель может пускаться, изменить режим работы, остановиться и реверсироваться в соответствии с задаваемой органами управления программой. Неуправляемый или неправильно выполняющий заданные команды дизель может послужить причиной крупных аварий и тяжелых несчастных случаев. Подготовку к пуску производят под руководством вахтенного начальника или старшего по вахте в машинном помещении, а после ремонта — капитана-механика (механика) судна. При подготовке убеждаются в отсутствии посторонних предметов на двигателе и линии валопровода, инструменты и приспособления убирают на штатные места; проверяют исправность предохранительных устройств на крышках цилиндров, картерных люках, насосах и трубопроводах; осматривают крепления кожухов и ограждений движущихся частей; снимают и укладывают на штат-

ные места рычаги выключения тормозного и валоповоротного устройств; во избежание случайного пуска дизеля из рубки до окончания его подготовки отключают ДУ; убеждаются в отсутствии людей за кормой и в опасных зонах вблизи дизеля. Непосредственно перед пуском старший по вахте отдает команду находящемуся в машинном помещении персоналу «Отойти от дизеля».

При работе дизеля запрещается устанавливать и регулировать зазоры во впускных и выпускных клапанах, подкачивать топливо в цилиндры вручную, вскрывать люки картера, подтягивать резьбовые соединения, регулировать и затягивать форсунки и предохранительные клапаны, определять на ощупь места утечки рабочей среды в системах высокого давления, перегружать дизель или его отдельные цилиндры выше установленных норм, допускать работу дизеля на критических частотах вращения, находиться против открытых индикаторных кранов.

При остановке дизеля для осмотра или ремонта следует отключить привод ДУ от местного поста (закрывать запорный клапан на пусковой магистрали, обесточить пусковую систему при стартерном пуске), включить валоповоротное или тормозное устройство, открыть индикаторные краны и на рукоятке управления вывесить плакат «Не включать! Работают люди».

Перед проведением технического обслуживания дизеля капитан-механик (механик) проводит специальный инструктаж лиц, назначенных для выполнения работ по ТО. Рабочие места для ТО должны быть заранее обеспечены освещением, приспособлениями, инструментами, прокладками для деталей и другими необходимыми для ТО предметами.

Чтобы не было несчастных случаев при выполнении операций технического обслуживания и ремонта дизелей, коленчатый вал нужно проворачивать только с помощью специального приспособления или валоповоротного устройства. Открывать крышки картерных люков можно только через 10—20 мин после остановки дизеля. Не разрешается открывать клинкет, клапаны, вентили, краны ключами с удли-

ненными ручками, трубами и другими предметами. Запрещается: выполнять какие-либо работы в топливных и масляных цистернах, где могут содержаться опасные для здоровья газы; ремонтировать трубопроводы, баллоны и арматуру, находящиеся под давлением; оставлять без надзора включенные лампы, фонари, зажженные свечи; применять открытый огонь при осмотре загазованных мест.

---

1. Какие общие требования по охране труда и пожарной защите должны соблюдаться на судне? 2. Какие меры безопасности следует соблюдать при пуске дизеля? 3. Че-

го в целях предосторожности нельзя делать во время работы дизеля? 4. Какие меры безопасности следует соблюдать при остановке дизеля?

---

### 23. МЕРЫ ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

В связи с быстрым увеличением численности флота его воздействие на окружающую среду с каждым годом возрастает и приводит в той или иной степени к нарушению экологического равновесия. Основными источниками загрязнения окружающей среды на судах являются выпускные газы дизельных и котельных установок, сбросы топлива, масла и хозяйственно-фекальных сточных вод, а также твердых и пищевых отходов.

При полном сгорании топлива в дизелях выпускные газы не отличаются большой токсичностью. Однако суда часто бывают источниками местного загрязнения атмосферы в районе портов, где они работают на маневренных режимах, когда вследствие неполного сгорания топлива количество токсичных веществ (окиси углерода, окислов азота, сернистого ангидрида и свободного углерода) в выпускных газах может значительно возрасти. При вдыхании окиси углерода начинается кислородное голодание и нарушается

деятельность центральной нервной системы человека. По действию на организм еще более опасны окислы азота. Попадая в организм и вступая в реакцию с водой, они образуют соединения азотной и азотистой кислот, раздражающие слизистые оболочки глаз и дыхательных путей.

Большое влияние на загрязнение атмосферы оказывают сернистые ангидриды, которые в присутствии воды образуют серную кислоту. Эта кислота причиняет значительный вред растениям, вызывает заболевания дыхательных путей у людей и животных, усиливает процесс коррозии металлов. Частицы несгораемого углерода (сажа), как любой аэрозоль, загрязняют воздух, ухудшают видимость, а при большой концентрации могут раздражать дыхательные пути человека и животных. Сажа и другие примеси в сочетании с влагой (особенно при тумане) могут образовывать ядовитую смесь (смог), опасную для здоровья.

В соответствии с санитарными

нормами предельно допустимая концентрация окиси углерода в воздухе не должна превышать  $3 \text{ мг/м}^3$ , сернистого ангидрида —  $0,5 \text{ мг/м}^3$  и сажи —  $0,15 \text{ мг/м}^3$ . Состав выпускных газов во многом зависит от сорта сжигаемого топлива и типа дизеля.

Снижение уровня выбросов токсических веществ с выпускными газами дизелей можно достичь воздействием на рабочий процесс с целью уменьшения образования этих веществ при сгорании топлива, оборудованием дизелей устройствами нейтрализации выпускных газов и применением топлив, в продуктах сгорания которых содержится меньше токсичных веществ. Для борьбы с загрязнением воздуха дизелями в топливо вводят специальные антидымные, антитоксичные присадки, стремятся улучшить условия транспортирования, хранения и перекачивания на суда горючесмазочных материалов, т. е. устранить причины обводнения и загрязнения топлива. В качестве конструктивных мер для снижения токсичности выпускных газов в продуктах сгорания топлива используют специальные нейтрализаторы и очистители, вмонтированные в газопровод. Снижение токсичности выпускных газов в таких устройствах достигается их дожиганием (пламенным или каталитическим) или жидкостной нейтрализацией. Пламенные (термические) нейтрализаторы представляют собой изолированную камеру на выпускном трубопроводе, в которой обеспечивается дожигание продуктов неполного сгорания топлива, углеводородов СН и окиси углерода СО. В корпусе каталитических нейтрализаторов располагают носитель из кремнезема или глинозема, поверхность которого покрывают тонким слоем катализатора (окислами кобальта, марганца, никеля, меди,

хрома или других металлов). Обычно корпус каталитических нейтрализаторов объединяют с глушителями шума. При подводе дополнительной массы воздуха к выпускным газам в поверхностном слое таких нейтрализаторов происходят реакции окисления или восстановления токсичных веществ. Окись углерода при соприкосновении с катализатором окисляется с образованием конечного продукта сгорания топлива — углекислого газа, а окись азота восстанавливается преимущественно в реакции с окисью углерода  $2\text{NO} + 2\text{CO} = \text{N}_2 + 2\text{CO}_2$ .

На речных судах для снижения токсичности выпускные газы пропускают через водяные нейтрализаторы. В них обезвреживаются растворенные в воде сернистые ангидриды и некоторые окислы азота. Водяные нейтрализаторы улавливают сажу и жидкие аэрозоли (частицы топлива и масла), гасят раскаленные твердые частицы в газах и благодаря этому повышают также пожарную безопасность на судне.

Токсичность выпускных газов резко возрастает с ухудшением качества смесеобразования, при неисправностях топливной аппаратуры, увеличении зазоров в деталях цилиндропоршневой группы дизеля, закоксовании поршневых колец и попадании масла в камеры сгорания. Поэтому для борьбы с загрязнением атмосферы необходимо повышать уровень технической эксплуатации судовых дизелей, своевременно выполнять соответствующие регулировочные операции, регулярно проводить теплотехнический контроль энергетической установки и особое внимание уделять работе топливных и смазочных систем.

Вредное воздействие на условия обитания человека оказывают также вибрация, шум и тепловые выделения

от работающих машин и механизмов. Уровни вибрации, звукового давления и предельных температур в различных помещениях определены Санитарными правилами для судов внутреннего плавания СССР.

Источником вибрации в СЭУ являются неуравновешенные силы и моменты инерции подвижных деталей, а также нарушения геометрических осей при изнашивании передач и валопроводов.

Наиболее вредное действие на человеческий организм оказывает вибрация с амплитудой колебаний в диапазоне частот 4—7 и 20—30 Гц. Для борьбы с вибрацией машины и механизмы стремятся крепить к судовому фундаменту на амортизаторах (см. рис. 169) или эластичных прокладках, устанавливают компенсаторы и сокращают число изгибов в трубопроводах, монтируют вентиляторы и другие механизмы в изолированных помещениях. В процессе эксплуатации для уменьшения последствий вибрации следует поддерживать в хорошем техническом состоянии валопроводы, передачи, подшипники, глушители, котлы-утилизаторы, не допускать нарушения жесткости крепления машин, механизмов, оборудования и трубопроводов СЭУ, не перегружать дизели, быстро переходить запретные зоны частоты вращения вала и не допускать работу дизелей в этих зонах.

Работа энергетических установок сопровождается также звуковыми колебаниями, возникающими в основном при соударении сочлененных деталей КШМ, вследствие неуравновешенности вращающихся частей, при движении газообразных или жидких тел в полостях турбокомпрессоров и насосов. Для снижения звукового давления (уровня шума) на судах обычно используют глушители, отгораживают со-

здающие шум машины и механизмы, выносят посты управления из машинных помещений, а в ряде случаев производят звукоизолирующее капотирование (покрытие) механизмов и облицовывают поверхности машинных помещений звукопоглощающим материалом. Во время эксплуатации дизелей шум можно снизить следующими способами: правильным регулированием топливной аппаратуры, газораспределения, масляных и тепловых зазоров, оптимальным натяжением приводных цепей, правильным монтажом передаточных шестерен, содержанием в чистоте воздушных фильтров на турбокомпрессоре, ликвидацией свищей в трубопроводах, содержанием в сохранности изоляционных покрытий выпускных трубопроводов, своевременным смазыванием трущихся частей и т. п.

Как указывалось (см. § 3), в судовых дизелях только 32—42% подведенной теплоты преобразуется в полезную работу и 23—32% уносится в окружающую среду с выпускными газами, из-за чего снижается КПД установки, нарушается экологическое равновесие в биосфере и ухудшаются условия работы обслуживающего персонала. Чтобы повысить экономичность, в схемы установок включают специальные котлы-утилизаторы, в которых тепловую энергию выпускных газов от дизелей используют для подогревания воды или получения пара. При использовании таких котлов, кроме того, уменьшается шум при выпуске газов и частично гасятся раскаленные частицы в продуктах сгорания топлива.

Для уменьшения тепловых потерь в окружающую среду следует поддерживать оптимальные пределы температур охлаждающей воды и масла, своевременно устранять поврежденные участки изоляции на трубопроводах и теплообменных аппаратах, не до-

пускать перегрева трущихся деталей и перегрузки двигателя внутреннего сгорания.

Значительный вред водоемам приносит сброс неочищенных от нефтепродуктов трюмных и подсланевых вод. Нефтепродукты попадают в подсланевые воды через неплотности в соединениях топливных и масляных систем при сливе отстоя, промывке фильтров, сепараторов, расходных баков, смене масла, разборке механизмов и их ремонте. Подсланевые воды загрязняются химическими веществами, отложениями сажи и продуктами коррозии в процессе чистки газопроводов, полостей охлаждения, при продувке магистралей сжатым воздухом. Поэтому обслуживающий персонал должен своевременно устранять неплотности в соединениях топливной и смазочной систем, а при выполнении указанных операций собирать нефтепродукты в специальные цистерны. Чтобы предотвратить загрязнение водоемов нефтепродуктами, суда оборудуют устройствами для сбора подсланевых вод и отходов сепарации горючесмазочных материалов. Загрязненная

вода из цистерн судна по мере надобности перекачивается на специальные плавучие или береговые очистительные станции. Решение проблемы защиты водоемов от загрязнений привело к созданию экологически «чистых» судов. Речные суда последних лет постройки особенно смешанного «река — море» плавания (класса «М — СП») оснащены оборудованием, очищающим и обеззараживающим хозяйственно-фекальные стоки и нефтесодержащую воду, а также исключаящим сброс в водоемы пищевых отходов.

В соответствии с Заключительным актом (1978 г.) Международной конференции по подготовке и дипломированию моряков каждый член экипажа судов класса «М — СП» должен четко представлять себе серьезные последствия эксплуатационного и аварийного загрязнения морской среды и принимать все возможные меры предосторожности для предотвращения подобного загрязнения, особенно в тех случаях, когда это предусмотрено соответствующими международными и портовыми правилами.

---

1. Какими способами на судах уменьшают токсичность выпускных газов? 2. Как уменьшают уровни вибрации и звукового давления на судах речного флота? 3. Для чего в схемы энергетических установок включают котлы-утилизаторы? 4. Какие требования дол-

жен выполнять персонал, обслуживающий СЭУ, чтобы уменьшить загрязнение окружающей среды? 5. Что предпринимают на судах для очищения и обеззараживания хозяйственно-фекальных стоков, нефтесодержащей воды и пищевых отходов?

---

**ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ****24. ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ**

**Общие сведения о судовых электростанциях.** Комплекс устройств, преобразующих механическую энергию в электрическую и распределяющих электроэнергию по судовым потребителям, называют *электростанцией*. К основным элементам судовой электростанции (СЭС) относят первичные двигатели, электрические генераторы и ГЭРЩ с приборами контроля, сигнализации и защиты.

По назначению СЭС делят на *основные, аварийные и специальные*. Основные электростанции обеспечивают электроэнергией все потребители на любых режимах работы судна; аварийные (при выходе из строя основной СЭС) снабжают электроэнергией только определенное число потребителей, например средства пожаротушения, электропривод водоотливных насосов, рулевой электропривод, радиостанцию, щит сигнально-отличительных огней, приборы аварийной сигнализации, цепи судовой электроавтоматики, приборы аварийного освещения и т. п.

Электростанции специального назначения обеспечивают энергией гребные электрические установки дизель-электроходов.

Мощность электростанции зависит от типа судна и числа потребителей электроэнергии. На современных судах, как правило, устанавливают несколько генераторов, причем предусматривается их автономная (раздельная) и параллельная работа. Дизель-генераторы и электрораспределительные щиты

обычно монтируют в одном общем помещении, имеющем выход на открытую палубу.

В аварийных случаях источниками электроэнергии могут быть и аккумуляторные батареи. В зависимости от мощности их устанавливают на судах в специальных аккумуляторных помещениях, ящиках или шкафах. При работе батареи выделяют газы, которые могут образовывать взрывчатую смесь, поэтому аккумуляторные помещения оборудуют вентиляцией, не связанной с другими объектами.

На некоторых судах генераторы приводятся в действие непосредственно от главного дизеля или через редуктор от главного валопровода. Такие установки называют *валогенераторами*. Они обеспечивают подачу электроэнергии к потребителям на ходовых режимах судна. Во время стоянки потребители получают энергию от *автономного* (стояночного) дизель-генератора. Схема электростанции с валогенератором обеспечивает автоматическое переключение нагрузки с валогенератора на дизель-генератор. При пуске и включении дизель-генератора на шины ГЭРЩ валогенератор отключается независимо от напряжения на шинах. В момент перевода нагрузки с валогенератора на работающий дизель-генератор и обратно перерыв в питании ответственных потребителей, обеспечивающих ходовой режим судна, должен быть до 3 с.

Дизели, служащие приводами электрогенераторов, оборудуют не только

регуляторами частоты вращения вала (см. рис. 50), но и рядом других автоматических устройств, с помощью которых пускают, останавливают, а также контролируют и регулируют режимы их работы с ДПУ или центрального поста в машинном помещении. В соответствии с Правилами Речного Регистра РСФСР электроэнергетические установки должны обеспечивать:

автоматическое (без участия обслуживающего персонала) или автоматизированное (с поста управления судном или из ЦПУ) подключение генераторов на шины ГЭРЩ и отключение от шин;

автоматический пуск и подключение резервного дизель-генератора при исчезновении напряжения на шинах ГЭРЩ;

автоматическое отключение (кроме судов на подводных крыльях, воздушной подушке и других судов с мощностью главных дизелей 440 кВт и менее) неотвеченных потребителей электроэнергии при перегрузке генератора с включением на посту управления судном или в ЦПУ предупредительной сигнализации;

контроль напряжения и тока нагрузки работающих генераторов по приборам, установленным на посту управления судном и в ЦПУ;

исполнительную световую сигнализацию «Работа» для всех генераторов на посту управления судном и в ЦПУ;

непрерывный автоматический контроль сопротивления изоляции каждой сети изолированных систем и включение световой и звуковой сигнализации на посту управления судном и в ЦПУ по нижнему допустимому значению.

В зависимости от объема автоматизированных операций основные дизель-генераторы по ГОСТ 14228—80 могут иметь три степени автоматиза-

ции. Дизель-генераторы первой степени автоматизации эксплуатируются на судах с постоянно присутствующим в машинном помещении обслуживающим персоналом и оборудуются регуляторами частоты вращения вала, температуры воды (масла), системой СПАСЗО и при необходимости средствами автоматического пополнения расходных топливных цистерн.

Дизель-генераторы второй степени автоматизации, кроме операций первой степени, обеспечивают: автоматический пуск дизеля (с выполнением всех предпусковых операций); подготовку к приему и прием нагрузки при одиночной и параллельной работе генераторов; автоматическую дистанционную остановку и поддержание неработающего дизеля в прогретом состоянии для быстрого приема нагрузки. Перечисленные средства автоматизации призваны обеспечить работу СЭС мощностью свыше 100 кВт без обслуживания в течение не менее 24 ч.

Электроэнергетические установки третьей степени автоматизации рассчитаны на работу без обслуживания не менее 240 ч. Их оборудуют средствами автоматизации, обеспечивающими пуск, остановку дизелей, включение под нагрузку и на параллельную работу с другими генераторами; устройствами автоматического пополнения воздушных баллонов и подзаряда аккумуляторов; средствами поддержания дизелей в резерве «горячей» готовности и всеми устройствами, предусмотренными для агрегатов второй степени автоматизации.

У дизель-генераторов, находящихся в резерве «горячей» готовности, с системой автоматического пуска продолжительность периода от подачи сигнала на пуск до готовности приема 100% нагрузки не должна превышать для дизелей мощностью более



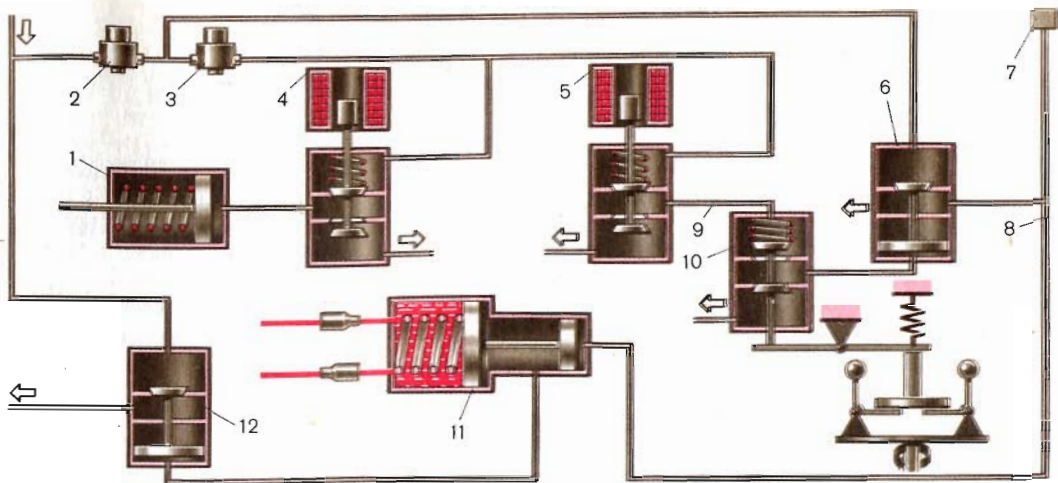


Рис. 111. Система ДАУ вспомогательных дизелей 64СП 12/14

100 кВт — 30 с, мощностью до 100 кВт — 15 с и аварийных дизель-генераторов — 10 с. Состояния резерва «горячей» готовности достигают, как правило, путем использования автоматического подогревателя охлаждающей воды и смазочного масла.

#### Системы ДАУ дизель-генераторов.

С помощью средств ДАУ вспомогательных дизелей осуществляют дистанционный пуск, регулирование режимов работы и остановку дизель-генераторов из рулевой рубки или ЦПУ с выключением пусковой части схемы при переводе дизеля на топливо и отключением системы СПАСЗО при остановке дизель-генератора. Так как дизель-генераторы не имеют системы реверсирования, схемы автоматизированного управления ими несколько проще. Схема системы ДАУ одного из дизелей показана на рис. 111.

В цепь управления ДАУ дизелей 64СП 12/14 воздух поступает через редукционные клапаны 2 и 3. При выключенном дизель-генераторе электромагнитные клапаны 4 и 5 обесто-

чены и клапан 5 перекрывает трубопровод 9, соединяющий его с клапаном 10 центробежного реле частоты вращения вала, клапан 4 сообщает пневмоцилиндр 1 стоп-устройства с атмосферой. Зашелка стоп-устройства в этом случае не ограничивает перемещения рейки ТНВД.

При переводе переключателя режимов в положение «Пуск» или падении напряжения в сети специальное реле пуска (на рис. 111 не показано) замыкает контакты электромагнитного клапана пуска 5. Шток его смещается вверх и воздух по трубопроводу 9 поступает в верхнюю полость клапана 10 центробежного реле частоты вращения вала, под поршень промежуточного клапана пуска 6 и к реле давления 7. Отверстие, сообщающее промежуточный клапан пуска с атмосферой, перекрывается. Воздух по трубопроводу 8 проходит в пневмоцилиндр 11 механизма прокачки дизеля маслом, а затем — в нижнюю полость ГПК 12. Последний открывается и дизель пускается сжатым воздухом. Автоматический

регулятор частоты вращения коленчатого вала при пуске включает подачу топлива в цилиндры дизеля, а клапан 10 центробежного реле частоты вращения перекрывает трубопровод 9. Промежуточный клапан пуска 6, пневмоцилиндр 11 и реле давления 7 при этом сообщаются с атмосферой.

Для остановки дизель-генератора переключатель режимов переводят в положение «Стоп». Контакты электромагнитного клапана остановки 4 замыкаются и шток его смещается вверх. Воздух поступает в пневмоцилиндр 1 стоп-устройства. Поршень последнего при смещении влево устанавливает рейку ТНВД в положение, соответствующее нулевой подаче топлива, и дизель останавливается. С прекращением работы дизеля переключатель режимов устанавливают в положение «Выключено». Электромагнитные клапаны 4 и 5 обесточиваются, пневмоцилиндр стоп-устройства сообщает с атмосферой и рейка ТНВД переводится в положение, при котором возможен последующий пуск дизеля.

**Техническое обслуживание электроэнергетических установок.** Правила технического обслуживания дизелей изложены в гл. 8. За содержание электрооборудования в исправном техническом состоянии на речных судах отвечает помощник механика по электрооборудованию, механик или капитан-механик. Судовые электростанции при плавном изменении нагрузки должны поддерживать напряжение в сети с отклонением от номинального на 2—3%.

В зависимости от объема, характера и сроков проведения технические обслуживания электрооборудования подразделяют на ежедневное ТО, ТО-1, ТО-2, ТО-3.

При ежедневном ТО электроэнергетических установок проверяют напряжение, частоту тока и активную нагрузку генераторов, поддерживают электрооборудование в чистоте и исправности, проверяют надежность креплений, нагрев корпусов, подшипников и обмоток генераторов, определяют сопротивление изоляции.

Правилами эксплуатации запрещается останавливать генератор без перевода нагрузки на другой генератор и вносить какие-либо изменения в схемы электрооборудования.

Техническое обслуживание ТО-1 выполняет судовой экипаж совместно с работниками БПУ. Кроме работ ежедневного ТО, при ТО-1: вскрывают смотровые и вентиляционные крышки электрических машин; проверяют их техническое состояние; очищают от пыли и загрязнения роторы, щеткодержатели, кольца, статоры; определяют плотность и уровень электролита в аккумуляторных батареях; проверяют надежность работы контактных соединений реле, переключателей, контактов и другой электроаппаратуры; производят ревизию всех соединений установки и устраняют обнаруженные неисправности. Объемы работ при ТО-2 и ТО-3 определяются соответствующей документацией на текущий и средний ремонт электрооборудования.

---

1. Из каких основных элементов состоят судовые электростанции и как их классифицируют по назначению? 2. Какими средствами автоматического управления оборудуют судовые электростанции? 3. Как осуществляются пуск и регулирование режимов работы дизель-гене-

раторов с дистанционного поста управления? 4. Как классифицируют дизель-генераторы по объему автоматизированных операций? 5. Какие операции выполняет судовой экипаж при ежедневном техническом обслуживании дизель-генераторов и технических обслуживаниях ТО-1 и ТО-2?

## 25. КОТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ

**Устройство вспомогательных котлов.** Отопление помещений, удовлетворение санитарно-бытовых нужд, подогрев топлива и смазочных масел на теплоходах обеспечивают вспомогательные котельные установки.

Простейшая схема вспомогательной котельной установки показана на рис. 112. Топливо из расходной цистерны 6 подается в топку котла 3 насосом 8. Предварительно оно очищается в фильтре 7. Выходя из форсунки 5, топливо перемешивается с воздухом, подаваемым к фронту (передней части топки) 4 вентилятором 9. В процессе горения топлива в топке котла химическая энергия топлива переходит в тепловую энергию газов. Газы, образовавшиеся при сгорании топлива, двигаясь по газоходу котла, нагревают воду, содержащуюся в нем, и через дымовую трубу выходят в атмосферу. Вода в котле превращается в пар. При подаче пара в батареи 2 системы отопления судна он

охлаждается и конденсируется, т. е. превращается в воду. Конденсат из системы отопления поступает в теплый ящик 1, откуда с помощью питательного насоса 10 нагнетается в котел.

**Классификация и основные характеристики котлов.** В паровых котлах энергия топлива преобразуется в тепловую энергию водяного пара. При этом происходят процессы горения топлива, передачи теплоты от продуктов сгорания к воде и ее парообразование. Теплоходы оборудуют и водогрейными котлами, удовлетворяющими судовые потребности в горячей воде.

Исходным носителем тепловой энергии в котлах наряду с топливом (такие котлы называют *автономными*) могут служить также и выпускные газы дизелей. В последнем случае их называют *котлами-утилизаторами*.

По принципу передачи тепловой энергии от газов к воде вспомогательные котлы подразделяют на *газотрубные* (огнетрубные) и *водотрубные*.

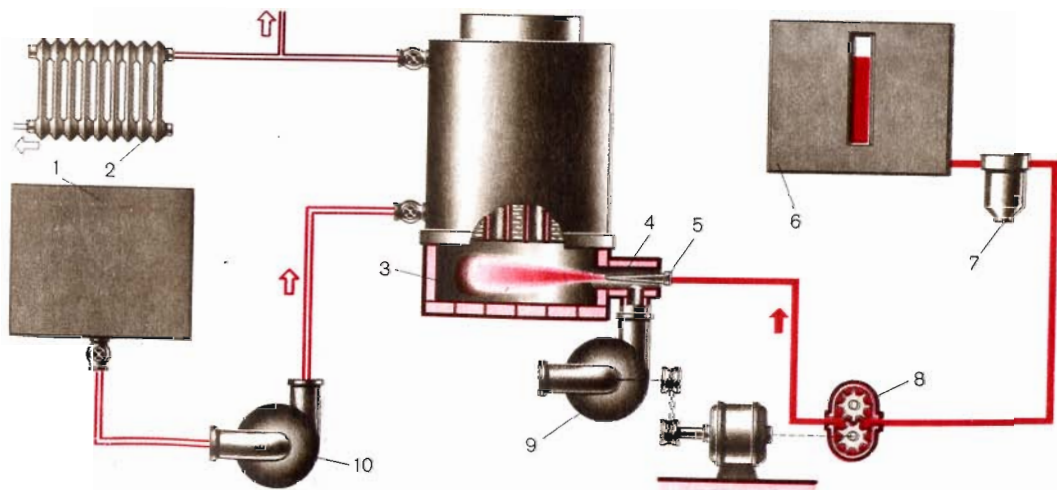


Рис. 112. Схема котельной установки

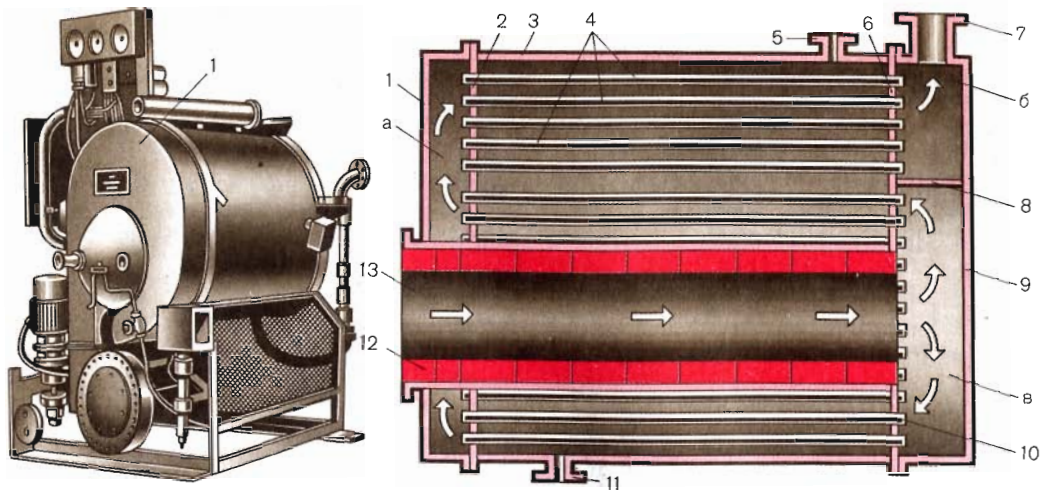


Рис. 113. Водогрейный газотрубный котел КОАВ 68

В первых газы перемещаются в трубках, омываемых снаружи водой. У водотрубных котлов, наоборот, вода движется в трубках, а газы обогревают последние снаружи.

По положению корпуса котлы могут быть *вертикальными и горизонтальными*, а в зависимости от способа циркуляции воды и пароводяной смеси в замкнутом контуре — с *естественной или принудительной циркуляцией*. В котлах с принудительной циркуляцией перемещение пароводяной смеси в контуре установки обеспечивает насос.

К основным характеристикам установок относят номинальную паропроизводительность, номинальную мощность (теплопроизводительность), рабочее давление пара (температуру воды) и площадь поверхности нагрева. Номинальную паропроизводительность определяют массой воды, преобразуемой котлом в пар за 1 ч. У эксплуатируемых на судах котлов она составляет 120—2000 кг/ч. Мощность (теплопроизводительность) водо-

грейных котлов находится в пределах 11,6—232 кВт. Рабочим называют максимальное давление пара, которое по условиям прочности разрешено поддерживать в котле. Обычно оно составляет 0,2—0,8 МПа. В водогрейных котлах вода подогревается до 90—120 °С.

Поверхность нагрева представляет собой площадь элементов котла, омываемых с одной стороны водой, а с другой — газами. В зависимости от мощности судна и числа потребителей пара (горячей воды) площадь поверхности нагрева вспомогательных котлов составляет 1,5—50 м<sup>2</sup>.

**Автономные котлы.** На речных судах в качестве водогрейных широко используют автоматизированные газотрубные (огнетрубные) котлы КОАВ 68 и КОАВ 200, имеющие одинаковую конструкцию. Они отличаются размерами, площадью поверхности нагрева и мощностью. Мощность котлов КОАВ 68 составляет 79 кВт, а котлов КОАВ 200—232 кВт. Корпус таких котлов, включающий бочку 3 (рис. 113), переднюю 2 и заднюю 6 трубные решетки,

выполнен в виде овала, большая ось которого расположена вертикально. Трубные решетки котла закрыты днищами 1 и 9, причем заднее днище разделено перегородкой 8 на две части. К трубным решеткам приварены трубки 4, 10 и цилиндрическая топка 13. В газотрубных котлах ее называют жаровой трубой. Внутренняя поверхность топки для предохранения от пережога изолирована огнеупорным составом 12. На передней части топки (фронто́не) крепят форсунки, электроды зажигания для воспламенения топлива и нагнетательный трубопровод вентилятора. При сгорании топлива газы из топки 13 поступают в камеру *a*, проходят по нижнему пучку трубок 10 в камеру *a*, откуда по верхнему пучку трубок 4 переходят в камеру *b* и газоход 7. Двигаясь в топке 13 и по трубкам 10, 4, газы через их стенки нагревают воду, находящуюся в корпусе котла. Насос подает воду в котел через патрубок 11, а из котла к потребителям она поступает через патрубок 5. Аналогичен принцип работы и паровых газотрубных котлов.

Водотрубный котел КВВ 1/5 (рис. 114), преобразующий 1 т/ч воды в пар давлением 0,5 МПа, имеет два цилиндрических коллектора 1 и 5, соединенных несколькими пучками изогнутых водогрейных трубок 4 и 6. Пароводяной 5 и водяной 1 коллекторы и водогрейные трубки заключены в металлический каркас со съемными щитами 3 и 7. Пространство между пучками водогрейных трубок называют топкой котла. Передняя и задняя стенки ее изолированы огнеупорным составом. Топливо и воздух подаются в топку через фронтоны 2. Продукты сгорания топлива движутся в котле между водогрейными трубками по правому газоходу. Левый пучок трубок 4 является экраном и предохраняет

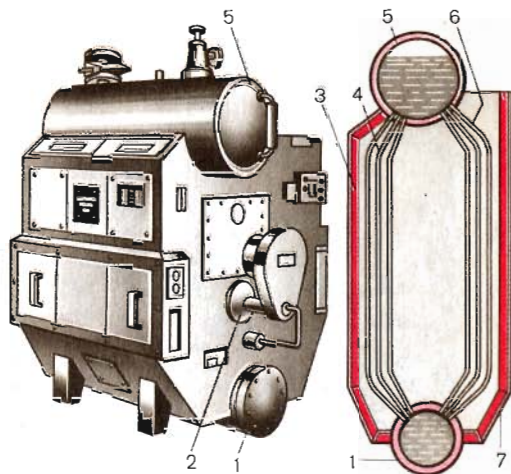


Рис. 114. Паровой водотрубный котел КВВ 1/5

боковую стенку топки от перегрева. Пучки трубок, расположенных ближе к топке, нагреваются интенсивнее, поэтому образующаяся в них пароводяная смесь имеет меньшую плотность, чем вода, и перемещается снизу вверх. Трубки, примыкающие к каркасу, нагреваются в меньшей степени, и вода в них движется в обратном направлении — сверху вниз. Постоянная циркуляция воды и пароводяной смеси от одного коллектора к другому повышает эффективность парообразования. Пар из верхней части пароводяного коллектора 5 поступает к потребителям через специальный стопорный клапан, по конструкции аналогичный вентилю.

**Котлы-утилизаторы.** На многих судах наряду с автономными котлами устанавливают также котлы-утилизаторы. При рациональном использовании теплоты выпускных газов с помощью этих котлов можно повысить экономичность энергетической установки на 5—8%. Котлы-утилизаторы в системе СЭУ выполняют также и роль глушителей шума. Одна из конструкций газотрубного водогрейного котла-

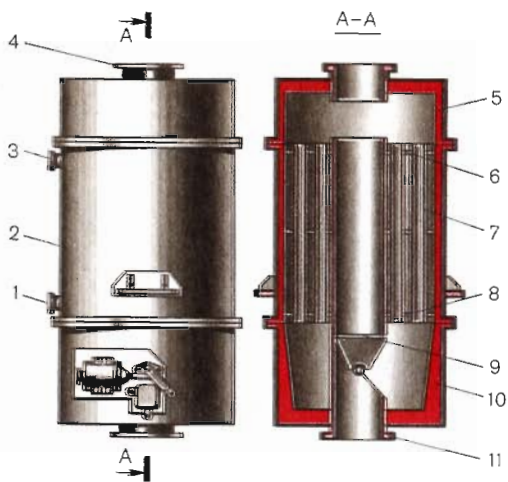


Рис. 115. Котел-утилизатор КАУ 4,5

утилизатора с площадью поверхности нагрева  $4,5 \text{ м}^2$  показана на рис. 115.

Автоматизированный котел-утилизатор КАУ 4,5 является составной частью системы отопления и горячего водоснабжения судов. Он может работать в режимах естественной и принудительной циркуляции. Котел представляет собой цилиндрический корпус 2 с двумя трубными решетками 6, 8 и трубками 7. Внутри корпуса смонтирована труба 11, соединенная с выпускным коллектором дизеля. Газы от дизеля поступают в трубку 11 и в зависимости от положения заслонки 9 проходят в кольцевую коробку 5 и далее в дымовую трубу 4, или, как показано на рис. 115, в кольцевую коробку 10, трубки 7, в кольцевую коробку 5 и дымовую трубу 4.

Газы от дизеля, проходя по трубкам 7, нагревают воду, находящуюся в пространстве между трубными решетками. Вода в корпус котла нагнетается по патрубку 3 и выходит из него через патрубок 1.

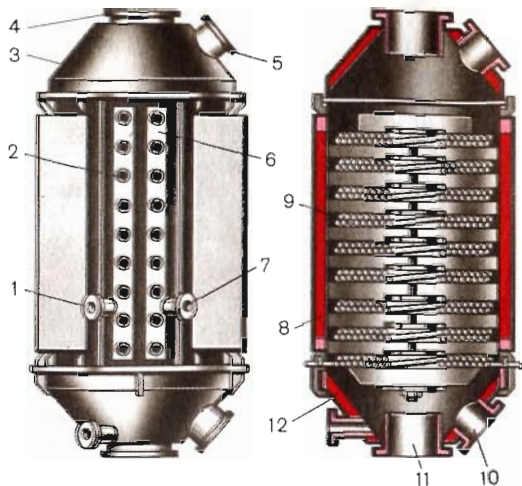


Рис. 116. Котел-утилизатор КУП 15/5

В качестве паровых на судах получили широкое применение водотрубные котлы КУП 19/5 и КУП 15/5 с номинальной паропроизводительностью соответственно 250 и 175 кг/ч, площадью поверхности нагрева 19 и  $15 \text{ м}^2$ .

Котел КУП 15/5, обеспечивающий производство пара с рабочим давлением 0,5 МПа, имеет змеевик водогрейных трубок 9 (рис. 116) с коллекторами 2 и 6, приваренными к цилиндрическому корпусу 8. Вода к коллектору 6 подводится насосом по трубе 7, а пароводяная смесь отводится из коллектора 2 по трубе 1. Газы поступают в корпус котла через патрубок 12, фланец 11 которого связан с выпускным коллектором дизеля. Верхний патрубок 3 фланцем 4 присоединен к дымовой трубе. В патрубках расположены горловины 5 и 10 с заглушками, через которые при необходимости очищают и осматривают внутренние поверхности котла-утилизатора. Для обеспечения бытовых потребителей паром иногда на судах

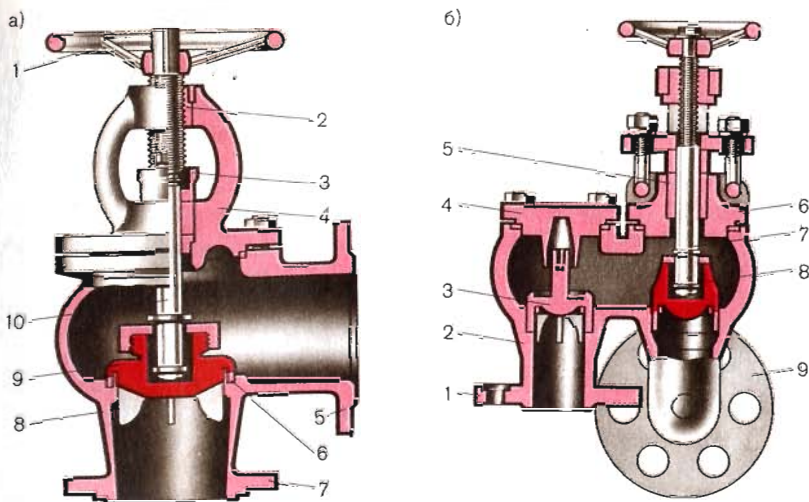


Рис. 117. Клапаны:

а — стопорный; б — питательный

устанавливают котлы-утилизаторы с естественной циркуляцией и автономный котел, имеющий общую с котлами-утилизаторами пароводяную магистраль. Пар к потребителям в этом случае поступает от автономного котла, который во время работы установки используется как сепаратор.

**Арматура котлов.** К арматуре котлов относят различные устройства, обеспечивающие их работу на разных режимах. Через арматуру осуществляется подвод к котлу питательной воды, топлива, воздуха и отвод пара (воды) к потребителям. По назначению арматуру котла подразделяют так:

запорная (стопорные клапаны, краны продувания, питательные клапаны), регулирующая расход воды и пара;

указательная (манометры, указатели уровня воды, термометры), с помощью которой можно наблюдать за работой котла;

защитная (предохранительные клапаны), предотвращающая аварийные ситуации при работе установки.

Запорные клапаны и краны. С потребителями воды или пара котлы сообщаются через стопорные клапаны. Корпус 8 (рис. 117,а) стопорного клапана фланцем 7 крепят к котлу, а фланец 5 соединяют с распределительной магистралью. Тарелка клапана 9 опирается на впрессованное в корпус гнездо 6. Клапан открывают и закрывают при повороте маховика 1 и шпинделя 10 с резьбой в верхней части относительно втулки 2. Герметизация отверстия в крышке 4 обеспечивается с помощью сальниковой набивки и нажимной втулки 3. Специальным приводом стопорные клапаны при аварии котельных установок можно открывать и закрывать с верхней палубы судна.

Котлы оборудуют не менее чем двумя независимыми системами питания с насосами, подача каждого из которых должна быть не менее производительности котла. Вода в котел поступает через питательный клапан. В корпусе клапана 2 (рис. 117,б) размещены

обратный 3 и запорный 8 клапаны. Герметизация корпуса обеспечивается с помощью крышек 4 и 6. Отверстие в крышке для шпинделя 7 уплотняют сальником и набивкой 5. Поворотом шпинделя 7 обеспечивается открытие и закрытие запорного клапана. Корпус клапана фланцем 1 соединяют с питательным трубопроводом, а фланцем 9 крепят к котлу. В рабочем положении запорный клапан открыт. Под воздействием давления, создаваемого насосом, открывается также и обратный клапан, пропуская воду в котел.

Если по тем или иным причинам давление в питательной магистрали окажется ниже давления в котле, обратный клапан 3 под воздействием давления котловой воды закроется и разобщит котел от питательной магистрали. Благодаря этому исключается упуск воды из котла при неработающем насосе даже в том случае, если запорный клапан окажется открытым. Для удаления маслянистых веществ и примесей, находящихся на поверхности котловой воды, котлы снабжают кранами верхнего продувания. При открытии крана верхнего продувания с поверхности воды в котле удаляются масло, пена и другие взвешенные вещества. Кран нижнего продувания устанавливают в нижней части котла. При его открытии котел освобождается от механических примесей, выпадающих в осадок во время нагревания воды. Конструктивно краны продувания представляют собой проходной кран, который состоит из корпуса и пробки, уплотнительного сальника, крышки и рукоятки для поворота пробки.

Указатели уровня воды. Давление и температуру пара (воды) в котлах контролируют по манометрам, дистанционным манометрическим или ртутным термометрам. Уровень воды в котле проверяют с помощью

пробных кранов или по специальным водоуказательным приборам. Пробными кранами оборудуют газотрубные котлы. Число таких кранов должно быть не менее двух. Ось одного из них располагают на отметке нижнего уровня воды в котле, а ось другого — на отметке верхнего уровня. Струю пара, выходящую из открытого крана, направляют на какой-либо металлический предмет. Если на нем при этом оседают мелкие капли конденсата, значит из крана выходит пар. Появление крупных капель конденсата на предмете свидетельствует о том, что кран сообщен с водяной полостью котла.

Наиболее точно уровень воды определяют по указательному прибору (рис. 118), призматический корпус 1 которого кранами 2, 7 соединен с паровой и водяной полостями котла. В корпусе прибора между рамкой 3 и крышкой 5, соединенными гайками и шпильками 4, установлено призматическое стекло 6. На рамке укреплены стрелки-указатели высшего и низшего уровней воды в котле. В рабочем положении (при закрытом кране 8 и открытых кранах 7 и 2) прибор сообщается с котлом и уровень воды в нем просматривается через рифленое призматическое стекло. Для очистки стекла от загрязнения и проверки исправности прибора его периодически продувают водой (при открытых кранах 7 и 8), паром (при открытых кранах 2 и 8) или одновременно паром и водой.

Предохранительные клапаны. В соответствии с Правилами Речного Регистра РСФСР паровые котлы должны иметь два предохранительных клапана, заключенных в один общий корпус. При нормальном давлении пара в котле клапаны прижаты к гнездам пружинами. Натяжение пружин



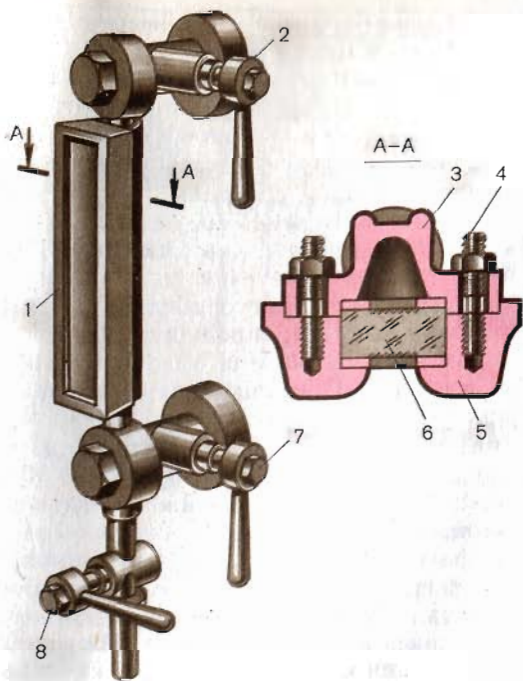


Рис. 118. Указатель уровня воды

жи регулируют нажимными втулками. После регулирования предохранительные клапаны пломбируют в присутствии инспектора Речного Регистра РСФСР. Изменить натяжение пружин при работе котла не разрешается.

Как только давление пара в котле станет на 3% выше рабочего, клапаны, сжимая пружины, поднимаются со своих гнезд и часть пара из котла выпускается через отводящий трубопровод в атмосферу. Если по тем или иным причинам клапаны не срабатывают в нужный момент, а также в аварийных ситуациях их открывают с помощью ручного привода.

**Форсунки.** В зависимости от способов распыливания топлива форсунки вспомогательных котлов подразделяют

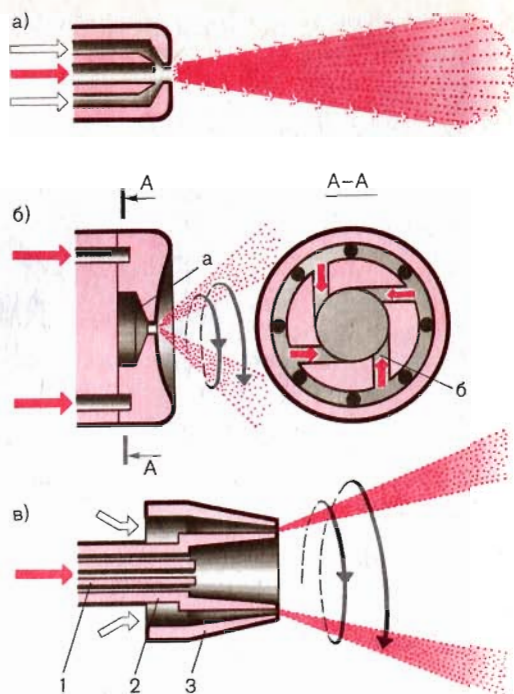


Рис. 119. Схемы паровых и механических форсунок

на паровые, механические и комбинированные (паромеханические).

В паровых форсунках (рис. 119,а) на струю топлива воздействует движущийся с большой скоростью поток пара. При воздействии потока пара и топливной струи топливо дробится на мелкие капли, которые увлекаются в топочное пространство и образуют вместе с воздухом факел круглой или плоской формы.

Механические форсунки бывают центробежные (невращающиеся) и роторные (вращающиеся). В центробежных форсунках (рис. 119,б) топливо перед истечением из сопла закручивается в вихревой камере *a* вследствие подвода к ней воздуха по тангенциальным каналам *б* к центру распылителя.

Распылитель комбинированных паромеханических форсунок имеет два тангенциальных канала для топлива и пара.

У роторных форсунок (рис. 119, в) центробежные силы распыливают топливо, поступающее по неподвижной трубе 1, при вращении его вместе со стаканом 2. Воздух к таким форсункам подается в кольцевое пространство между стаканом и неподвижной стенкой патрубка 3.

Одна из конструкций механических форсунок АФ65С, нашедшая наибольшее применение в котельных установках, показана на рис. 120. Корпус 6 форсунки на резьбе соединен с топливной трубкой и наконечником 3. В корпусе смонтированы жиклер 1 (коническая шайба с калиброванным отверстием в центре), завихритель 2, фильтр-сетка 4 и пустотелый винт 5. Насос через пустотелый винт, фильтр-сетку и кольцевую щель между завихрителем 2 и наконечником 3 нагнетает топливо в прорези а конической части завихрителя. В прорезях завихрителя топливо приобретает вращательное движение и распыленное в виде конуса выбрасывается в топку через калиброванное отверстие жиклера 1.

**Средства автоматического управления котельных установок.** Несмотря на различия в схемах управления

автономных котлов, они имеют одинаковые элементы автоматического регулирования и защиты, которые обычно используют во всех установках.

Средства управления паровых автономных котлов. В соответствии с Правилами Речного Регистра РСФСР средства автоматизации вспомогательных паровых котлов должны обеспечивать: заданную температуру тяжелого топлива в расходной цистерне; продувку воздухом топку котла до начала подачи топлива в течение 30 с; зажигание топлива при подаче его в топку; регулирование горения топлива в зависимости от давления пара в котле; прекращение подачи топлива при аварийном давлении пара, минимальном уровне воды, обрыве факела или невозможности топлива; регулирование уровня воды в котле в заданных пределах; пуск и остановку циркуляционных насосов. На посту управления судном или в ЦПУ в этом случае должны быть световые индикаторы по погасанию факела, минимальному и максимальному уровням воды в котле, максимальному давлению пара.

Рассмотрим принцип работы автоматической системы управления на примере парового котла КВАГ 1/5. В схему автоматического управления газотрубных паровых котлов КВАГ 1/5 входят: два реле РДК (см. рис. 88), причем реле 5 (рис. 121) срабатывает при давлении 0,35 и 0,55 МПа, а реле 6 — при давлении 0,56 МПа и используется в качестве аварийного; два дифференциальных реле 14 и 1 уровня с конденсационным сосудом 2; водяной насос 13; вентилятор 11 и топливный насос 10; электромагнитный топливный клапан 8; клапан сброса 9; трансформатор зажигания 12; фоторезистор 4 и щит 7 автоматического управления.

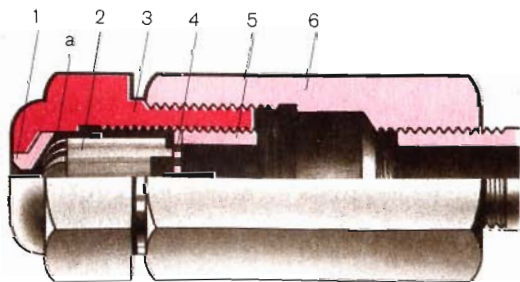


Рис. 120. Механическая форсунка

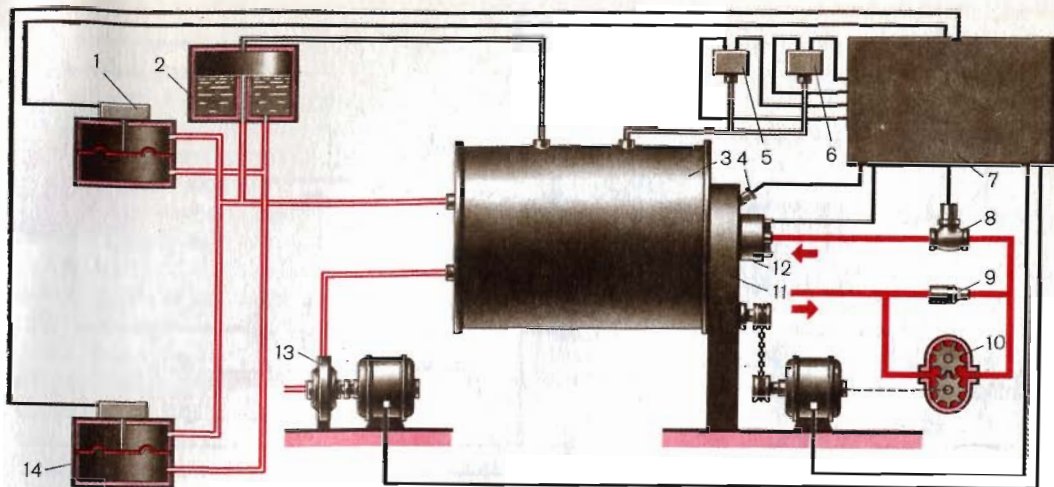


Рис. 121. Схема системы управления котла КВАГ 1/5

При вводе котла 3 в действие включаются вентилятор 11, топливный 10 и водяной 13 насосы. Реле времени при пуске котла в течение 30 с держит электромагнитный клапан 8 закрытым, топливный насос через клапан сброса 9 перекачивает топливо обратно в расходную цистерну. За 30 с вентилятор продувает топку воздухом, после чего реле времени замыкает цепь электромагнитного клапана 8 и трансформатора зажигания 12.

В обесточенном состоянии электромагнитный клапан 8 под действием пружины перекрывает топливную магистраль. Шток клапана является одновременно и сердечником индукционной катушки. При подаче питания на катушку электромагнитного клапана магнитное поле втягивает сердечник с запорной иглой и открывает отверстие в гнезде корпуса. Клапан открывается и топливо поступает к форсунке. Воспламенившееся в котле топливо освещает фоторезистор 4, который размыкает контакты в электрической цепи трансформатора зажигания.

В случае невоспламенения топлива или обрыва факела фоторезистор через щит управления выключает вентилятор 11 и топливный насос 10, включает звуковую сигнализацию, и только после устранения неисправностей установки ее снова можно перевести на автоматическую работу. Средства автоматизации котельной установки обеспечивают повышение давления пара до 0,55 МПа, после чего реле давления размыкает электрическую цепь управления электроклапана и закрывает электромагнитный клапан, прекращая подачу топлива в котел. Если реле давления не сработает, то при повышении давления до 0,56 МПа указанную цепь размыкает реле аварийного давления 6. При падении давления в котле до 0,35 МПа срабатывает реле 5 и вводит установку в действие по описанному выше принципу.

Насос 13 работает также по системе «включено — выключено». В качестве измерительного элемента уровня в системе использованы конденсационный сосуд 2 и дифференциальные

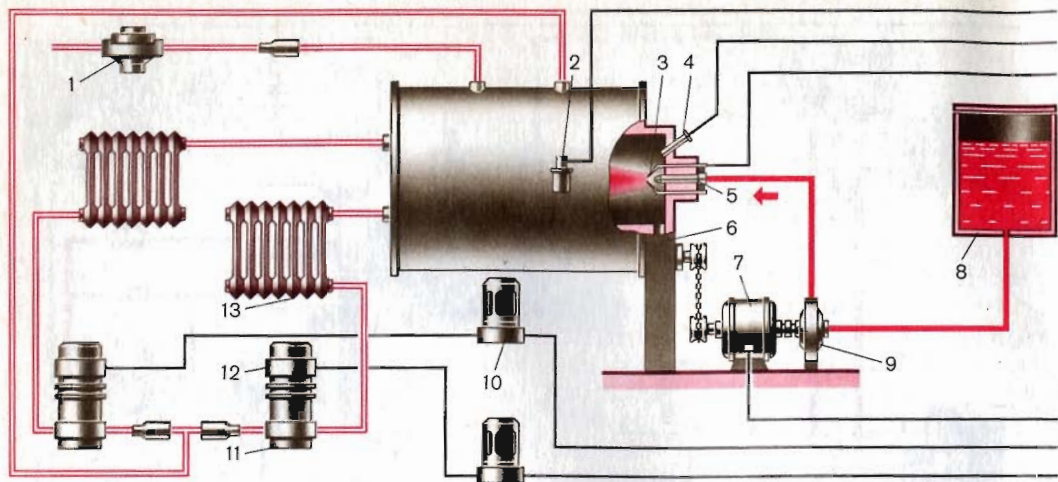


Рис. 122. Схема системы управления котла КОАВ 200

реле 1 и 14. Конденсационный сосуд сообщен с паровым пространством котла. Вследствие конденсации пара сосуд постоянно заполнен конденсатом на высоту дренажной трубки. Излишки конденсата по этой трубке сливаются обратно в котел. Постоянный уровень конденсата в сосуде обеспечивает постоянное гидростатическое давление в полости под мембранами дифференциальных реле. Полость реле над мембраной сообщена с водяным пространством котла и в ней создается давление, определяемое уровнем воды в котле.

Под воздействием гидростатического давления (разности высот между постоянным уровнем воды в конденсационном сосуде и изменяющимся уровнем воды в котле) мембраны реле 1 и 14 деформируются и через систему рычагов при определенном уровне воды в котле замыкают или размыкают контакты цепи управления электродвигателя питательного насоса 13 или цепь светового сигнализатора на щите управления 7.

При достижении максимального уровня воды в котле дифференциальное реле 1 размыкает свои контакты в цепи управления насоса 13 и он прекращает подачу воды в котел, а при понижении уровня до минимально допустимого, наоборот, замыкает контакты в цепи управления насоса. Если и при включении насоса уровень воды падает, реле 14 аварийного уровня включает на щите управления 7 световую сигнализацию и через 5—10 с котел прекращает работать.

Автоматическое управление автономных водогрейных котлов. Средства автоматизации водогрейных котельных установок обеспечивают ввод в действие и остановку котлов в зависимости от температуры воды в них, осуществляют подпитку котлов водой, а также сигнализацию и защиту при остановке топливного насоса, погасании факела или невоспламенении топлива. В качестве автоматических средств широкое распространение на судах получили унифицированные одностип-

ные электромеханические средства управления установок.

Рассмотрим принцип действия таких средств на примере огнетрубного (газотрубного) автоматизированного вспомогательного котла КОАВ 200 (рис. 122). К передней части топки котла крепят форсунку 5, устройство для воспламенения топлива и направляющий трубопровод для подачи воздуха. Электрическая часть системы управления включает: регулятор 2 температуры воды, фоторезистор 4, трансформатор зажигания топлива с электродами зажигания 3, регуляторы 10 температуры воздуха в помещениях и электродвигатели 12.

Для пуска установки переключатель на щите управления устанавливается в положение «Автомат». Под напряжением в этом случае оказываются электродвигатель циркуляционного насоса 11, прокачивающего воду через систему отопления, электродвигатель 7 и трансформатор с электродами зажигания 3. Электродвигатель 7 вводит в действие вентиль 6 и топливный насос 9, соединенный трубопроводом с расходной топливной цистерной 8 и форсункой 5. Топливо воспламеняется дугой, возбуждаемой трансформатором между электродами зажигания 3. При появлении факела в топке фоторезистор 4 своими контактами размыкает цепь электродов зажигания. В случае невоспламенения топлива контакты фоторезистора удерживают под током цепь электродов зажигания в течение 10 с с момента пуска топливного насоса. Если топливо не воспламенится за этот период, реле времени разрывает цепь управления электродвигателя 7. Аналогично действует фоторезистор и при обрыве факела.

Регулятор 2 представляет собой термобаллон, заполненный ацетоном.

При изменении температуры воды в котле давление паров ацетона передается через сильфон и шток на контактную пластину микропереключателя. Последний замыкает цепь управления, когда температура воды в котле понижается до  $80^{\circ}\text{C}$  и, наоборот, отключает котельную установку с повышением температуры воды до  $110^{\circ}\text{C}$ . Аналогично действуют и регуляторы 10 температуры воздуха. При температуре воздуха в помещении  $22^{\circ}\text{C}$  они размыкают цепь управления циркуляционных насосов 11, а при снижении температуры воздуха в помещениях до  $16^{\circ}\text{C}$  снова подключают их к отопительным батареям 13.

Подпитка котла водой из пневмоцистерны производится автоматически через редукционный клапан 1, срабатывающий при падении давления в котле до 0,18 МПа.

Широкое применение в системах управления водогрейных вспомогательных котлов получили автоматизированные форсунки АФ65С 220 и АФ65С 24; первая из них питается от сети переменного тока напряжением 220 В, вторая — от сети постоянного тока напряжением 24 В, благодаря чему можно автоматизировать вспомогательные котлы и небольших судов, на которых в качестве источников электроэнергии используют аккумуляторные батареи и навесные зарядные генераторы.

Автоматизированные форсунки АФ65С 220 (рис. 123) являются унифицированными агрегатами, у которых в общем корпусе 5 смонтированы форсунка 1, топливный насос 4, вентиль 3, электродвигатель 2, фоторезистор и электроды зажигания. Электродвигатель 2 соединен с вентилятором 3 и шестеренным топливным насосом 4 специальной муфтой и гибким валом. Вентиль 3 направляет

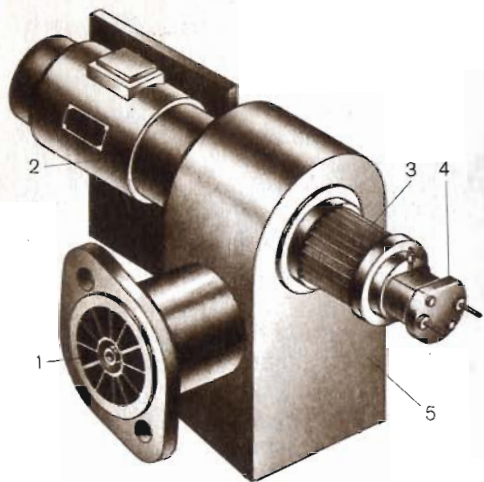


Рис. 123. Автоматизированная форсунка АФ65С 220

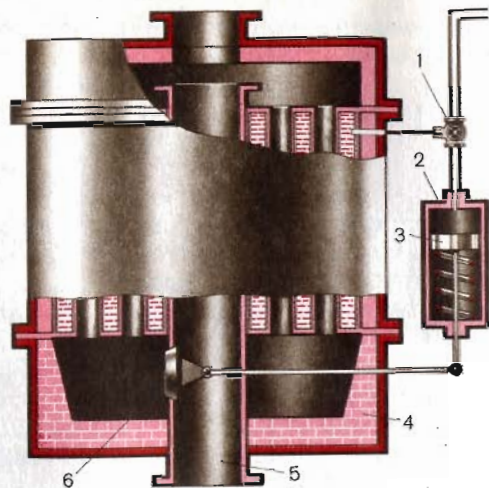


Рис. 124. Схема системы управления котла-утилизатора КАУ 4,5

поток воздуха в топку, где он приобретает вихреобразное движение. В топливный насос вмонтированы перепускной и обратный клапаны. Последний прекращает доступ топлива к форсунке при остановке котла. Автоматические форсунки вводят котлы в действие при температуре воды 85 °С и останавливают их при нагревании воды до 95 °С, срыве факела или невоспламенении топлива за 10 с.

Автоматизация управления котлов-утилизаторов. Электромеханические средства автоматизации котлов-утилизаторов работают также по принципу «включено — выключено». При минимальной температуре воды (минимальном давлении пара) они устанавливают заслонку в положение, сообщаемое котел с выпускным коллектором дизеля, а при достижении максимальной температуры (давления) разобщают котел с выпускным коллектором.

Электродвигатель электромеханических систем управления приводит во

вращение через редуктор специальный вал с винтовой нарезкой. В паре с валом действует ходовая гайка, застопоренная от вращения. Перемещаясь вдоль винтовой нарезки вала при работе электродвигателя, гайка через рычаг открывает или закрывает газовую заслонку. В крайних положениях конечные выключатели разрывают цепь управления электродвигателя. Реле минимальной температуры (давления) пускает электродвигатель в сторону открытия газовой заслонки, а реле максимальной температуры (давления), наоборот, — в сторону закрытия ее.

Принципиальная схема электропневматического управления работой водогрейного котла-утилизатора показана на рис. 124. При положении переключателя на отметке «Автоматическая работа» через контакты комбинированного реле температуры КРМ ток поступает на катушку электромагнитного клапана 1. Последний, открываясь, пропускает сжатый воздух под дав-

лением 0,4—0,6 МПа к пневмоцилиндру 2, поршень которого через систему рычагов устанавливает газовую заслонку в положение, сообщающее выпускной коллектор дизеля с котлом 4. Комбинированное реле КРМ вводит установку в действие при снижении температуры воды в котле до 75 °С, а с повышением температуры воды до 90 °С, размыкая цепь электромагнитного клапана, перекрывает воздухопровод к пневмоцилиндру 2. Поршень 3 под действием пружины переставляет заслонку 6 в положение, при котором выпускные газы направляются в трубопровод 5, минуя котел.

**Техническая эксплуатация котельных установок.** Для котельных установок в зависимости от их типа и назначения разработаны определенные правила по обслуживанию и ремонту. Инструкции по эксплуатации установок содержат указания о вводе котлов в действие и их остановке, о порядке поддержания заданных параметров работы котлов, в них даются рекомендации по хранению котлов при кратковременных и продолжительных стоянках, приводятся сведения о регулировочных работах и особенностях обслуживания котлов на ходовом и стояночном режимах.

Подготовка к пуску и пуск котельной установки. После длительного бездействия установки для подготовки ее к работе тщательно осматривают котел с целью проверки: надежности крепления арматуры, трубопроводов и других деталей; исправности действия КИП, запорных клапанов, кранов и средств автоматизации; технического состояния изоляции корпуса котла, топок, электропроводки и контактных соединений, пневмо- и электроприводов, средств защиты и регулирующих органов, а также соединяющих их связей.

Заполняя котел водой, обслуживающий персонал тщательно проверяет герметичность швов и мест крепления трубопроводов, арматуры и КИП к корпусу котла.

При вводе котлов в действие после кратковременной стоянки перед пуском их проверяют наличие воды и топлива в системах, смазывают подшипники насосов, вентиляторов, электродвигателей и трущиеся детали других механизмов, устанавливают правильность положения электродов зажигания топлива, производят внешний осмотр котла и аппаратуры автоматического управления.

Перед пуском установки все клапаны на паровой, водяной, топливно-воздушной магистралях и переключатели средств управления устанавливают в рабочее положение. Автоматизированные установки пускают включением соответствующих кнопок или тумблеров на щите управления.

Котлы-утилизаторы сообщают с газопроводом дизеля только после пуска циркуляционных насосов. По мере повышения давления пара в котле проверяют герметичность соединений, продувают указатели уровня, определяют правильность показаний манометров и исправность действия предохранительных клапанов. К потребителям тепловой энергии установку подключают только при полной уверенности в надежной работе всех ее элементов.

**Обслуживание действующей установки.** Во время работы котельной установки обслуживающий персонал периодически производит наружный осмотр котла, проверяет исправность действия арматуры, герметичность фланцевых соединений паровых, топливных и водяных трубопроводов, следит за состоянием видимых поверхностей нагрева и уровнем воды в котле, осуществляет регу-

лярную продувку котла, контролирует уровень топлива в расходных цистернах и качество горения по цвету пламени в топке. При полном сгорании топливный факел имеет светло-соломенный цвет, при неполном — темно-красный.

Правильно настроенные средства автоматизации обеспечивают устойчивую работу установок в течение длительного времени, и обслуживание их сводится к наблюдению за показаниями КИП, смазыванию трущихся деталей, наружному осмотру и уборке машинного помещения при смене вахт.

В процессе эксплуатации установок проводят их плановые ТО-1 и ТО-2. При ТО-1 через 500—600 ч работы тщательно проверяют исправность действия всех элементов установки и выполняют необходимые регулировочные операции. Через 2000—3000 ч работы производят ТО-2, при котором наряду с операциями ТО-1 очищают водяные и огневые поверхности нагрева котла от накипи и отложений золы, притирают арматуру и ремонтируют изоляцию топок.

**Выключение установки.** Котел выводят из действия при прекращении подачи топлива к форсунке или при перекрытии газопровода, сообщающего его с дизелем. После остановки циркуляционного насоса котлу дают возможность охладиться. Продолжительность и порядок охлаждения определяются инструкцией по обслуживанию установки. Не разрешается искусственно охлаждать котел вентиляцией газопроводов и удалением воды из него при наличии давления пара.

В случае остановки на длительный срок из котла через кран нижнего продувания удаляют воду, очищают его поверхность нагрева от наки-

пи, сажи и выполняют необходимые ремонтные работы.

**Надзор за котельными установками и их освидетельствование.** Надзор за техническим состоянием котельных установок осуществляет Речной Регистр РСФСР. Паровые котлы инспектора Речного Регистра РСФСР подвергают ежегодно наружному осмотру, внутреннему освидетельствованию — один раз в 2 года и гидравлическому испытанию водой — один раз в 8 лет.

Наружное освидетельствование является контрольным и заключается в проверке состояния котла, трубопроводов и всего котельного оборудования во время работы установки. При наружном освидетельствовании проверяют правильность монтажа и исправность действия арматуры, регулируют и пломбируют предохранительные клапаны, которые должны срабатывать при давлении, превышающем рабочее не более чем на 3%.

При внутреннем освидетельствовании тщательно проверяют состояние котла с наружной стороны, со стороны пароводяного и газового пространства, а также состояние трубопроводов, всей арматуры и КИП установок. Гидравлическое испытание котлов проводят, когда температура наружного воздуха не ниже 5 °С.

Все дефекты, обнаруженные при освидетельствовании, отмечают в регистрационной книге с указанием перечня работ, требуемых для их устранения, а также сроков выполнения ремонтных операций.

**Правила безопасного обслуживания.** Во время работы котлов запрещается допускать снижение уровня воды в них до минимального предела; увеличивать давление пара выше предельных значений; располагать на маховиках (рукоятках) клапанов, кра-



нов, и других средств управления одеждоу, ветошь, инструмент или какие-либо другие предметы; наносить удары по сосудам и трубопроводам, находящимся под давлением; производить ремонтные работы (крепить фланцы, арматуру и трубопроводы, ставить хомуты на поврежденные участки труб) при наличии давления пара или горячей воды в корпусе котла и в дефектных частях магистралей.

Котельная установка должна быть выведена из действия при недопусти-

мом снижении уровня воды, появлении выпучин на поверхности нагрева, разрыве водогрейных трубок и паропроводов; обнаружении течи в заклепочных и сварных швах, выходе из строя предохранительных клапанов, кранов продувания, указателей уровня и манометров, при неисправности питательных средств, систем подачи топлива и воздуха в топку и средств автоматизации управления. Подробно правила обслуживания изложены в инструкции по эксплуатации котлов.

---

1. Из каких основных элементов состоит котельная установка судна? 2. По каким принципам классифицируют вспомогательные котлы? 3. Как устроены котлы типов КОАВ и КВВ? 4. Что относят к арматуре котлов и какие типы клапанов и контрольно-измерительных приборов устанавливают на вспомогательных котлах? 5. Каков принцип работы средств автоматического управления паровых и водогрейных автономных котлов? 6. На каком прин-

ципе основана работа электропневматических средств управления котлов-утилизаторов? 7. Как осуществляют подготовку к пуску и пуск котельной установки? 8. Какие операции выполняют при обслуживании действующей котельной установки? 9. Какие меры предосторожности необходимо соблюдать при обслуживании котлов? 10. Кто осуществляет надзор за техническим состоянием котлов и в какие сроки производится их освидетельствование?

---

## ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ, ХОЛОДИЛЬНЫЕ АГРЕГАТЫ И СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

### 26. МЕХАНИЗМЫ РУЛЕВЫХ УСТРОЙСТВ

**Механические рулевые приводы.** К рулевым устройствам, обеспечивающим управляемость судов, относят: рули или поворотные направляющие насадки; рулевые приводы, связывающие баллер (вал поворота руля) с рулевой машиной; рулевые машины и средства управления ими.

Согласно требованиям Речного Регистра РСФСР рулевые устройства должны иметь основной и запасной приводы. Время поворота насадок или перекладки руля с одного борта на другой на угол  $35^\circ$  с помощью основного рулевого привода при максимальной скорости судна не должно превышать 30 с. У судов на подводных крыльях и воздушной подушке рулевые приводы должны обеспечивать пе-

рекладку рулей на угол  $35^\circ$  в течение 15 с. Перекладка руля (насадок) с одного борта на другой на угол  $20^\circ$  (при скорости переднего хода судна 0,6 максимальной с осадкой по грузовой ватерлинию) с помощью запасного рулевого привода должна осуществляться не более чем за 60 с.

В зависимости от принятой схемы соединения рулевой машины с баллером различают *приводы механические, электрические и гидравлические*. Механические приводы могут быть с гибкой связью (канатные, цепные) и валковые. Приводы с гибкой связью из-за невысокого КПД и незначительных вращающих моментов на баллере применяют в основном на судах небольшой мощности. Поворот балле-

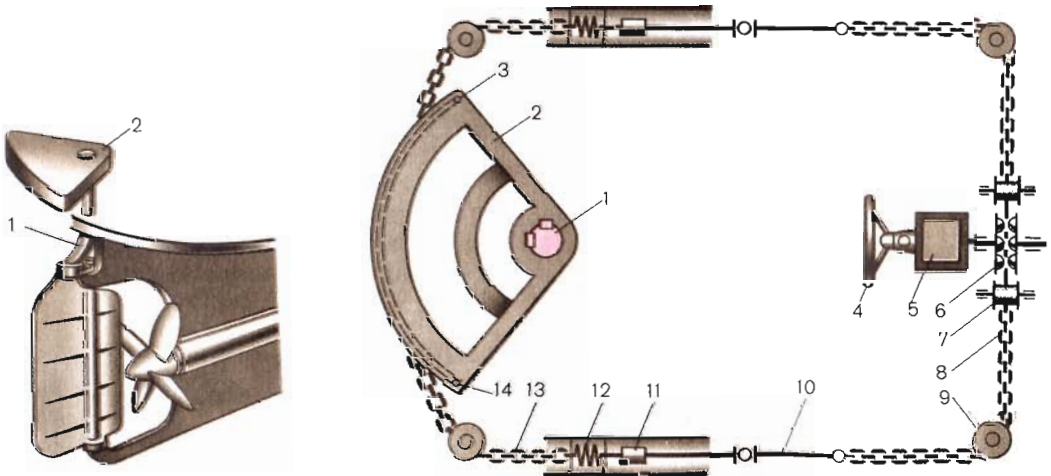


Рис. 125. Рулевой привод с гибкой связью

ра 1 (рис. 125) и связанного с ним сектора 2 в таких приводах осуществляет тяговый орган, состоящий из гибких участков (цепей или стальных канатов) 8, 13, направляющих роликов 7, 9 и прямых стержней 10 с ползунками 11. На участке 8 цепь (канат) наматывается на барабан 6 рулевой машины 5. Концы гибкой связи уложены в специальные канавки сектора 2 и закреплены штырями 3, 14. При вращении штурвала 4 поворачиваются в соответствующую сторону сектор 2, баллер 1 и связанный с ним руль. Динамические нагрузки на привод (удары волн о руль и др.) компенсируются пружинами 12.

Валиковые рулевые приводы применяются на судах с вращающими моментами на баллере до 4 кН·м. Состоят они в основном из валиков 7 (рис. 126), редуктора 6 и конических зубчатых передач. Валики привода для уменьшения потерь на трения и повышения КПД монтируют в подшипниках качения. От рулевой машины со штурвалом 8 вращение валиков через конические шестерни, редуктор 6 и ци-

линдрическую шестерню 5 передается зубчатому сектору 2. Последний, воздействуя на пружинные амортизаторы 4, поворачивает румпель 3, закрепленный на баллере 1 руля или поворотной насадке.

**Электрические и гидравлические приводы.** Электрические рулевые приводы с расположением рулевой машины на корме (в румпельном отделении) выполняют секторными. Область их применения ограничивается значениями вращающего момента на баллере до 150 кН·м.

Наибольшее распространение на судах получили два типа секторных машин: у первого основной и запасной приводы связаны с зубчатым сектором каждый через свой редуктор, у второго — через общий червячно-планетарный редуктор (дифференциал Федорицкого).

В приводах второго типа (рис. 127) основной электродвигатель 7 через редуктор 5 вращает цилиндрическую шестерню 4, входящую в зацепление с зубчатым сектором 6, посаженным на баллер 1 свободно. Вращение

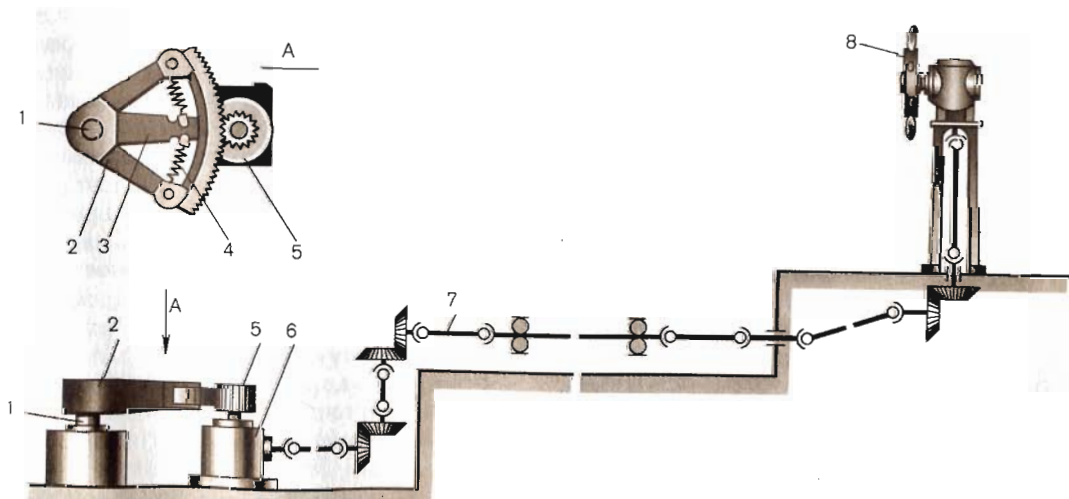


Рис. 126. Валиковый рулевой привод

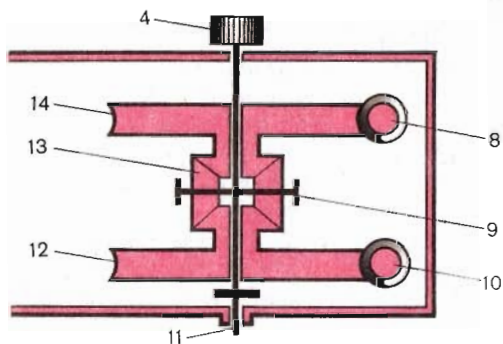
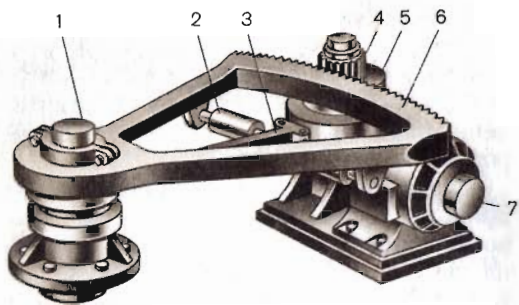


Рис. 127. Рулевой привод с червячно-планетарным редуктором

баллеру от сектора передается через пружинные амортизаторы 2 и румпель 3, закрепленный на баллере шпонкой.

Червячно-планетарный редуктор такого привода имеет две самотормозящие передачи 8, 14, 10 и 12, соединенные вертикальными коническими шестернями 13, свободно сидящими на поперечине 9. Червячные шестерни 14, 12 выполнены заодно с горизонтальными коническими шестернями и посажены свободно на вертикальный вал 11, скрепленный с поперечиной 9. Червяк 10 соединен с валом электродвигателя основного привода, а червяк 8 — с валом электродвигателя запасного привода или с валиковой проводкой ручного привода.

При работе основного привода (электродвигателя 7) червячная пере-

дача 10, 12 приводит во вращение конические шестерни 13, которые перекачиваются по верхней горизонтальной конической шестерне, оставшейся неподвижной вследствие тормозящих свойств червячной передачи 8, 14. Поперечина 9 при этом поворачивается в горизонтальной плоскости и вращает вертикальный вал 11 с шестерней 4.

С включением запасного привода получает вращение червячная передача 8, 14, а передача 10, 12 остается неподвижной. Шестерни 13 будут вращать вал 11, перекачиваясь по нижней конической шестерне. Вращение от двух приводных электродвигателей на шестерню 4 можно передавать как одновременно, так и попеременно, с одинаковой и различной частотой вращения без каких-либо переключений.

Если включить обе передачи с одинаковой частотой вращения и в одном направлении, конические шестерни 13 вращаться относительно поперечины 9 не будут, а редуктор как одно целое будет вращать вал 11 с удвоенной мощностью. При вращении валов электродвигателей в противоположные стороны с одинаковой частотой вращения поперечина останется неподвижной и перекладка руля (насадки) застынет.

Электродвигателями управляют из рубки с помощью рукояток основного и запасного приводов. Угол перекладки руля на борт определяют по прибору, называемому *аксиометром*. Автоматическая остановка электродвигателей при крайних положениях пера руля обеспечивается конечными выключателями, размыкающими их цепи питания. Привод к выключателям обычно выполняют в виде цепной передачи со звездочками, закрепленными на валу 11. Предельный угол поворота сектора относительно диамет-

ральной плоскости судна ограничивается специальной упором, укрепленным в корпусе судна.

Для передачи больших мощностей на баллер используют гидравлический плунжерный (поршневой) рулевой привод. Румпель 2 в таких приводах (рис. 128,а) шарнирно соединен с плунжером 4, который может перемещаться в двух гидроцилиндрах 3. При нагнетании масла под давлением в один из цилиндров с одновременным отсасыванием его из другого цилиндра плунжер смещается в разные стороны и поворачивает баллер 1. На серийных судах с гидравлическими рулевыми машинами типа РГ используют плунжерно-реечные приводы (рис. 128,б). Основными деталями привода являются плунжер 2 и гидроцилиндр 1. В средней части плунжер имеет вырез с зубчатой рейкой для сцепления с шестерней 3, насаженной на баллер 4. При подаче масла в ту или иную полость гидроцилиндра плунжер поворачивает шестерню и баллер в соответствующую сторону.

Наиболее простую и компактную конструкцию имеют лопастные гидравлические приводы (рис. 128,в). В состав привода включен гидродвигатель с двумя или тремя лопастями 5, скрепленными с баллером 4. Лопастные и радиальные перегородки 6 разделяют корпус 1 гидродвигателя на несколько полостей (в данном случае на четыре), соединенных трубопроводами 2, 3 через соответствующий переключатель режимов с электроприводным насосом. Если, например, рабочая жидкость давлением 4—5 МПа поступает в гидродвигатель по трубопроводу 3, баллер руля поворачивается против часовой стрелки до упора лопастей 5 в радиальные перегородки 6. С изменением положения переключателя рабочая жидкость нагнетается в гидродвига-

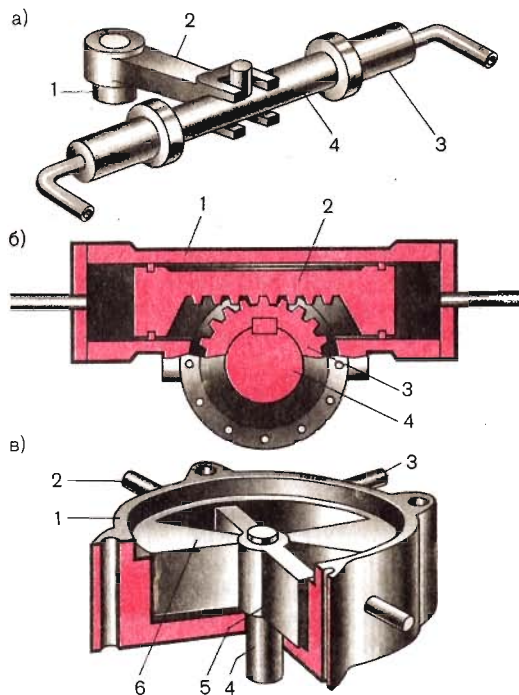


Рис. 128. Гидравлические рулевые приводы

тель по трубопроводу 2 и баллер руля поворачивается по часовой стрелке. Чтобы исключить утечки рабочей жидкости из одной полости гидродвигателя в другую, торцы лопастей и радиальных перегородок выполнены с уплотнениями из маслостойкой резины.

#### Ручные гидравлические машины.

По роду используемой энергии рулевые машины подразделяют на *ручные*, *электрические* и *гидравлические*. Ручные рулевые машины применяют на небольших судах, где они являются основным средством управления. На крупных судах их используют в качестве запасного привода. Ручные рулевые машины с гибкой связью имеют штурвальное колесо и горизонтальный вал с барабаном для каната (штуртрота). В большинстве случаев ручные рулевые маши-

ны komponуют с валиковой проводкой. Основным узлом такой машины является также штурвальное колесо с горизонтальным валом. При вращении штурвального колеса через систему конических шестерен, шарниров и валиков поворачивается в соответствующую сторону и баллер руля.

Электрические рулевые машины могут быть с ручным запасным и электрическим основным приводами или с основным и запасным электроприводами.

Широкое применение на судах всех типов и размеров получили гидравлические *рулевые машины*. Их подразделяют на *гидроручные*, *гидравлические* с приводом от главных дизелей и *электрогидравлические*. Принципиальная схема одной из гидроручных рулевых машин показана на рис. 129. Рабочая жидкость в цилиндры 6 и 8 плунжерного привода подается с помощью аксиально-поршневого насоса, встроенного в штурвальную колонку, расположенную в рубке. Насос 3 приводится в действие через зубчатую

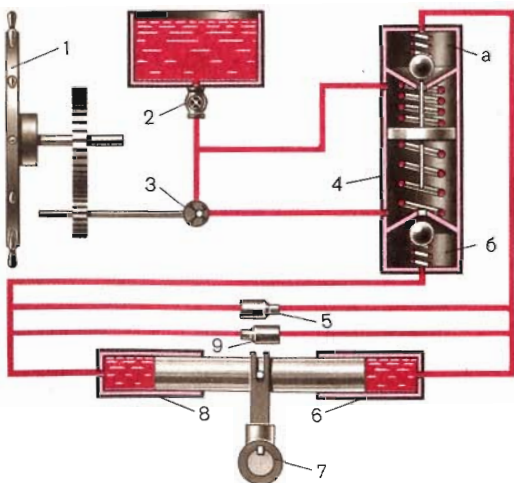


Рис. 129. Гидроручная рулевая машина

передачу при вращении штурвального колеса 1. От насоса рабочая жидкость в зависимости от направления вращения штурвального колеса поступает в полость а или б клапанной коробки (гидрозамка) 4. Если, например, на поршень гидрозамка будет действовать давление снизу, как показано на рис. 129, то левый гидроцилиндр 8 сообщится с нагнетательным трубопроводом насоса, а правый 6 — с всасывающим. Плунжеры гидропривода сместятся вправо, и румпель 7 повернется по часовой стрелке.

При повороте штурвального колеса в другую сторону под воздействием давления окажется правый гидроцилиндр, что приведет к повороту румпеля в противоположном направлении. Когда штурвальное колесо не вращается, рабочая жидкость в цилиндрах запирается шариковыми клапанами гидрозамка и руль оказывается неподвижным. Во избежание перегрузок и поломок машины, возможных при ударах волн о перо руля, задевания руля за грунт и т. д., в систему гидропривода включены два предохранительных клапана 5 и 9. Заполнение системы маслом производят через клапан 2.

Корпус 3 (рис. 130) насоса имеет несколько цилиндров и получает вращение от приводного вала 5. Поршни насоса выполнены в виде плунжеров 4, опирающихся под действием пружин 2 своими сферическими концами на шайбу 6. При вращении вала вместе с ним вращается и шайба, установленная под некоторым углом к оси вала, а плунжеры совершают прямолинейное возвратное движение в сторону шайбы и обратно. Ход поршней (подачу насоса) регулируют изменением угла наклона шайбы по отношению к оси вала. В гидроручных машинах применяют, как правило, насосы с постоянной

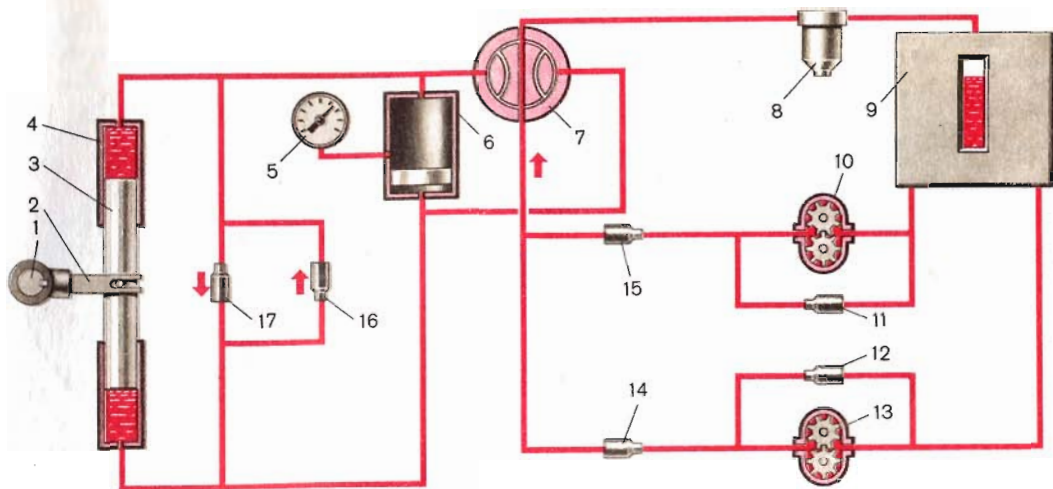


Рис. 131. Схема гидравлического рулевого привода РГ

метру 5, подключенному к перекидному клапану 6. В установленных пределах давление поддерживается с помощью предохранительно-перепускных клапанов 11, 12, 16, 17. Для перекладки руля на правый или левый борт золотник реверса 7 переводят в соответствующее положение с поста управления, на панели которого смонтированы также тумблер включения запасного электропривода, аксиометр, манометр и сигнальная лампа аварийного уровня в масляной цистерне.

На заранее заданном курсе судно может быть удержано специальными устройствами — *авторулевыми*. В качестве источника информации о положении судна относительно заданного курса в схеме авторулевых обычно используют гироскопические компасы, реагирующие на поворот судна вокруг вертикальной оси. При отклонении фактического курса от заданного гироскопы воздействуют на рулевой привод, изменяющий положение пера руля относительно диаметральной плоскости судна.

Для улучшения управляемости при застопоренных главных дизелях, а также при малых скоростях движения пассажирские и грузовые суда иногда оборудуют в дополнение к рулевым приводам еще и подруливающими устройствами. Большинство таких устройств при работе создает силу, перпендикулярную диаметральной плоскости судна. Подруливающее устройство на грузовых теплоходах проекта 507, например, состоит из дугообразной стальной трубы, лопастного насоса и электродвигателя. При работе устройства реакция струи воды, выбрасываемая насосом, отклоняет судно в направлении, противоположном движению струи.

**Правила обслуживания рулевых машин.** Рулевые машины, как и любое другое судовое устройство, должны быть в постоянной готовности к действию. При подготовке к работе производят наружный осмотр всех креплений устройства; проверяют наличие смазочного масла в корпусах редукторов; убеждаются в отсутствии уте-

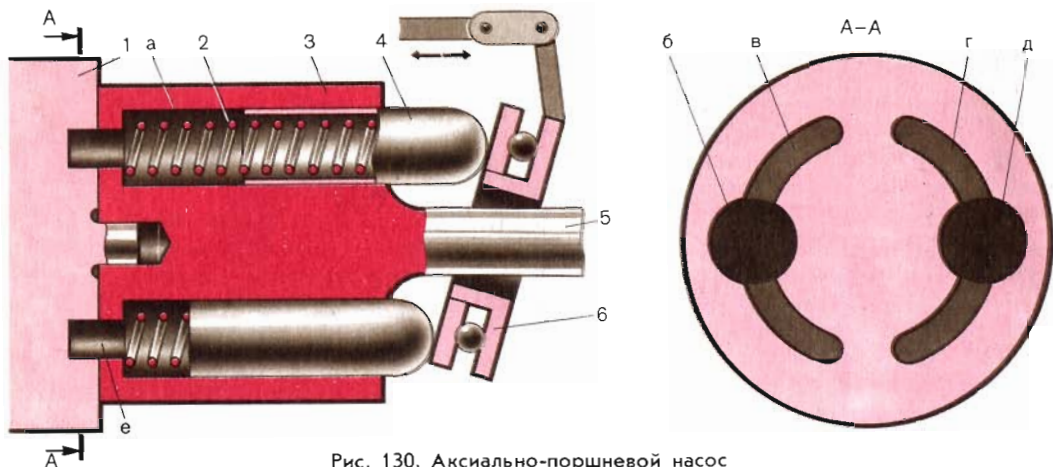


Рис. 130. Аксиально-поршневой насос

подачей, поэтому угол наклона шайбы в них не изменяют. Как показано на рис. 130, плунжеры, оказывающиеся при вращении вала в верхней части насоса, движутся в сторону к шайбе, обеспечивая всасывание рабочей жидкости в полости *a*, а плунжеры, смещающиеся в нижнюю часть насоса, при движении влево вытесняют рабочую жидкость из полости *e*. Распределение жидкости осуществляется через серпообразные окна *в* и *г* в неподвижном опорно-распределительном диске *1*, связанном трубопроводами с гидрозамком привода. Причем при вращении блока цилиндров вместе с валом *5* по часовой стрелке (если смотреть на насос со стороны диска *1*) рабочая жидкость через окно *б* будет поступать в насос, а через окно *д* — нагнетаться в магистраль. При изменении направления вращения вала (штурвального колеса) рабочая жидкость через окно *д* будет поступать в полости цилиндров, а через окно *б* — нагнетаться в гидропривод. По такому же принципу действуют и аксиально-поршневые насосы типа ПД, включенные в схему отечественных гидравлических машин типа Р (Р11—Р22) с двух-

цилиндровым (однорулевым) и четырехцилиндровым (для двух рулей) плунжерным приводом.

**Гидравлические рулевые машины типа РГ.** На некоторых теплоходах-толкачах, сухогрузах и пассажирских теплоходах типа «Москва» жидкость в гидросистему привода подается шестеренным насосом *10* (рис. 131), приводимым в действие через клиноременную передачу от вала отбора мощности главного дизеля. При работе дизеля шестеренный насос *10* забирает масло из цистерны *9* и затем через обратный клапан *15* и золотник реверса *7* нагнетает его в один из гидроцилиндров *4* плунжерного или плунжерно-реечного привода (см. рис. 128,б). Плунжер *3* (см. рис. 131) под воздействием давления масла смещается в соответствующую сторону и через румпель *2* поворачивает баллер *1*. Одновременно из полости другого цилиндра масло через золотник реверса и фильтр *8* вытесняется в цистерну *9*.

При включении запасного привода масло в гидросистему нагнетает электроприводной шестеренный насос *13* через обратный клапан *14*. Давление в системе контролируют по манометру



чек рабочей жидкости в соединениях гидросистемы; определяют техническое состояние гибких связей, электропроводки, зубчатых передач, других узлов и деталей; устанавливают все клапаны, краны и золотники в рабочее положение.

Марки рабочих жидкостей, применяемых для заполнения систем управления гидравлических машин, должны соответствовать требованиям инструкции по их эксплуатации. Для проверки исправности действия насосов их поочередно включают в работу и переключают руль каждым насосом в отдельности (если их два) на правый и левый борта судна. Во время переключения руля проверяют давление масла в гидросистеме и согласованность показателей положения руля в румпельном отделении и на посту управления в рулевой рубке.

На судах с отдельным управлением поворотными насадками перед выходом судна в рейс определяют надежность действия рулевого устройства при совместном и при отдельном управлении.

Обслуживание рулевых машин при работе заключается в систематическом наблюдении за техническим состоянием их узлов и деталей, герметичностью

систем, уровнем масла в расходных баках, показаниями КИП, положением клапанов, плавностью действия привода и других частей устройства.

Рулевые машины не разрешается эксплуатировать при ослаблении посадки штурвального колеса на валу, пробуксовке тормозного шкива, заедании канатов (штуртросов, цепей) в направляющих роликах и чрезмерном провисании их, разрыве проволок каната и уменьшении диаметра валков привода сверх допустимых пределов, подтекании масла из подшипников, корпусов редукторов, сальниковых уплотнений силовых цилиндров и в соединениях трубопроводов. Нормы допустимых зазоров между деталями устройств и степень их изнашивания устанавливаются заводскими инструкциями и соответствующими формулярами. Рулевые машины и устройства в целом подвергаются ежегодному очередному освидетельствованию Речным Регистром РСФСР. Техническое состояние рулевых машин при освидетельствовании инспектор Речного Регистра РСФСР фиксирует в акте, на основании которого судну выдается классификационное свидетельство о годности плавания в заданном районе.

---

1. Какие типы рулевых приводов используют на речных судах? 2. Какая связь существует между конструкцией рулевого привода и рулевой машины? 3. Как действуют подруливающие устройства? 4. Каковы особенности конструкции электрических рулевых ма-

шин с дифференциалом Федорицкого? 5. Как обеспечивается переключение руля с помощью плунжерных гидравлических машин? 6. На каком принципе основано действие электрогидравлических лопастных машин? 7. В чем заключается подготовка рулевых машин к работе?

---

## 27. ЯКОРНО-ШВАРТОВНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

**Общие сведения.** Для надежной стоянки на якоре, у причалов и других плавучих и береговых сооружений суда оборудуют якорными и швартовными

механизмами. Обычно операции по подтягиванию швартовного каната, отдаче якоря, отрыву от грунта, подъему и уборке якоря в клюз выполняют на

судах одним механизмом, снабженным звездочкой для якорной цепи и швартовным барабаном для швартовов (стальных, пеньковых, капроновых и других канатов).

Якорно-швартовные механизмы, выполняющие такие операции, подразделяют на *шпили* и *брашпили*. Первые имеют вертикальную ось вращения тяговых органов, вторые — горизонтальную. У шпиля — одна звездочка и один швартовный барабан (если шпиль звездочки не имеет, его называют швартовным). У брашпиля обычно две звездочки и два швартовных барабана. Шпили и брашпили, входящие в состав якорных и швартовных устройств, подразделяют на *малые* (с цепями калибров до 28 мм и тяговым усилием до 15 кН), *средние* (с цепями калибров 29—46 мм и тяговым усилием 16—50 кН) и *крупные* (с цепями калибров более 46 мм и тяговым усилием более 50 кН).

По роду используемой энергии *якорно-швартовные механизмы* могут быть *ручными, электрическими и гидравлическими*. Ручные шпили и брашпили применяют в основном на несамостоятельных судах с якорями массой до 400 кг и калибром якорных цепей до 19 мм. Наиболее распространенным приводом якорно-швартовных механизмов является электрический, небольшая часть судов эксплуатируется с паровыми шпилями и брашпилями, в последнее время внедряется и гидравлический привод.

На вал электродвигателей якорно-швартовных механизмов устанавливают тормоз, предназначенный для удерживания тяговых органов от вращения под нагрузкой, превышающей на 50% номинальную. Мощность шпилей (брашпилей) по правилам Речного Регистра РСФСР должна быть достаточной для подтягивания судна к якорю,

отрыва и подъема якоря со скоростью не менее 0,12 м/с при номинальном тяговом усилии на звездочке. Шпили должны выбирать канаты при номинальном тяговом усилии с установленной скоростью (не более 0,3 м/с) и при необходимости создавать двухкратное усилие на швартовном барабане в течение 15 с.

**Устройство шпилей.** Большинство судов имеют два станковых якоря в носовой части и стоп-якорь (меньший по массе якорь) в кормовой части. Поэтому в носовой части судна устанавливают, как правило, брашпиль с двумя звездочками и швартовными барабанами, а в кормовой части — якорно-швартовный шпиль. Исключение составляют суда катамаранного типа, у которых в носовой части каждого корпуса смонтированы шпили. На буксирах-толкачах для выполнения якорно-швартовных операций иногда используют буксирные лебедки. На судах небольшой мощности устанавливают, как правило, один носовой якорно-швартовный шпиль.

Механизм шпиля обычно имеет две части: верхнюю, состоящую из швартовного барабана 1 (рис. 132, а) со звездочкой, и нижнюю, включающую электродвигатель 3 и редуктор 2. По расположению привода *шпили* могут быть *двухпалубные* (рис. 132, а) и *однопалубные* (рис. 132, б, в). У двухпалубных шпилей электродвигатель с редуктором смонтированы на нижней палубе, а швартовный барабан — на верхней. Электрические однопалубные шпили могут иметь *надпалубное* (см. рис. 132, б) или *подпалубное* (см. рис. 132, в) *расположение электродвигателя*. При подпалубном расположении электродвигателя 2 обслуживают привод через вырез в палубе или люки фундамента шпиля, снабженные водонепроницаемыми крышками. На

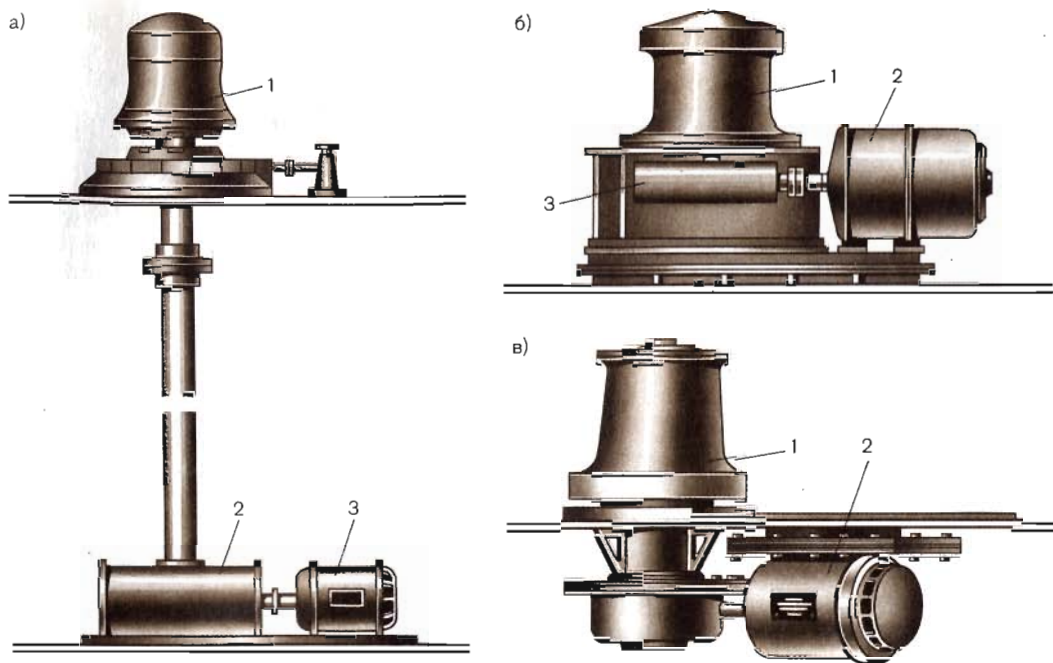


Рис. 132. Схемы расположения шпилей

современных судах чаще всего устанавливают однопалубные шпили с надпалубным расположением электродвигателя 2 и редуктора 3.

В настоящее время в качестве ручных шпилей широкое применение получили судовые шпили с рукояточным приводом семи типоразмеров ШР1 — ШР7 с номинальными тяговыми усилиями на турачке (барабане) до 7 кН и на звездочке до 6,5 кН: ШР1 и ШР2 — швартовные с барабаном без звездочки; ШР3 — ШР5 — якорно-швартовные с барабаном и звездочкой, отлитые за одно целое; ШР6 — ШР7 — якорно-швартовные, оборудованные колодочным тормозом и раздельно отлитыми барабаном и якорной звездочкой.

Швартовный барабан 7 (рис. 133), отлитый заодно со звездочкой 9, у ручных шпилей вращается на втул-

ках 5 и 8 вокруг оси-баллера 6, жестко закрепленного в фундаментной раме 11. В головке (верхней части) шпиля на двух опорах смонтирован горизонтальный вал 1, проходящий через отверстие в баллере. На концах горизонтального вала закреплены конические шестерни 2 и съемная рукоятка 4. Вращение горизонтального вала передается ведомой шестерне 3, соединенной с верхней торцевой поверхностью швартовного барабана 7. К нижней части звездочки на пальцах шарнирно прикреплены собачки 10, перемещающиеся при вращении барабана по соответствующим храповым выступам, сделанным в фундаментной раме 11. Как только вращение рукоятки прекращается, собачки упираются в выступы на раме и стопорят барабан от обратного вращения. При изменении направ-

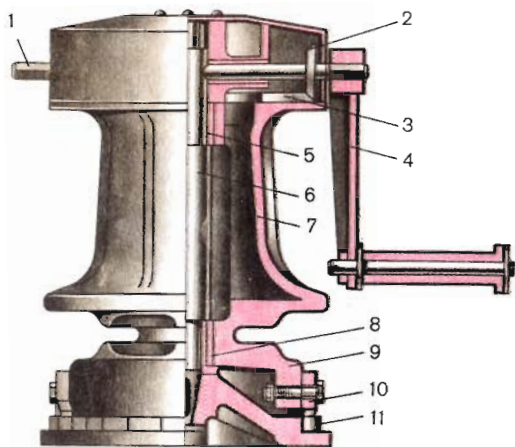


Рис. 133. Ручной якорно-швартовый шпиль ШР4

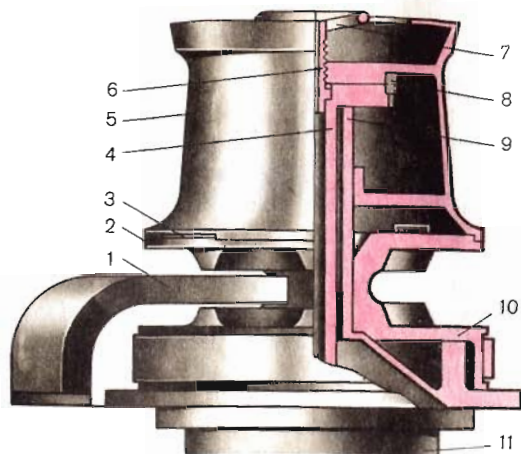


Рис. 134. Электрический шпиль

ления вращения рукояток собачки перебрасываются в другую сторону.

Электрические якорно-швартовые шпили изготавливают с запасным ручным приводом, если они предназначены для работы с якорными цепями калибром до 28 мм (в морских условиях) и до 34 мм (в речных условиях). В последнее время в связи с возрастанием мощности энергетических установок судов устанавливают якорно-швартовые шпили, как правило, без запасного привода.

Схема одного из таких электрических шпилей показана на рис. 134. Турачка (швартовый барабан) 5 и якорная звездочка 2 шпиля посажены свободно на неподвижную втулку 9, внутри которой от электродвигателя через редуктор 11 (червячную, червячно-цилиндрическую или червячно-планетарную передачу) может вращаться пустотелый вал (баллер) 4. Соединены они кулачковой муфтой 3 с помощью маховика 7, при вращении винта 6 которого можно поднимать и опускать турачку. Якорная звездочка имеет шкив 10 для ленточного тормоза.

Скоба 1 выполняет роль отбойника якорной цепи.

При включении электродвигателя через редуктор 11 получает вращение пустотелый баллер 4, соединенный зубчатой муфтой 8 с турачкой 5. Для выполнения швартовых операций вращением маховика 7 поднимают турачку и выводят ее из сцепления с кулачковой муфтой 3 звездочки 2. Последняя при этом стопорится от вращения ленточным тормозом. Якорные операции производят при работающем электродвигателе и выключенном тормозе, когда турачка опущена с помощью маховика 7 вниз до сцепления с кулачковой муфтой 3.

**Устройство брашпильей.** За последние годы конструкции брашпильей претерпели значительные изменения. В связи с увеличением мощности энергетических установок судов электрические брашпили изготавливают, как правило, без запасного ручного привода. Брашпиль, схема которого показана на рис. 135,а, состоит из следующих элементов: кулачкового контроллера для пуска и остановки электродвига-

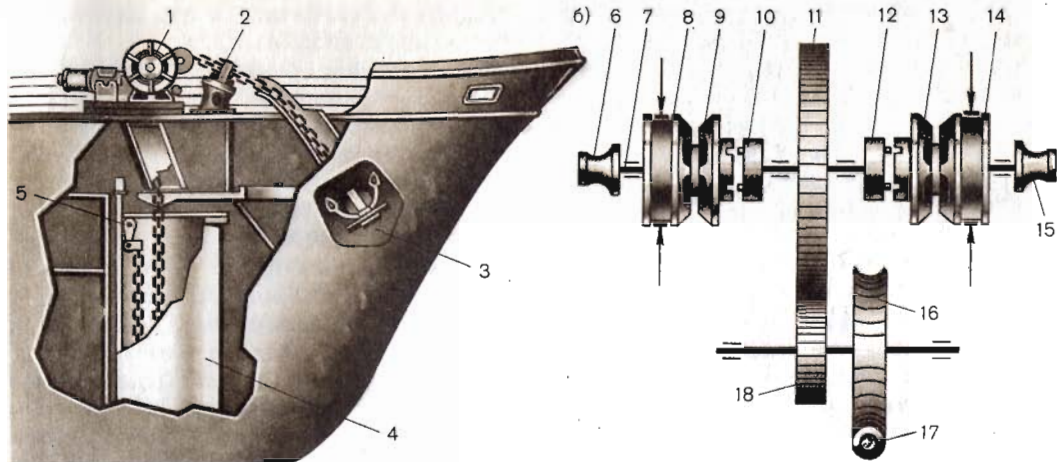


Рис. 135. Электрический брашпиль

теля; редуктора, передающего вращение якорным звездочкам и турачкам; рычагов и маховиков управления соответствующими муфтами и ленточными тормозными устройствами.

При включении электропривода брашпиля через редуктор (рис. 135,б), состоящий из червячной 17, 16 и цилиндрической 18, 11 силовых передач, получает вращение грузовой вал 7. На его концах жестко закреплены швартовные турачки 6 и 15. Цепные звездочки 9 и 13, отлитые заодно со шкивами ленточных тормозов 8 и 14, посажены на валу свободно. Ступицы звездочек имеют кулачки, входящие в зацепление с муфтами 10 и 12, посаженными на шлицы грузового вала.

Швартовные операции производят при застопоренных тормозах и выключенных муфтах. Якоря поднимаются при включенной муфте 10 или 12 и выключенном ленточном тормозе на шкиве соответствующей звездочки. Одновременно разрешается поднимать два якоря только после поочередного отрыва их от грунта. В клюз 3 якоря

втягиваются отдельно. Для отдачи якоря выключают ленточные тормоза и муфты. Звездочки под действием масс якоря и цепи при этом свободно вращаются на грузовом валу. Скорость якорной цепи регулируют ослаблением или натяжением тормозной ленты. Якорная цепь, сходящая со звездочки, хранится под палубой в цепном ящике 4, к которому она прикреплена жвака-галсом 5. Между брашпилем 1 и якорным клюзом 3, в котором подвешивают якорь, установлен стопор 2, предназначенный для крепления якорной цепи при выполнении швартовных операций, ремонтных работ и т. д.

**Средства автоматизации якорных устройств.** В соответствии с требованиями Речного Регистра РСФСР грузовые суда (длиной более 60 м) и толкачи оборудуют устройствами для отдачи якорей с поста управления судном, для подъема якорей — с местного поста. На речных судах широкое применение получили электромеханические и электрогидравлические средства дистанционного управления якор-

ными механизмами. Электромеханические ДУ имеют два электродвигателя, один из которых предназначен для стопора якорной цепи, другой — для ленточного тормоза звездочки. Электрическая схема ДУ включается в работу переключателем режимов при установке его в положение «Торможение и дистанционная отдача». При нажатии кнопки управления пускается электродвигатель ленточного тормоза — лента начинает растормаживаться. Одновременно вступает в действие и электродвигатель отдачи стопора. К моменту отдачи стопора якорной цепи завершается и растормаживание ленты. Якорная цепь освобождается и происходит отдача якоря. При отпуске кнопки управления электродвигатель ленточного тормоза включается для затягивания ленты и отдача якоря прекращается. По мере натяжения ленты возрастает сопротивление на грузовом валу брашпиля, срабатывает муфта предельного момента, подача питания в схему прекра-

щается и электродвигатель ленточного тормоза останавливается.

С помощью электрогидравлического ДУ, например брашпиля БЗР, осуществляется дистанционная отдача со свободным травлением и последующей остановкой травления якорной цепи на любом участке, местный контроль длины обеих якорных цепей, вытравленных за борт, и дистанционный контроль длины правой якорной цепи.

Схема ДУ брашпилем показана на рис. 136. При нажатии кнопки «Пуск» на пульте дистанционной отдачи якоря пускается электроприводной лопастной насос 14, и масло давлением 3,5 МПа через обратный клапан 9 поступает в верхнюю полость гидроцилиндра 5. Золотник 11, смещаясь вниз, перекрывает сливной канал, сообщающий нагнетательную магистраль 8 с масляным баком 12. Давление в верхней полости гидроцилиндра возрастает, поршень преодолевает сопротивление пружины 6 и перемещает толкатель 7. Рычаг 10 поворачивается по часовой стрелке и че-

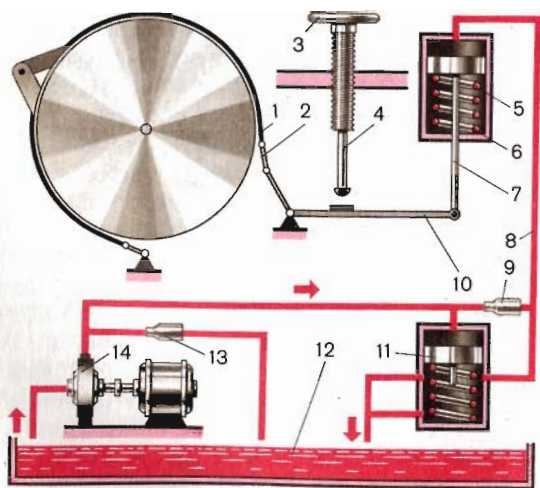


Рис. 136. Схема дистанционного управления брашпилем

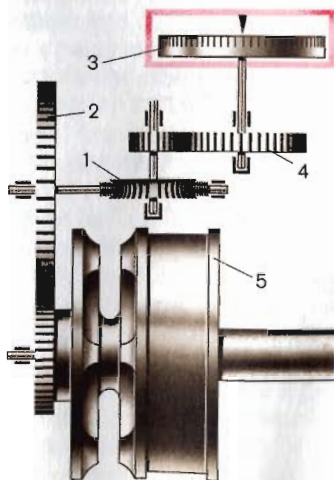


Рис. 137. Указатель длины вытравленной цепи

рез тягу 2 растормаживает ленточный тормоз 1. Травление якорной цепи происходит до тех пор, пока нажата кнопка «Пуск». При этом избыток масла из нагнетательной магистрали сбрасывается в масляный бак через перепускной клапан 13. С отпусканьем кнопки «Пуск» насос останавливается и давление в магистрали 8 падает. Золотник 11, смещаясь вверх, открывает сливной канал, сообщающий верхнюю полость гидроцилиндра 5 с масляным баком 12. Толкатель 7 под действием пружины поворачивает рычаг 10 против часовой стрелки и затягивает ленточный тормоз 1. Отдача якоря прекращается. Отдать ленточный тормоз 1 можно вручную вращением маховика 3 с винтом 4.

Момент отжатия кнопки «Пуск» контролируют визуально по механическому указателю длины вытравленной цепи, смонтированному на пульте дистанционной отдачи якоря. Механические указатели, выполненные в виде отдельных узлов, устанавливают в крышке редуктора брашпиля. При отдаче якоря цепь вращает звездочку 5, (рис. 137). Последняя через прямозубые и червячную передачи 2, 1 и 4 поворачивает на соответствующий угол лимб (диск) 3 относительно неподвижной стрелки. На лимбе закреплена шкала, градуированная в метрах соответственно передаточному отношению и расчетному диаметру звездочки. С заходом якоря в клюз звездочка, вращаясь в обратную сторону, устанавливает лимб со шкалой в нулевое положение. Указатель правой звездочки дополнительно оборудован электрическим преобразователем для дистанционного дублирования показаний указателя длины.

**Автоматические швартовные лебедки.** В последнее время некоторые суда оборудуют автоматическими швартов-

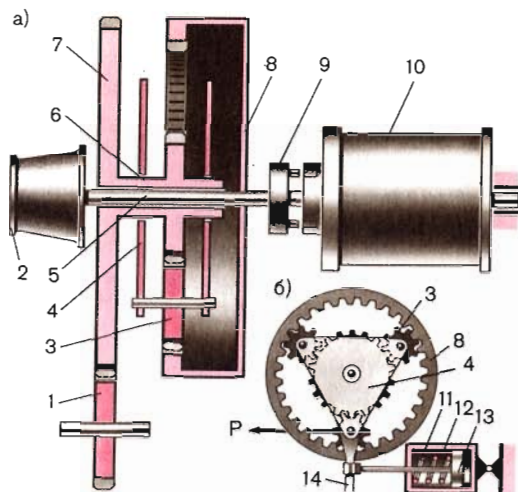


Рис. 138. Автоматическая швартовная лебедка

ными лебедками. Швартовку судов с помощью таких лебедок производят в режиме ручного управления, а на стоянке они удерживают суда на швартовах с постоянным натяжением каната. При снижении усилия (ослаблении каната) лебедка автоматически выбирает канат (наматывает его на барабан), а с увеличением натяжения швартовов сверх заданного усилия — травит канат (поворачивает барабан для удлинения швартова). Автоматические швартовные лебедки изготавливают с электрическими или гидравлическими приводами. Устанавливают лебедки на палубе в удобном для производства швартовных операций месте. Пост управления может быть расположен и на некотором расстоянии от лебедок.

Автоматическую швартовную лебедку с электрическим приводом (рис. 138) обычно оборудуют двухскоростным редуктором, который при пуске электродвигателя приводит во вращение шестерню 1 (рис. 138,а) и пустой вал 6 с шестерней 7 и шестерней

планетарной передачи. Последняя, вращаясь в неподвижном корпусе 4, через шестерни-сателлиты 3 и корончатую шестерню 8 вращает грузовой вал 5. На грузовом валу лебедки смонтированы швартовные барабаны 2 и 10, причем первый жестко скреплен с грузовым валом, а второй соединен с ним с помощью кулачковой муфты 9. При включении муфты 9 электродвигатель через редуктор, шестерню 7 и корончатую шестерню 8 передает вращающий момент на барабан 10 лебедки. Усилие на швартовном канате через шестерни 8 и 3 воспринимается корпусом 4 планетарной передачи, который удерживается от проворачивания пружиной 11 (см. рис. 138,б) переключателя режимов.

Каждому усилию  $P$  на швартовном канате лебедки соответствует определенное положение поршня 13 в цилиндре 12, т. е. натяжение пружины 11. При ослаблении или натяжении швартовного каната равновесие нарушается. Например, с уменьшением усилия  $P$  (ослаблением каната) пружина 11, воздействуя на поршень 13, поворачивает рычаг 14, связанный с командоконтроллером, вправо и электродвигатель включается в режим выбирания каната. При увеличении натяжения каната (возрастанием усилия  $P$ ) пружина 11 сжимается, рычаг 14 поворачивается влево и электродвигатель включается в режим травления каната. Когда усилие в швартовном канате и натяжение пружины переключателя режимов работы лебедки достигнут заданного значения, рычаг 14 разомкнет цепь управления электродвигателя. Вращающий момент на швартовном барабане в этом случае будет уравновешен моментом сопротивления на корпусе планетарной передачи лебедки.

Гидравлические швартовные лебедки komponуют с приводным аксиально- или радиально-поршневым насосом и реверсивным гидродвигателем. Смонтированный на валу лебедки гидродвигатель по конструкции аналогичен насосу. Разница заключается в том, что при вращении вала насоса в разные стороны в трубопроводах системы изменяется направление движения жидкости, а гидродвигатель, наоборот, с изменением направления жидкости в магистрали изменяет направление вращения барабана лебедки. Автоматический переключатель режимов в гидравлических лебедках управляет перепускным клапаном. С увеличением натяжения каната клапан перепускает все масло во всасывающий трубопровод и гидродвигатель работает в режиме насоса. При ослаблении натяжения каната, наоборот, перепускной клапан закрывается, давление в нагнетательной полости гидродвигателя возрастает и швартовный барабан поворачивается в направлении подтягивания каната.

**Правила обслуживания.** В соответствии с Правилами технической эксплуатации якорно-швартовные механизмы должны: «страгиваться» из любого положения; обеспечивать плавное торможение якорных звездочек; не допускать самопроизвольной отдачи якоря и травление швартовов; развивать в течение 15 с усилие в якорной цепи (швартовном канате) на 50% больше номинального.

Эксплуатация якорно-швартовных механизмов имеет такие особенности: кратковременность и периодичность действия, применение цепей и канатов. Поэтому от судового экипажа требуется строгое соблюдение последовательности выполнения всех производственных операций и правил безопасности при пуске якорно-швартов-



ных механизмов, их обслуживании во время действия и остановки, а также при различных ремонтных работах.

При подготовке механизмов к пуску необходимо: выполнить их наружный осмотр; убедиться в отсутствии посторонних предметов на движущихся частях и в надежности крепления сопряженных деталей; установить наличие масла в баке насосного агрегата дистанционного привода отдачи якоря, в корпусе редуктора, подшипниках и других трущихся деталях; проверить опробованием исправность действия приводов ленточных тормозов и кулачковых муфт.

Все якорно-швартовные операции выполняют только по команде вахтенного начальника и под его руководством.

Запрещается эксплуатация механизмов при уменьшении диаметра отдельных звеньев цепи на 20% (на судах класса «М — СП» — на 10%). Число разорванных проволок у стальных швартовных канатов не должно превышать 20% общего их количества на длине, равной шести диаметрам.

Перед выполнением якорно-швартовных операций следует опробовать механизмы вхолостую и, только установив их исправность, приступать к работе. Маховик контроллера переставляют в положение «Пуск» только после переключения соответствующих органов управления (муфт, тормозов, палубных стопоров) в рабочее положение.

Во время работы механизмов следует периодически проверять температуру

подшипников редуктора и корпуса электродвигателя, следить за наличием смазочного масла на трущихся поверхностях деталей, принимать все меры к тому, чтобы при движении деталей якорно-швартовных механизмов не наблюдалось стука и ненормального шума.

При выполнении якорно-швартовных операций запрещается: разъединять муфты включения звездочек, когда вращение баллера или грузового вала еще не прекратилось; дотрагиваться руками до расторможенной якорной цепи или поправлять якорь при втягивании его в клюз; открывать крышки контроллера, находящегося под напряжением; прикасаться к движущимся частям и стоять на линии движения якорной цепи или швартовного каната.

Для обеспечения исправного технического состояния механизмов, периодически (один-два раза в навигацию) производят их плановые ТО, во время которых проверяют крепление редуктора, электродвигателя, стоек и других деталей к фундаменту, вскрывают крышки смотровых окон редукторов и определяют состояние червячной и цилиндрической зубчатой пары, очищают трущиеся поверхности от загрязнения, песка и металлических опилок, устраняют все обнаруженные неисправности.

При плановых технических осмотрах разрешается разбирать механизмы только в объеме, необходимом для выполнения операций ТО.

---

1. Какие механизмы называют якорно-швартовными? 2. Как устроен электрический якорно-швартовный шпиль? 3. Из каких основных узлов состоит брашпиль? 4. Для чего брашпили оборудуют устройствами для дистанционной отдачи якоря? 5. Как действуют автоматические

швартовные лебедки? 6. Каковы особенности технической эксплуатации якорно-швартовных механизмов? 7. Какие меры безопасности следует соблюдать при обслуживании шпилей и брашпелей? 8. Что проверяют при плановом ТО механизмов?

## 28. МЕХАНИЗМЫ ШЛЮПОЧНЫХ, БУКСИРНЫХ И СЧАЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

**Шлюпочные лебедки.** На современных судах класса «М — СП» и внутреннего плавания широкое распространение получили электроручные шлюпочные лебедки типа ЛЭРШ (рис. 139,а), кинематическая схема которой показана на рис. 139,б. Барабан 4 лебедки, разделенный диафрагмой на две части, приводится во вращение от электродвигателя 3 через трехступенчатый цилиндрический редуктор 1.

На ведущем валу 11 редуктора закреплена внутренняя полумуфта 15 с колодками 14 трапецеидального сечения. Колодки пружинами прижимаются к корпусу 13 наружной полумуфты, жестко связанной с ведущей шестерней 12. При работе электродвигателя колодки 14 под действием центробежных сил сцепляются с корпусом 13 наружной полумуфты, и шестерня 12 вращается вместе с ведущим валом. Через трехступенчатый редуктор в этом случае получают вращение про-

межуточный вал 5, шестерня 27 и барабан 4.

При неработающем электродвигателе корпус наружной полумуфты с шестерней 12 могут свободно поворачиваться относительно неподвижного ведущего вала 11.

На консольной части промежуточного вала 5 смонтирована тормозная коробка 22 с полумуфтами 21, 23, ленточным тормозом 26 и колодками 20, 24 скоростного тормоза.

Для подъема шлюпки с дистанционного поста управления или рычагом 17 с местного поста через соответствующую тягу и пружину 16 включают ленточный тормоз 26. Полумуфта 23 вращается вместе с валом 5 относительно неподвижной полумуфты 21.

Шлюпка под действием собственной массы спускается при расторженной полумуфте 21, когда рычаг 17 смещен вниз до нижнего ограничителя 18 и цепь управления электро-

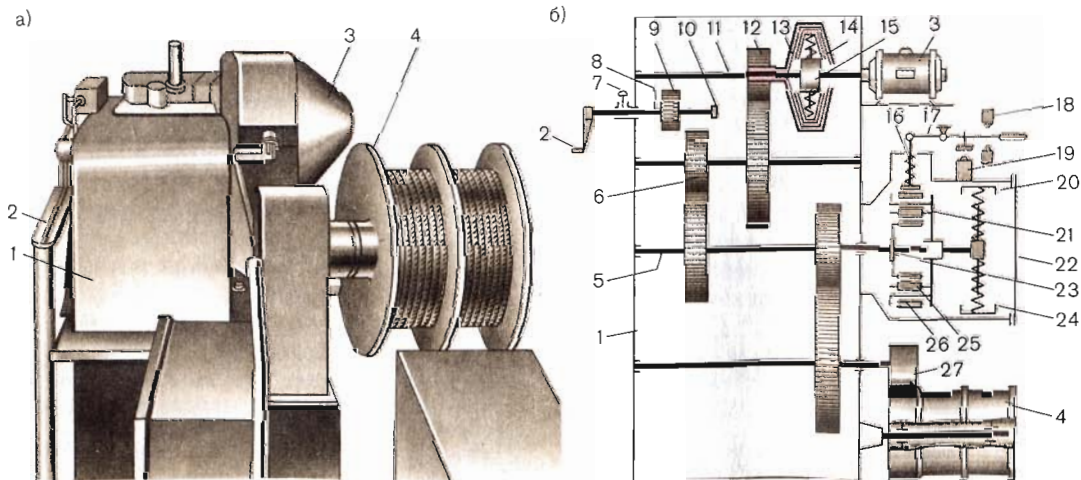


Рис. 139. Шлюпочная лебедка

двигателя разомкнута конечным выключателем 19. Барабан 4 вращает входную шестерню трехступенчатого редуктора лебедки. В момент спуска шлюпки с промежуточным валом 5 и полумуфтой 23, через ролики 25 вращаются полумуфты 21 и колодки 20, 24 скоростного тормоза, поддерживающие скорость спуска шлюпки в установленных пределах. С возрастанием скорости движения шлюпки колодки под действием центробежных сил прижимаются к корпусу тормозной коробки 22, стопорят полумуфту 21 и подтормаживают промежуточный вал 5. При помощи электропривода шлюпка спускается при заторможенной полумуфте 21, когда рычаг 17 смещен до верхнего ограничителя 18.

Ручной привод лебедки состоит из рукоятки 2, вала 8 и шестерни 9. Для сцепления шестерен 9 и 6 вал 8 сдвигают вправо, при этом выключатель 10 блокирует пуск электродвигателя. Вал ручного привода в крайних положениях фиксируют винтом 7.

**Правила обслуживания механизмов шлюпочных устройств.** Подготовка любого грузоподъемного механизма к действию начинается с его внешнего осмотра. Во время наружного осмотра проверяют исправность открытых передач, тормозов, муфт, канатов, конечных выключателей, кожухов ограждений, легкость передвижения муфт, тормозных устройств и рычагов управления, надежность креплений, качество смазывания трущихся деталей, выполняют все операции, предусмотренные инструкцией по ТО механизма. В соответствии с требованиями технической эксплуатации шлюпочное устройство по расписанию о заведовании закрепляют за определенным членом экипажа, ответственным за его техническое состояние.

Контрольная проверка работы шлю-

почной лебедки без спуска шлюпки на воду должна проводиться еженедельно. Неисправности грузоподъемного механизма, обнаруженные при этом, устраняют немедленно. Спуск шлюпок на воду, их отход от борта, подход к судну и подъем на борт производят только с разрешения вахтенного начальника.

**Буксирные лебедки.** При транспортировании плотов и в ряде других случаев баржи (составы) перемещают по воде на буксирном канате (рис. 140,а). Для безопасной проводки буксируемых судов и составов в узкостях, через перекаты, под мостами и на других трудных для судоходства участках речного пути длину буксирного каната уменьшают, а на прямых и малоизвилистых участках рек увеличивают. Соединение (подачу) и рассоединение (отдачу) буксирного каната, связывающего буксировщик с буксируемым судном (составом), а также изменение расстояния между ними осуществляют с помощью электрических или гидравлических буксирных лебедок. Одна из конструкций электрической буксирной лебедки с двухступенчатым редуктором показана на рис. 140,б, в. Входной вал редуктора 1 лебедки получает вращение от вала электродвигателя 9 через электромагнитную муфту 10 с ленточным тормозом 11. На выходном валу редуктора смонтированы шестерня 13 и кулачковая муфта 12. Во время работы электродвигателя при включении муфты 12 вращаются шестерня 3 и связанный с ней барабан 4. Необходимое положение буксирного каната на барабане обеспечивает канатокладчик, состоящий из каретки 6, двух направляющих роликов 7 и ходового винта 5 с нарезкой правого и левого направлений. Ходовой винт вращается от барабана лебедки через звездочки и цепную передачу 2.

Каретка 6, перемещаясь вдоль оси винта из одного крайнего положения в другое, укладывает канат на барабане в несколько слоев ровными прядями. Буксировку барж и составов в тихую погоду с постоянной длиной каната производят при затянутых ленточных тормозах 8 и выключенном электродвигателе.

На судах технического флота очень часто буксирные лебедки выполняют с двумя и тремя барабанами с приводом от одного двигателя, причем с помощью соответствующих муфт сцепления барабаны могут быть включены в работу только поочередно. Например, трехбарабанная лебедка в кормовой части земснаряда при движении судна вправо выбирает канат только правым папильонажным барабаном, а при дви-

жении влево — левым. При перемещении снаряда назад посредством заднего станового каната не требуется включения папильонажных барабанов. У гидравлических буксирных лебедок, как и подобных им швартовых механизмов, основными узлами являются электроприводной насос и лопастной гидродвигатель, приводящий во вращение буксирный барабан.

На речных судах широкое распространение получили электрические лебедки ЛБЯШ, которые выполняют буксирные и якорно-швартовые операции. Средства управления ленточными тормозами и указателями длины вытравленного каната у таких лебедок по конструктивному исполнению и принципу действия похожи на аналогичные устройства брашпильей (см. рис. 136,

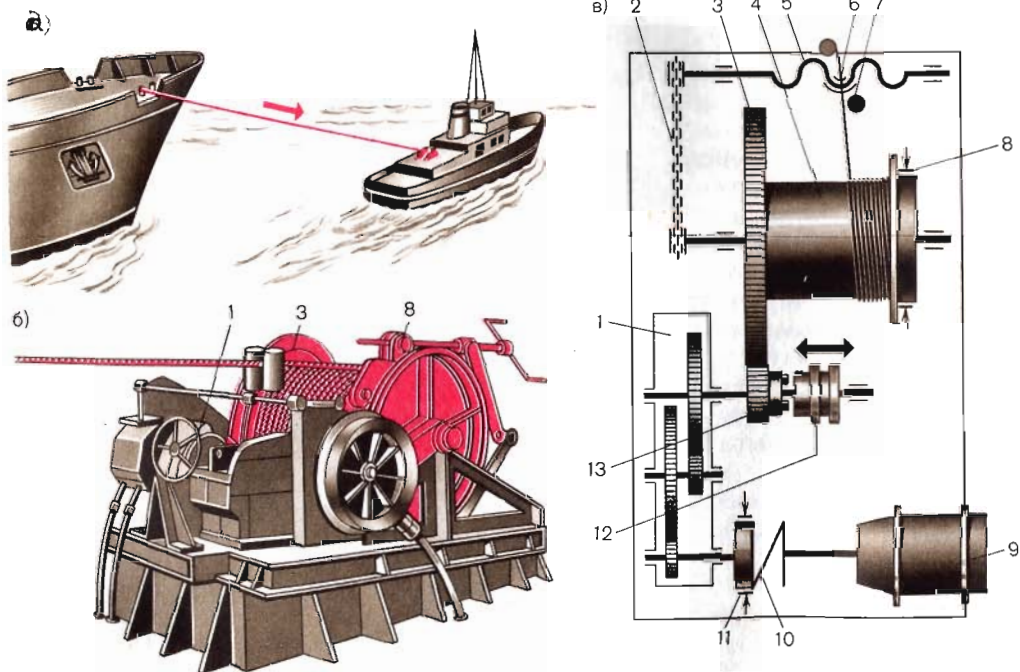


Рис. 140. Электрическая буксирная лебедка

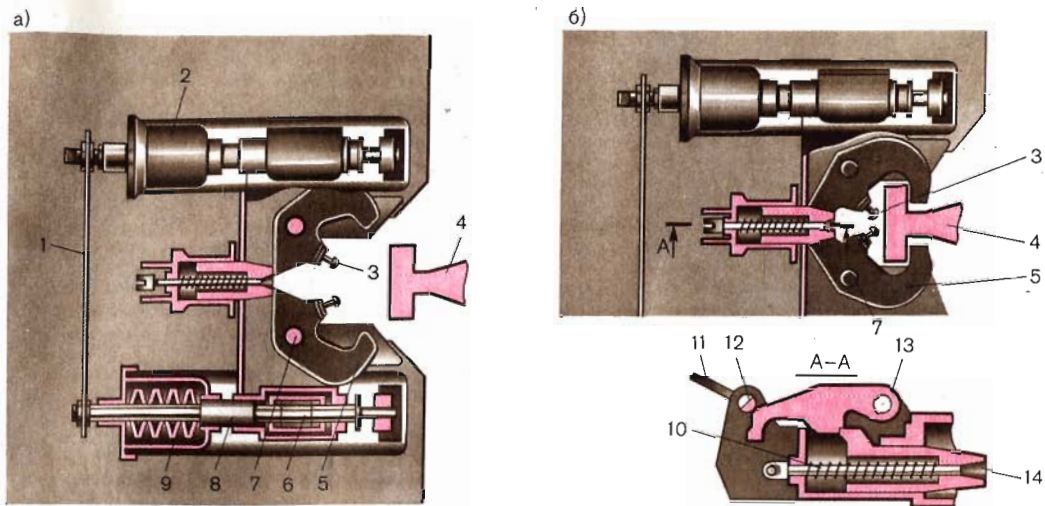


Рис. 141. Автосцеп Р 100

137). Суда, предназначенные для постоянной работы на озерах и водохранилищах (особенно спасательные суда), и буксиры класса «М» оборудуют, как правило, автоматическими лебедками, в которых специальный переключатель режимов (см. рис. 138) с увеличением натяжения каната (от шквального ветра, удара волн в носовые части барж и т. п.) пускает электродвигатель для частичного стравливания буксирного каната с барабана, а при уменьшении натяжения каната — подтягивает его. В соответствии с Правилами Речного Регистра РСФСР с помощью буксирного гака судов обеспечивается в нужный момент отдача буксирного каната с местного поста управления и с ДПУ.

**Автосцепы.** Наиболее эффективным способом судовождения по сравнению с буксировкой является толкание несамоходных судов. Для вождения толканием суда снабжают специальным устройством, обеспечивающим их соединение в состав, а также расцеп-

ку при расформировании состава и в аварийных случаях. Главным элементом таких устройств является сцепной замок. Конструкции сцепных замков унифицированы в зависимости от расчетных сил, воспринимаемых ими.

На судах речного флота применяют речные (Р), озерные (О), универсальные двухзамковые речные (УДР), универсальные двухзамковые озерные (УДО) и другие автоматические сцепные устройства. Замок автосцепы типа Р показан на рис. 141, а. Захватное приспособление замка устанавливают в носовой части толкача, а сцепную балку 4 — в кормовой части баржи. Захватное приспособление состоит из двух клешней 5, запираемых клином 14. Клешни замка имеют форму, соответствующую профилю сцепной балки, и снабжены упорами 3. Конструкция замка такова, что он может перемещаться вдоль корпуса 2 по направляющим штокам 8. Последние связаны между собой цепной передачей 1 и при повороте одного

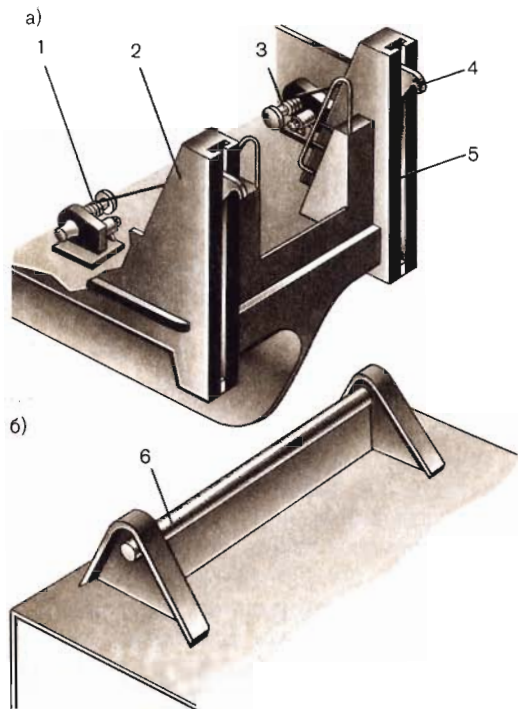


Рис. 142. Автосцеп УДР 100

из них с помощью специальной трещетки поворачивается в плавающей гайке 6 и второй шток. С помощью подвески замка на штоках можно регулировать его положение по длине толкача, а пружины 9 амортизируют рычки при движении состава.

При сцеплении замка толкач упорами 3 (рис. 141,б) нажимает на балку 4. Клешни 5 поворачиваются на осях 7 и тормозной клин 14 под воздействием пружины 10 смещается в сторону сцепной балки. Клин выполнен несамотормозящимся с углом при вершине  $22^\circ$ , поэтому нагруженные клешни стремятся его «выжать». Этому препятствует запорный крюк 13, удерживаемый кулачком 12. Для раскрытия замка на ДПУ открывают кран

(электромагнитный клапан), воздух поступает в пневмоцилиндр, поршень которого через тягу поворачивает рычаг 11. Кулачок 12 освобождает запорный крюк 13, и клешни резко выжимают клин 14. В зависимости от мощности толкачей, грузоподъемностей барж и условий плавания при различных нагрузках на судах применяют автосцепы УДР 20, УДР 50, УДР 75, УДР 100 и соответствующие озерные сцепные устройства УДО 75, УДО 100.

Горизонтальные сцепные балки круглого сечения автосцепов УДР и УДО крепят в кормовой части барж, а захватные приспособления монтируют в носовой части толкача на двух вертикальных упорах 2 (рис. 142,а) с направляющими 5. Автосцепы оборудуют двумя электрическими лебедками 1 и 3, а сцепные устройства толкачей нефтеналивных судов, перевозящих грузы I и II классов, дополняют системой водяного орошения, предотвращающей искрообразование при их эксплуатации. По направляющим вертикальных упоров могут перемещаться два крюкообразных замка 4, подъем которых через систему канатов и блоков осуществляют лебедками 1 и 3.

Перед автосцепкой судов замки занимают верхнее положение. При сближении носовой части толкача с транцем баржи замки сбрасываются вниз и соединяются со сцепной балкой 6 (рис. 142,б). Пределы перемещения замков в направляющих 5 (см. рис. 142,а) вертикальных упоров ограничены конечными выключателями, останавливающими электродвигатели лебедок при крайних верхнем и нижнем положении замков 4. Озерный автосцеп УДО в отличие от речного имеет тормозное устройство, с помощью которого через систему рычагов и пово-

ротную балку сбрасывающего устройства изменяется в нужный момент натяжение канатов и благодаря этому уменьшается амплитуда колебаний при изменении положений толкача относительно баржи.

Автосцепы могут быть жесткими, полужесткими и гибкими. Последние улучшают управляемость составов большой грузоподъемности при движении их по водным путям со значительной кривизной судового хода. Один из гибких автосцепов с поворотной балкой 2 показан на рис. 143. Балка сцепляется с крюкообразными замками 1, установленными в упорах носовой части толкача. С ней шарнирно соединены штоки гидроцилиндров 6 с карданными подвесками 7, поворачивающимися в горизонтальной

и вертикальной плоскостях относительно неподвижных опор 8. Масло в полости гидроцилиндров подается с помощью электроприводного насоса 5. Гидроцилиндры с подвесками и насос с пультом управления 4 смонтированы на кормовой оконечности баржи. При повороте состава сцепная балка 2 по направляющим опорам 9 поворачивается на некоторый угол относительно оси кронштейна 10. При отключении изгибающего устройства сцепную балку 2 стопорят от поворота фиксаторами 3.

**Правила обслуживания механизмов буксирных и сцепных устройств.** Все работы по подготовке состава к буксировке (толканию) выполняют под руководством вахтенного начальника. Перед формированием состава прове-

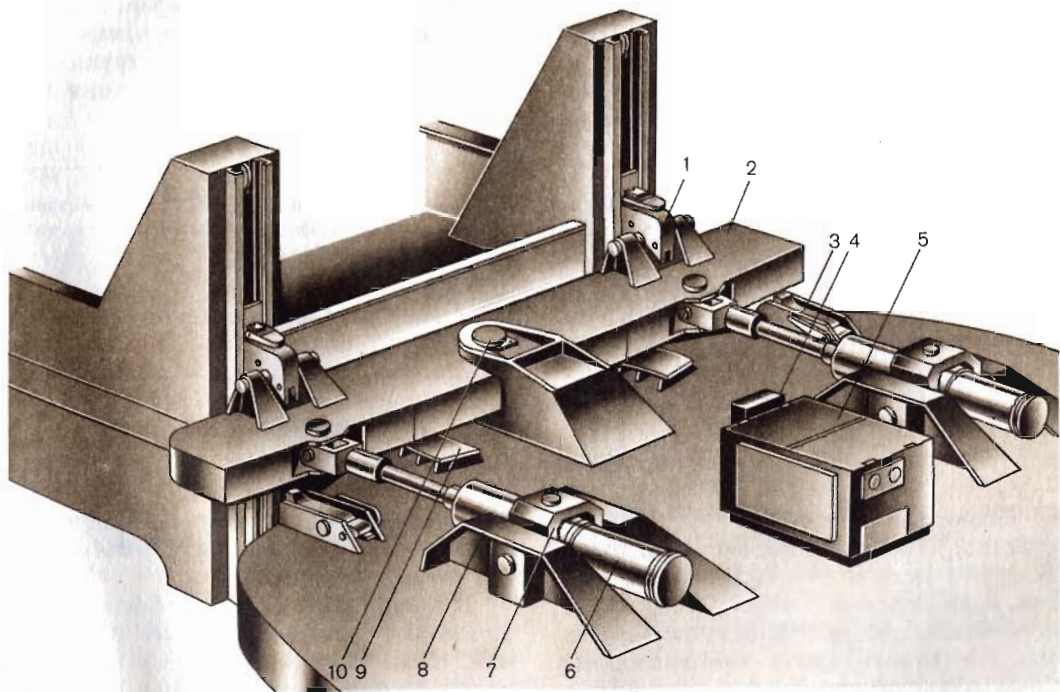


Рис. 143. Автосцеп с поворотной балкой

ряют исправность и безотказность действия средств отдачи буксирного каната и расцепления замков, а также устройств дистанционного управления ими. При подготовке механизмов буксирных и сцепных устройств к работе убеждаются в исправности барабанов, канатоукладчиков, направляющих роликов, тормозов, муфт, амортизаторов, проверяют правильность положения канатов на барабанах и наличие смазочного масла в редукторах, устанавливают рычаги управления в рабочее положение.

При наружном осмотре механизмов обращают особое внимание на надежность их крепления к фундаменту, техническое состояние шарнирных соединений, зубьев шестерен, канатов, цепей, звездочек, износ кулачков, сменных планок клешней и других деталей, соприкасающихся со сцепными балками.

Запрещается: пользоваться буксирными и сцепными устройствами, не прошедшими освидетельствования ин-

спекцией Речного Регистра РСФСР; производить буксировку при неисправном буксирном гаке и наличии у стального каната более 10% лопнувших проволок на длине, равной восьми диаметрам; выполнять какие-либо ремонтные работы по автосцепам и буксирным устройствам во время движения судна с включенными механизмами; находиться вблизи каната при буксировке; расцеплять замок до полной остановки толкаемого состава; снимать ограждение с движущихся и токоведущих частей механизмов. Во избежание повреждения автосцепов соединение судов в состав следует производить при малом ходе толкача, а расцепку их — после остановки состава.

Все операции по формированию состава следует выполнять при соблюдении мер безопасности и правил технической эксплуатации, определяемых соответствующими инструкциями и положениями по обслуживанию механизмов.

---

1. Каков принцип действия электрической шлюпочной лебедки? 2. Для какой цели электрические шлюпочные лебедки оборудуют тормозными устройствами? 3. В чем заключаются основные правила обслуживания шлюпочных лебедок? 4. Для каких целей на судах устанавливают буксирные и сцепные устрой-

ства? 5. Каков принцип действия электрической буксирной лебедки? 6. Какие типы автосцепов применяют на речных судах? 7. Как устроены автосцепы типов Р и УДО? 8. Какие основные требования должны соблюдаться при эксплуатации механизмов буксирных и сцепных устройств?

---

## 29. СУДОВЫЕ НАСОСЫ

**Основные сведения о насосах.** Устройства, предназначенные для перемещения жидкостей и передачи им энергии, называют *насосами*, а устройства, перемещающие по трубопроводам газы, — *вентиляторами* и *компрессорами*.

В зависимости от назначения насосам присваивают наименование об-

служиваемых ими *систем*, например, *осушительные, балластные, пожарные, масляные, топливные* и др.

По принципу действия насосы подразделяют на *динамические* и *объемные*. В динамических насосах жидкость перемещается под силовым воздействием на нее в камере, постоянно



сообщающейся с входным и выходным патрубками насоса. К объемным относят насосы, жидкость в которых перемещается вследствие изменения объема занимаемой ею камеры, попеременно сообщаемой с входным или выходным патрубками. Из динамических на речных судах нашли наибольшее распространение лопастные (центробежные, осевые) и насосы трения (вихревые, струйные), а из группы объемных — поршневые (плунжерные) и роторные (шестеренные, винтовые).

По виду используемой энергии насосы подразделяют на *ручные* и *приводные*. В качестве последних на судах наибольшее распространение получили *электроприводные* насосы. В последнее время широкое внедрение на судах получили агрегатированные механизмы забортного водоснабжения, питьевого водоснабжения, сжатого воздуха, топливоподачи и др. Агрегатирование исключает индивидуальный монтаж каждого отдельного механизма, прибора и оборудования непосредственно на судне. Агрегаты собирают в цехе на общей раме и монтируют затем на соответствующем судовом фундаменте, причем значительная часть трубопроводов, арматуры и кабельных трасс входит в состав самого агрегата. Магистральные трубопроводы в этом случае соединяют с агрегатами обычно гибкими шлангами. Агрегат из насоса (нескольких насосов, соединенных между собой) и электродвигателя, приводящего его в действие, называют насосным (балластным, осушительным и т. п.).

Основными характеристиками насосных агрегатов являются подача, давление на входе и напор (давление на выходе). Подача ( $\text{м}^3/\text{ч}$ , т/ч) определяется объемом или массой жидкости, перекачиваемой насосом за единицу времени. Давление (вакуум), с

которым жидкость по всасывающему трубопроводу перемещается к насосу, называют *давлением на входе*, а избыточное давление, с которым жидкость транспортируется на заданную высоту по нагнетательному трубопроводу, — *давлением на выходе*, или *напором*, измеряемым в мегапаскалях или метрах.

**Динамические насосы.** Из динамических наибольшее применение на судах получили лопастные и струйные насосы.

**Центробежные насосы.** В лопастных насосах движение перекачиваемой жидкости осуществляется в результате вращения рабочего колеса с лопастями. По характеру воздействия на поток жидкости их подразделяют на *центробежные*, *вихревые* и *осевые*. В первых поток жидкости перемещается от центра к периферии в радиальном направлении, у вторых — вихреобразно по кольцевой периферии, в третьих — вдоль оси вращения лопастей. Схема устройства и принцип действия центробежных насосов рассмотрены выше (см. рис. 60). Наибольшее распространение на судах получили центробежные лопастные насосы, которые не могут производить сухое всасывание, т. е. пуск при отсутствии жидкости в полости всасывания. Поэтому перед пуском эти насосы заполняют перекачиваемой жидкостью, водяные насосы устанавливают ниже ватерлинии. Однако по сравнению с другими насосами они менее чувствительны к загрязнению жидкости, обеспечивают равномерную подачу и постоянное давление в магистрали при установившемся режиме работы, могут включаться в действие любым приводом без редуктора. В зависимости от расположения рабочего вала центробежные насосы подразделяют на *вертикальные* и *горизонтальные*. По значению подачи различают насосы

малой (до  $20 \text{ м}^3/\text{ч}$ ), средней ( $21—60 \text{ м}^3/\text{ч}$ ) и высокой (более  $60 \text{ м}^3/\text{ч}$ ) подачи; по значению напора — низконапорные с давлением на выходе до  $0,5 \text{ МПа}$ , средненапорные с давлением от  $0,5$  до  $5 \text{ МПа}$  и высоконапорные с давлением свыше  $5 \text{ МПа}$ ; по способу подвода жидкости к колесу их подразделяют на насосы с односторонним и двусторонним подводом жидкости, а по числу рабочих колес — на одноступенчатые (с одним колесом на валу) и многоступенчатые. Широкое применение на судах получили одноступенчатые насосы типа К с консольным расположением рабочего колеса и радиально-упорным подшипником, воспринимающим осевое усилие при работе насоса; двустороннего действия типа Д с подачей жидкости к рабочему колесу с обеих сторон, разгружающей его от осевых усилий; одно- и многоступенчатые насосы с вертикальным и горизонтальным расположением осей рабочих колес несамовсасывающие (НЦВ, НЦГ) и самовсасывающие (НЦВС). Многоступенчатые насосы могут быть с последовательным и параллельным включением рабочих колес.

При последовательном включении колес многоступенчатых насосов жидкость, выйдя с первого колеса, подводится к второму и т. д. В этом случае подача насоса в целом будет равна подаче одного колеса. Однако напор насоса увеличивается вдвое, втрое и т. д. пропорционально количеству ступеней.

Когда нагнетаемая жидкость от отдельных рабочих колес насоса (при параллельном включении их) поступает в общую магистраль, напор насоса не увеличивается, он равняется напору одного колеса, однако подача насоса увеличивается пропорционально числу колес, включенных в схему. Многоступенчатые насосы применяют в ка-

честве водоотливных на спасательных судах, пожарных — на крупнотоннажных судах, грузовых, танкерах, т. е. там, где требуется большая подача при сравнительно небольшом напоре. Схема многоступенчатого пожарного насоса типа ДПЖН показана на рис. 144. На валу 5 насоса установлено два рабочих колеса 1 и 4. Жидкость к насосу поступает через патрубок 6, а нагнетается в магистраль по патрубку 2. При переводе кранов 7, 3 в положение, показанное на рис. 144,а, насос работает с параллельным включением колес, а при переключении кранов в положение, указанное на рис. 144,б — по последовательной схеме включения. В первом случае насос имеет давление на выходе  $9,8 \text{ МПа}$  и подачу  $100 \text{ м}^3/\text{ч}$ , во втором — соответственно  $19,6 \text{ МПа}$  и  $50 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

Вихревые насосы. Разновидностью лопастных являются вихревые насосы (см. рис. 61). Их обычно применяют при относительно небольшом диапазоне подач и напоров. Одним из наиболее распространенных являются вихревые самовсасывающие насосы типа ВКС. Работа вихревых насосов основана на принципе образования вихря, при котором создается возможность всасывания жидкости с направлением потока вдоль оси вращения колеса. Вихревые насосы могут перекачивать жидкость и их эмульсии с воздухом или парами этих жидкостей. Несмотря на низкий КПД, используемые на речных судах горизонтальные электроприводные центробежно-вихревые самовсасывающие насосы типа ЭСН при перекачивании воды обеспечивают подачу  $3—12 \text{ м}^3/\text{ч}$  при напоре  $12—44 \text{ м}$  и высоте самовсасывания до  $5 \text{ м}$ . Для первого пуска насоса его корпус заполняют водой. В дальнейшем вода, оставшаяся в корпусе, обеспе-

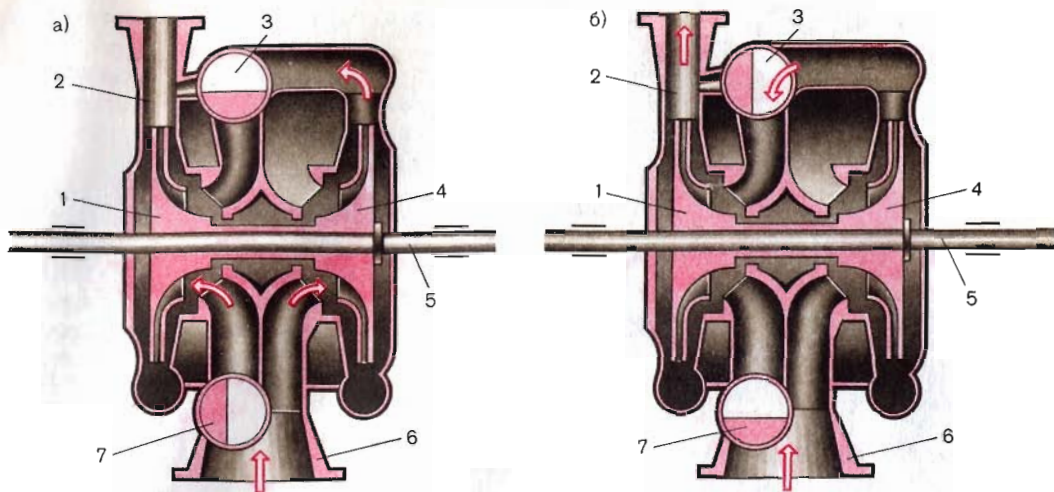


Рис. 144. Многоступенчатый центробежный насос

чивает самовсасывание насоса при пуске.

В качестве грузовых на речном флоте наибольшее распространение получили самовсасывающие центробежно-вихревые насосы типа ЦВС. В корпусе таких насосов смонтированы на общем валу два колеса. Перекачиваемая жидкость поступает вначале на колесо центробежного насоса, а затем по специальному каналу на колесо вихревого насоса. При пуске агрегата рабочее колесо вихревого насоса отсасывает из приемного патрубка воздух и отводит его в специальный трубопровод, а затем, создав необходимое разрежение в приемном патрубке, оба колеса перекачивают жидкость в нагнетательную магистраль.

**Осевые насосы.** В соответствии с государственным стандартом осевые насосы (их называют также пропеллерными, или аксиальными) выпускаются промышленностью в двух модификациях; ОВ — осевые вертикальные с жестко закрепленными лопастями рабочего колеса; ОПВ — осевые

вертикальные с ручным приводом поворота лопастей. По расположению вала эти насосы могут быть *наклонными* и *горизонтальными*. От центробежных они отличаются устройством рабочего колеса и профилем лопастей, перемещающих перекачиваемую жидкость в осевом направлении. Рабочее колесо 8 (рис. 145) насоса типа ОВ смонтировано на консоли вала 5 и установлено в цилиндрическом корпусе 3. Кольцо 7 защищает корпус от кавитационных разрушений. Вал насоса защищен обтекателем 4 и вращается в подшипниках 2 с латунными вкладышами, покрытыми резиной. Всасывающий патрубок 9 насоса имеет направляющие ребра для предотвращения закручивания воды при всасывании. На патрубке расположены основной и аварийный 1 (для аварийной откачки воды) фланцы. При вращении колеса 8 жидкость переносится лопастями вдоль оси и, сходя с рабочего колеса, попадает на лопасти направляющего аппарата 6, где в результате снижения скорости динамический напор

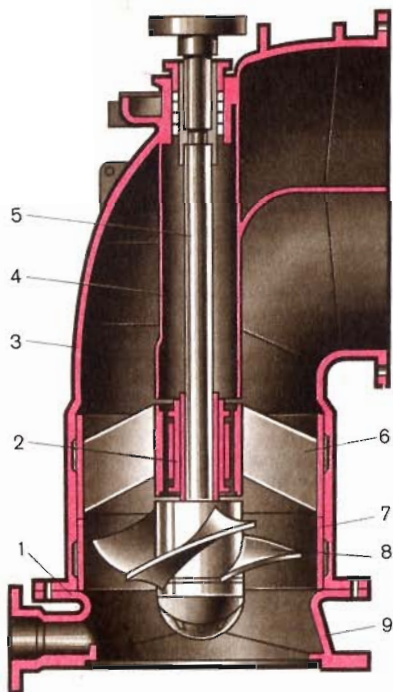


Рис. 145. Осевой насос

жидкости преобразуется в статический, благодаря чему возрастает ее давление. При напоре 10—25 м и КПД 90—92% осевые насосы развивают подачу до 3000 м<sup>3</sup>/ч и более, их применяют в балластных системах транспортных судов и плавучих доков, в качестве водоотливных средств, в водометных движительно-рулевых, а также подруливающих устройствах судов.

**Струйные насосы.** Значительное распространение на судах получили струйные насосы, принцип работы которых заключается в преобразовании энергии струи пара или воды, проходящих через сопло в диффузор. По роду рабочей жидкости такие насосы подразделяют на *паро-* и *водоструйные*. В первых всасывание и нагнетание осуществляется при помощи энергии движущегося пара, во вторых — энер-

гии воды. При соединении струйных насосов с обслуживаемым объектом всасывающим патрубком их называют *эжекторами*, а в случае соединения с объектом нагнетательным патрубком — *инжекторами*.

На современных речных судах широко применяют водоструйные эжекторы (рис. 146). Рабочая жидкость (вода из пожарной магистрали или от пневмоцистерны) подается в эжектор через сопло 3. При выходе из сопла с большой скоростью вода поступает в диффузор 2. Проходя по суживающему участку диффузора, вода увлекает за собой воздух и создает разрежение в камере смешения, вследствие чего перекачиваемая жидкость засасывается в трубу 1. Обратная трансформация энергии происходит в расширяющейся части диффузора. Здесь скорость движения смеси рабочей и перекачиваемой жидкостей (их кинетическая энергия) падает и возрастает статический напор (давление) в нагнетательной магистрали, присоединенной к фланцу диффузора.

Инжекторы и эжекторы отличаются от других насосов отсутствием движущихся частей, способностью перекачивать загрязненную жидкость и хорошей всасывающей способностью. Однако из-за низкого КПД (3—15%) и невозможности регулирования подачи они получили применение только в кратковременно действующих системах, где решающее значение имеет простота конструкции. На речных судах струйные насосы используют в качестве вакуумных устройств для удаления воздуха из крупных центробежных насосов перед их пуском (например, грунтовых насосов землесосов). Струйные насосы применяют также на танкерах для создания подпора во всасывающей магистрали грузовых насосов. Наиболее широко струйные насосы (эжекторы)

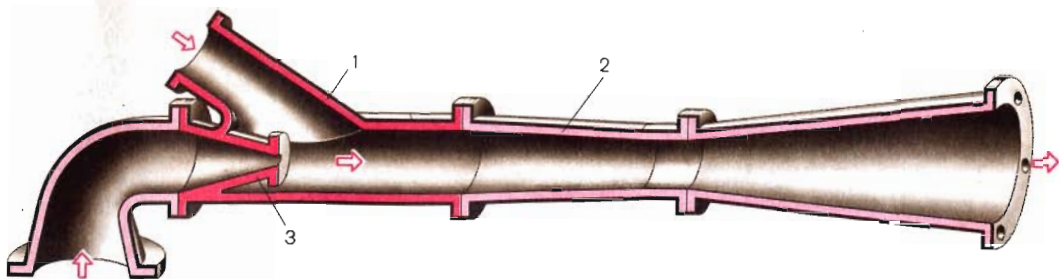


Рис. 146. Эжектор

используют в осушительных системах для удаления воды из отсеков, а инжекторы — в качестве питательных средств паровых котлов.

**Объемные насосы.** У объемных насосов разность давлений при всасывании и нагнетании создается движущимся рабочим органом, изменяющим объем рабочей жидкости в камере насоса. При всасывании объем камеры увеличивается, при нагнетании — уменьшается. В зависимости от типа рабочего органа *объемные насосы* подразделяют на *поршневые* (плунжерные) и *роторные* (шестеренные, винтовые, аксиально- и радиально-поршневые, пластинчатые).

**Поршневые насосы.** Основными деталями поршневого насоса являются цилиндр и рабочий орган в виде поршня или плунжера (см. рис. 34, 42). При возвратно-поступательном движении поршня (плунжера) в полости цилиндра создается поочередно то разрежение, необходимое для всасывания жидкости, то избыточное давление, благодаря которому жидкость подается в нагнетательный трубопровод. Поршни (плунжеры) насосов приводятся в движение через кривошипно-шатунный механизм, связанный с валом электродвигателя, или через эксцентриковый или кулачковый привод дизеля. По числу цилиндров *насосы* могут быть *одно-, двух- и многоци-*

*линдровые*, а по их расположению *вертикальные, горизонтальные и наклонные*. Насосы, у которых подача жидкости в нагнетательный трубопровод происходит только при движении поршня в одну сторону, называют насосами *одностороннего действия*. В насосах *двустороннего действия* при любом направлении движения поршня в цилиндре происходит как всасывание, так и нагнетание жидкости. Все плунжерные насосы действуют односторонне и отличаются большой неравномерностью подачи. У плунжерных насосов диаметр цилиндра значительно меньше хода плунжера и шток практически является продолжением поршня. Вследствие такой особенности в конструкции поршня плунжерные насосы создают довольно высокие давления в нагнетательных магистралях. На судах их применяют в основном для подачи топлива к форсункам дизеля (см. рис. 42).

Наряду с неограниченной возможностью создания высокого давления нагнетания у поршневых насосов можно регулировать подачу без изменения напора, они просты в обслуживании, имеют достаточно высокий КПД, обладают способностью к сухому всасыванию, т. е. практически могут засасывать жидкость, когда она полностью отсутствует во всасывающей магистрали. Однако поршневые насосы очень громоздки, имеют большую массу, не

обеспечивают равномерной подачи, тихходны и для обеспечения их автоматического управления необходимы наиболее сложные средства. Поэтому поршневые насосы находят применение там, где указанные недостатки не играют существенной роли, но необходимо обеспечить высокую всасывающую способность насоса или достигнуть высокого давления в нагнетательной магистрали. В связи с сокращением паровых судов и увеличением требований к подаче, массе и габаритным размерам насосов область применения поршневых насосов на речном флоте в последние годы несколько сузилась. Их используют в основном как резервные с ручным приводом в топливоподкачивающих, смазочных, охлаждающих системах дизелей, в трюмных и других системах судна.

Для перекачивания воды и нефтепродуктов на судах широкое распространение получили поршневые ручные насосы двустороннего действия типа НР. К корпусу 12 насоса (рис. 147) с всасывающим 11 и нагнетательным 5 патрубками прикреплены две клапанные коробки со всасывающими 1, 9 и нагнетательными 2, 8 клапанами. В горизонтальном цилиндре 3 насоса с помощью рукоятки 6 можно перемещать фигурный шток 7, на концах которого смонтированы два поршня 4

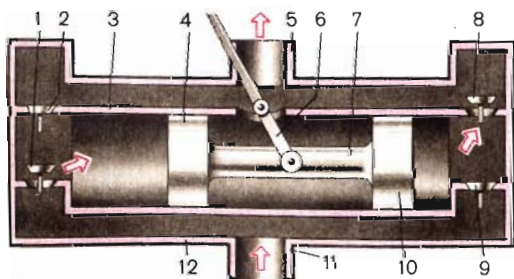


Рис. 147. Ручной поршневой насос НР

и 10. При движении рукоятки влево поршни перемещаются вправо. Жидкость через открытый всасывающий клапан 1 поступает в левую полость цилиндра, а из правой полости через открытый нагнетательный клапан 8 и патрубок 5 вытесняется в нагнетательный трубопровод. При изменении направления движения рукоятки, жидкость будет всасываться в правую полость цилиндра и вытесняться из левой.

**Шестеренные насосы.** В отличие от поршневых у роторных насосов шестеренного типа изменение объема в рабочей полости, обеспечивающее всасывание и нагнетание жидкости, осуществляется роторами (шестернями), вращающимися в корпусе. Устройство и принцип работы таких насосов рассмотрены выше (см. рис. 35, 53, 54).

Реверсивные и нереверсивные по числу шестерен насосы могут быть одноступенчатыми (односекционными), двухсекционными и многосекционными (с несколькими парами шестерен), по форме зубьев — прямозубые, косозубые, шевронные, а в зависимости от характера зацепления шестерен — эвольвентные, циклоидальные и трапецеидальные.

Наибольшее распространение на судах получили шестеренные насосы с парой прямозубых шестерен внешнего зацепления и одинаковым числом зубьев эвольвентного профиля. Насосы этого типа отличаются простотой устройства, весьма надежны в эксплуатации, обладают хорошей всасывающей способностью. Поэтому, несмотря на низкий КПД (33—45%), их широко используют в качестве навесных на дизель и электроприводных насосов для перекачки нефтепродуктов с небольшими напорами и подачей. Для речного флота поставляются шестеренные (роторно-зубчатые) насосы типа РЗ, имеющие подачу 1,1—5 м<sup>3</sup>/ч, давление

0,33—1,45 МПа, частоту вращения вала 1450 мин<sup>-1</sup> и мощность электродвигателя до 2,8 кВт. Значительное применение получили также насосы типов Ш — с внутренними опорами на лапах, ШФ — с внутренними фланцевыми опорами, ШВ — с выносными опорами на лапах, ШГ — с внутренними опорами и обогревом (охлаждением), ШВГ — с выносными опорами и обогревом (охлаждением). Насосы указанных типов поставляются для речного флота с подачей до 38 м<sup>3</sup>/ч, давлением до 3,5 МПа, частотой вращения вала 1000 и 1450 мин<sup>-1</sup>, мощностью до 14 кВт.

**Водокольцевые насосы.** Для создания разрежения в закрытых емкостях используют наряду со струйными и водокольцевые насосы. Их относят к объемным насосам, в которых изменение объема рабочей камеры достигается путем смещения положения внутренней поверхности жидкостного кольца относительно лопаток ротора. Насос (рис. 148) состоит из цилиндрического корпуса 1 со всасывающим 3 и нагнетательным 4 патрубками. Внутри корпуса эксцентрично смонтирован ротор 2. В корпус насоса заливают воду. При вращении лопасти ротора отбрасывают воду к стенкам корпуса, образуя вращающееся водяное кольцо. Серповидное пространство между внутренней поверхностью водяного кольца и ступицей ротора составляет рабочую камеру насоса. Если ротор вращается против часовой стрелки, то поверхности водяного кольца слева, как показано на рис. 148, удаляются от полости *a* камеры. Свободный объем образующий, между лопастями ротора заполняется по патрубку 3 воздухом, а через полость *б* камеры нагнетается в патрубок 4.

**Винтовые насосы.** Из всех объемных насосов наиболее равно-

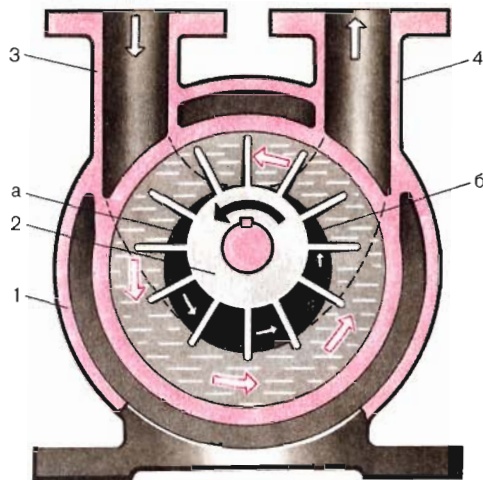


Рис. 148. Водокольцевой вакуум-насос ВВН

мерную подачу обеспечивают винтовые насосы. По числу роторов (винтов) они могут быть *одно-, двух-, трех- и многовинтовыми*; по направлению потока жидкости — *однопоточными* (с односторонним всасыванием) и *двухпоточными* (с двусторонним всасыванием); в зависимости от направления вращения винтов — *реверсивными* и *нереверсивными*, а по расположению корпуса — *вертикальными* и *горизонтальными*. Винтовые насосы применяют на танкерах проектов 866, 868, Р 42, нефтеперекачивающих станциях НПС 120, НПС 612 и других судах. Конструкция одного из таких насосов горизонтального типа с двусторонним всасыванием показана на рис. 149. Насос имеет винт с прямоугольным профилем зубьев правого и левого направления. При вращении винта 2 через шестерню 1 в боковые всасывающие полости *a* и *в* корпуса 3 насоса поступает жидкость, а через полость *б* — нагнетается в магистраль. Винтовые насосы применяют для перекачивания чистых и загрязненных, в том числе и

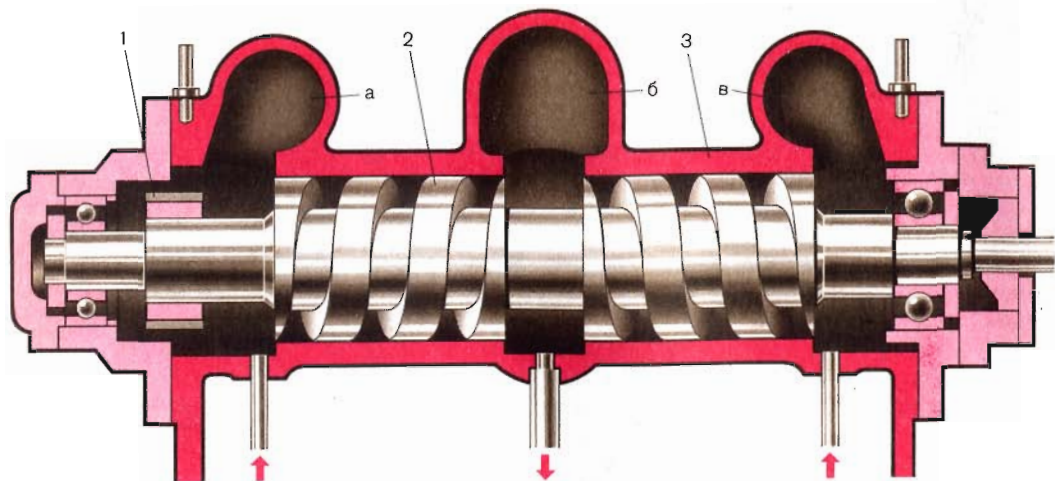


Рис. 149. Одновинтовой насос

агрессивных жидкостей. В последнем случае их выполняют с автономной смазочной системой и выносными, герметически разобщенными от полостей *а* и *в* подшипниками. Из многвинтовых насосов для перекачки нефтепродуктов на судах наибольшее применение получили горизонтальные с двусторонним всасыванием насосы ВС 200. Они имеют три винта, каждый из которых, как и у рассмотренного одновинтового насоса, на одной половине сделан с правой нарезкой, на другой — с левой. Средний винт является ведущим, а остальные два — ведомыми. Насосы ВС 200 перекачивают 200 м<sup>3</sup>/ч топлива при давлении 2,5 МПа и высоте всасывания до 6 м.

**Роторно-поршневые насосы.** У объемных насосов этого типа цилиндры с поршнями совершают возвратно-поступательное движение. В зависимости от расположения цилиндров относительно оси блока их подразделяют на радиально-поршневые и аксиально-поршневые. У первых цилиндры располагаются радиально, а у вто-

рых — параллельно оси вращения блока. На речных судах используют в основном аксиально-поршневые насосы в составе гидравлических приводов рулевых машин (см. рис. 130).

**Роторно-пластинчатые насосы.** В технической литературе такие насосы называют также *колово-вратными* и *шиберными*. Подача жидкости в них (см. рис. 36) осуществляется переносом ее в полостях между выдвижными пластинами ротора, эксцентрично вращающегося в корпусе насоса. Роторно-пластинчатые насосы включают в системы некоторых дизелей, используют на нефтеперекачивающих станциях для выгрузки слишком вязких нефтепродуктов.

**Судовые вентиляторы.** Для перемещения газов (на судах в основном воздуха) используют вентиляторы и компрессоры. К вентиляторам относят устройства с рабочим органом в виде лопастного колеса, предназначенного для перемещения воздуха с избыточным давлением не более 0,015 МПа. Лопастные и поршневые насосы раз-



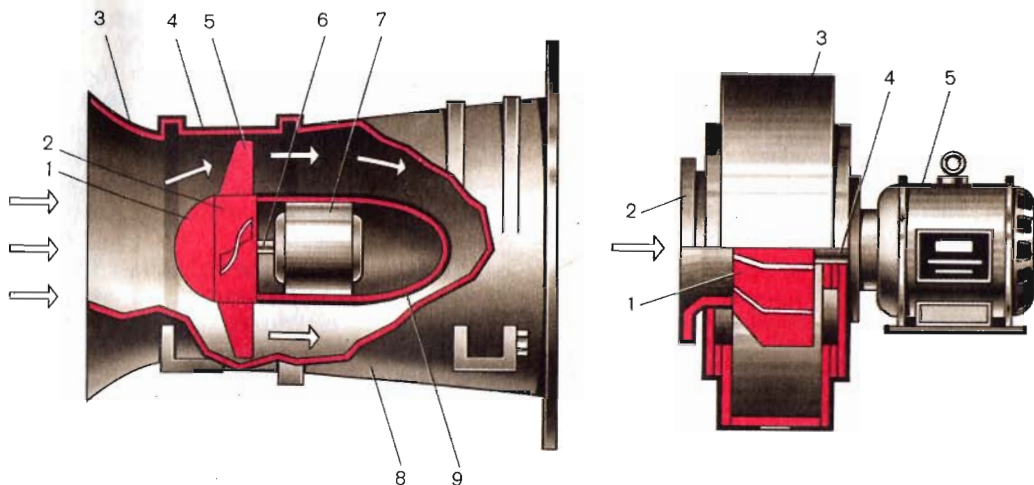


Рис. 150. Осевой и радиальный вентиляторы

личного исполнения, перекачивающие воздух с давлением более 0,015 МПа, относят, как указывалось, к компрессорам.

Вентиляторы получили широкое распространение на судах для создания комфортных условий в жилых и служебных помещениях, в качестве дутьевых средств котельных установок, для вентиляции машинных помещений и грузовых трюмов. По назначению судовые вентиляторы подразделяют на *вдувные* (нагнетательные) и *вытяжные*, соединенные всасывающим патрубком с обслуживаемым объектом, а по конструкции — на *осевые* и *радиальные* (центробежные), *вертикальные* и *горизонтальные*. В зависимости от давления подачи различают вентиляторы *низкого* (до 0,001 МПа), *среднего* (от 0,001 до 0,003 МПа) и *высокого* (свыше 0,003 МПа) *давления*. На речных судах применяют вентиляторы низкого и среднего давления. Для создания низкого давления, используют, как правило, осевые вентиляторы, для среднего — центробежные.

По принципу действия вентиляторы аналогичны лопастным насосам, но имеют более упрощенную конструкцию. В корпусе 4 (рис. 150, а) электроприводного осевого вентилятора (ЭВО) смонтирован электродвигатель 7, на валу 6 которого закреплено рабочее колесо 2 с лопатками 5. Перед рабочим колесом установлен передний 1, а за электродвигателем — задний 9 обтекатели. При вращении рабочего колеса воздух поступает в патрубок 3 и по оси вала через расширяющуюся заднюю часть корпуса 8 нагнетается в магистраль. Осевые вентиляторы создают незначительные давления, и на судах их применяют для подачи воздуха в трюмы, жилые и служебные помещения. Вентиляторы выпускают сериями, к каждой из которых относятся несколько разных по размерам, но практически подобных вентиляторов. Вентилятору каждого размера присваивают номер, равный наружному диаметру в дециметрах.

В вентиляторах радиального (центробежного) типа (рис. 150, б) при

работе электродвигателя 5 вращающееся вместе с валом 4 рабочее колесо 1 засасывает воздух через приемный патрубок 2 и перемещает его в корпус 3 по радиусу от центра к периферии. У радиальных судовых вентиляторов с индексом РС лопатки могут быть загнуты вперед или назад по направлению вращения; встречаются вентиляторы и с прямыми радиальными лопатками. Вентиляторы с лопатками, загнутыми вперед, развивают больший напор, но имеют меньший КПД, чем вентиляторы с лопатками, загнутыми назад. Поэтому для повышения КПД при небольшом напоре вентиляторы выполняют, как правило, с лопатками, загнутыми назад по направлению вращения колеса. На речных судах используют радиальные вентиляторы двух типов: с индексами РСС (радиальный судовой со спиральным корпусом) и РСЦ (с цилиндрическим корпусом), подающие 25—400 м<sup>3</sup>/ч воздуха при давлении до 0,0098 МПа. Искусственная вентиляция на судах осуществляется с помощью электроприводных вентиляторов, причем предусмотрено их местное и дистанционное (из рулевой рубки) включение. Режим работы вентиляторов регулируют дросселированием воздуха на всасывании путем изменения положения жалюзи (регулирующих заслонок).

**Правила обслуживания механизмов судовых систем.** Особенности эксплуатации насоса каждого типа излагаются в соответствующих инструкциях.

Перед пуском насосов, как и любых других механизмов, производят их наружный осмотр для определения надежности крепления насосов к фундаменту, исправности пускорегулирующих устройств и КИП, качества набивки сальников, наличия смазочного масла в подшипниках и на других трущихся

деталях. Несамовсасывающие насосы перед включением заполняют перекачиваемой жидкостью, открыв при этом клапан на всасывающем трубопроводе и воздушный кран на корпусе насоса. Вентили, краны и другую арматуру разрешается открывать и закрывать только при помощи штатных рукояток и маховиков.

Заданный режим работы насосов устанавливают по показаниям КИП. В случае если показания манометров и вакуумметров отличаются от заданных значений, насос останавливают и проверяют герметичность всасывающей и нагнетательной магистралей. Подачу и напор у приводных насосов регулируют изменением частоты вращения вала двигателя или искусственным увеличением сопротивления в нагнетательном трубопроводе. При постоянной частоте вращения вала приводного двигателя подачу регулируют изменением открытия перепускного клапана.

Во время работы насосов следят за тем, чтобы не было стуков и шума, не свойственных нормальной эксплуатации систем, регулярно проверяют надежность действия смазочных устройств и степень нагрева трущихся деталей, обращают внимание на герметичность сальниковых уплотнений и соединений трубопроводов, устраняют возможные подсосы воздуха; наблюдают за показаниями КИП.

Запрещается: устранять неисправности деталей насосов во время их работы; разбирать и вскрывать насосы, цистерны, арматуру и трубопроводы, находящиеся под давлением или заполненные горячей жидкостью; осматривать и ремонтировать элементы систем в цистернах и помещениях, где возможно скопление вредных газов, без предварительного анализа проб воздуха на загазованность.

Насосы останавливают в следующем порядке: закрывают вентиль (кран) на всасывающей магистральной, останавливают электродвигатель, а затем перекрывают нагнетательный трубопровод. Для обеспечения лучшего всасывания клапан на приемной ма-

гистральной центробежных насосов закрывают в последнюю очередь.

Обслуживание бездействующих насосов заключается в устранении обнаруженных при их работе дефектов, поддержании всех элементов систем в постоянной готовности к работе.

1. Как классифицируют судовые насосы?  
2. Из каких основных деталей состоят осевые лопастные насосы и каковы их преимущества и недостатки?  
3. Для какой цели на судах устанавливают многоступенчатые лопастные насосы?  
4. Как действуют струйные и водокольцевые

насосы? 5. Укажите область применения на судах винтовых насосов. 6. В чем заключаются особенности устройства осевых и центробежных вентиляторов? 7. Какие правила необходимо соблюдать при обслуживании судовых приводных и ручных насосов?

### 30. ХОЛОДИЛЬНЫЕ АГРЕГАТЫ И СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

**Общие сведения о холодильных агрегатах.** Температура воздуха в грузовых трюмах и танках (отсеках) специализированных судов (рефрижераторов), в провизионных камерах и специальных холодильных шкафах судов транспортного и технического флота должна поддерживаться на определенном уровне в зависимости от вида продуктов и сроков их хранения. Для поддержания в том или ином помещении температуры ниже температуры окружающей среды необходимо отводить от него теплоту, которую вносят в охлаждаемое помещение средства вентиляции, электроосвещение, люди, свежая порция неохлажденных продуктов и т. д. В основу получения низких температур в холодильных агрегатах положен процесс кипения рабочего тела. При определенных условиях этот процесс изменения агрегатного состояния тела сопровождается отбором теплоты от охлаждаемой среды.

Комплекс механизмов, теплообменных аппаратов и трубопроводов, включенных в холодильный агрегат, образуют замкнутую систему, по которой

прокачивается жидкость (хладагент), обладающая свойством переходить в парообразное состояние при низких температурах и давлениях. Для перехода жидкого тела в парообразное состояние к нему, как известно, должно быть подведено определенное количество теплоты. Хладагент в процессе парообразования отбирает теплоту от окружающего теплообменного аппарата воздуха, что и приводит к снижению температуры в охлаждаемых помещениях. В качестве холодильных агентов используют вещества, кипящие при низкой температуре и атмосферном давлении, безопасные для жизни и здоровья человека, инертные по отношению к конструкционным материалам, обладающие химической стойкостью, противопожарными, взрывобезопасными свойствами и другими характеристиками. Чаще всего в качестве хладагентов холодильных агрегатов используют аммиак ( $\text{NH}_3$ ), дифтордихлорметан ( $\text{CFCl}_2$ ) и дифтормонохлорметан ( $\text{CHF}_2\text{Cl}$ ). На рефрижераторных судах в качестве хладагента применяют, как правило, аммиак или дифтордихлорме-

тан (хладон 12), а на судах транспортного и технического флота — хладон 12 и дифтормонохлорметан (хладон 22).

**Основные элементы холодильных агрегатов.** Хладагент в агрегатах периодически превращается из жидкого состояния в газообразное и наоборот.

Принципиальные схемы агрегатов, в которых происходят указанные видоизменения хладагента, показаны на рис. 151. Простейший холодильный агрегат состоит из электроприводного компрессора 1 (рис. 151, а), конденсатора 3 и испарителя 5.

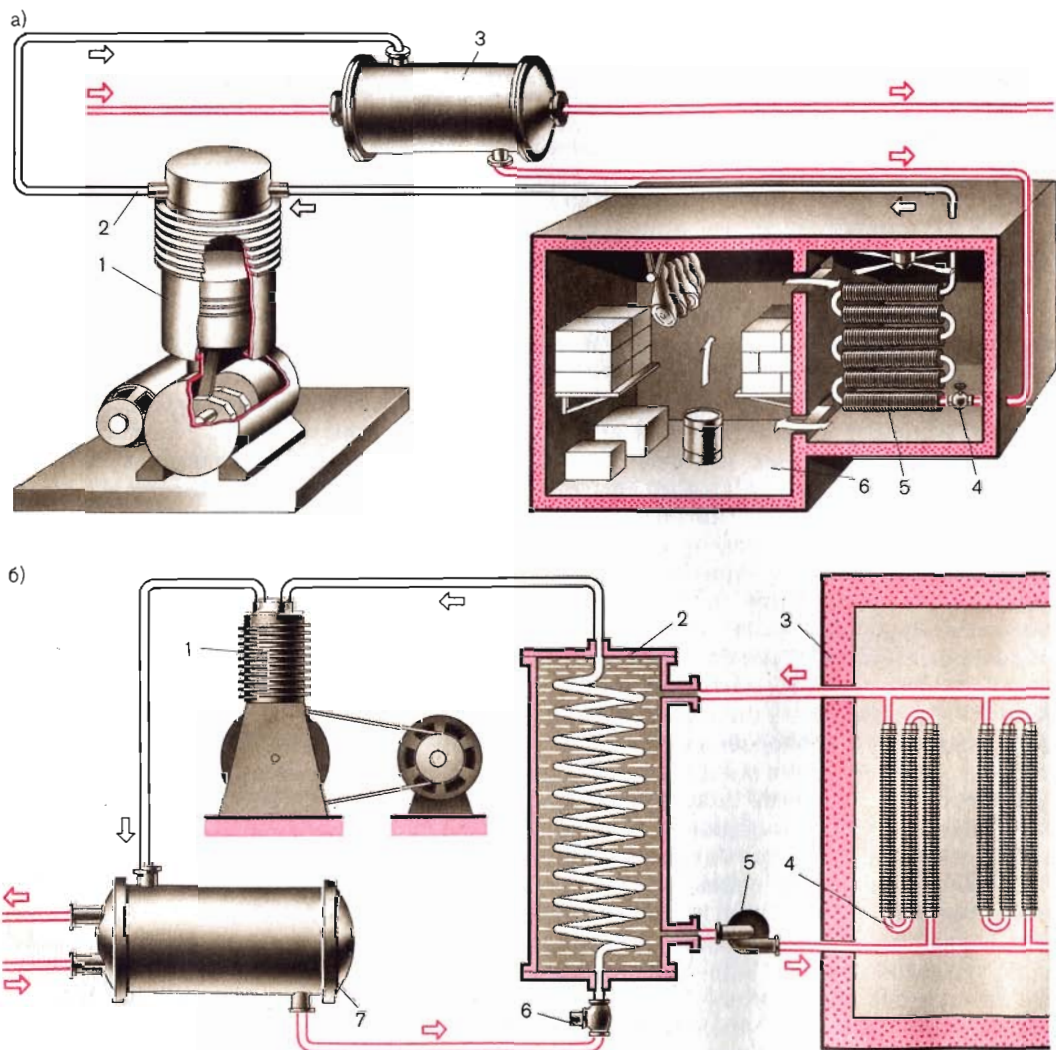


Рис. 151. Схемы холодильных агрегатов

засасывает пары хладагента из испарителя, сжимает их и с повышенными давлением и температурой нагнетает по трубопроводу 2 в конденсатор 3. В конденсаторе при соприкосновении с холодными стенками труб и вследствие расширения пары хладагента превращаются в жидкость. Чтобы превратить жидкий хладагент снова в парообразное состояние, его пропускают через терморегулирующий вентиль (ТРВ) 4, в котором происходит дросселирование жидкого хладагента. Выходя из ТРВ с пониженным давлением, хладагент в змеевиках испарителя 5 переходит в парообразное состояние. Процесс парообразования хладагента сопровождается отбором теплоты из холодильной камеры 6. Из испарителя хладагент поступает в компрессор, и цикл преобразований его из одного агрегатного состояния в другое повторяется.

Агрегаты непосредственного охлаждения (с испарителем в холодильном помещении) применяют для создания искусственного холода в провизионных камерах объемом не более 200 м<sup>3</sup>.

Низкие температуры в помещениях большого объема поддерживаются, как правило, агрегатами с охлаждением промежуточным хладоносителем (рис. 151, б). Испаритель 2 в таких агрегатах вынесен за пределы холодильной камеры 3. Через него и батареи 4 насосом 5 прокачивается промежуточный хладоноситель. В качестве последнего обычно используют водные растворы солей хлористого кальция (CaCl<sub>2</sub>) или хлористого натрия (NaCl), имеющих низкую температуру замерзания. Компрессор 1, конденсатор 7, ТРВ 6 и испаритель 2 работают в агрегате по принципу, описанному для рис. 151, а.

Компрессоры холодильных агрегатов представляют собой одно- и многоступенчатые вертикальные и V-образ-

ные поршневые насосы с приводом от электродвигателя. Хладоновые компрессоры обычно имеют воздушное охлаждение. Наружная поверхность их цилиндров выполняется ребристой. По способу герметизации внутренних полостей компрессоры подразделяют на сальниковые (открытого типа), бесальниковые и герметичные.

Конденсаторы по конструкции аналогичны водяным охладителям дизелей. Вода прокачивается через медные трубки конденсатора, закрепленные в трубных решетках. Парообразный хладагент поступает в горизонтальный корпус конденсатора сверху, охлаждается, соприкасаясь с холодными трубками, и в виде жидкости стекает в специальный сборник (ресивер), приваренный к корпусу конденсатора снизу. Внутреннюю поверхность корпуса покрывают защитным слоем латуни. Бронзовые крышки конденсатора имеют перегородки, благодаря которым обеспечивается многопоточность движения воды по трубкам и, следовательно, повышается эффективность теплопередачи от хладагента к воде.

Конструкция испарителя в агрегатах с охлаждением промежуточным хладоносителем такая же, как и конденсатора. Промежуточный хладоноситель прокачивается через трубы испарителя сверху вниз. Жидкий хладагент поступает в горизонтальный корпус испарителя снизу, а пары его отсасываются в компрессор из верхней части корпуса. Испаритель хладоновых агрегатов непосредственного охлаждения выполняется в виде нескольких змеевиков из медных труб, соединенных в батареи. Чтобы повысить эффективность охлаждения, трубы имеют латунные или стальные пластинчатые ребра.

Для очистки хладагента от механических примесей в схему агрегатов включают маслоотделители и фильтры.

Большинство грузовых, буксирных и пассажирских судов для хранения продуктов оборудованы специальными холодильными шкафами или бытовыми холодильниками. Холодильные шкафы могут иметь одну или несколько секций, разделенных испарителями. Их изготовляют с встроенными и с отдельно установленными холодильными агрегатами. Встроенные агрегаты размещают в верхней или нижней частях шкафа в специальных выгородках. В наружных стенках шкафа в районе размещения холодильного агрегата располагают жалюзи (решетки с отверстиями) для циркуляции воздуха, поступающего к конденсатору. Агрегаты холодильных шкафов и бытовых холодильников с камерами непосредственного охлаждения обычно имеют воздушные конденсаторы в виде змеевиков труб, омываемых наружным воздухом, и герметичные компрессоры.

Бытовые холодильные агрегаты обычно оборудуют листотрубными испарителями и капиллярными трубками вместо терморегулирующего вентиля. Сопrotивление капиллярной трубки, зависящее от ее длины и внутреннего диаметра, подбирается таким, чтобы пропускная способность ее равнялась наименьшей подаче компрессора. Герметичный компрессор такого холодильного агрегата подает пары хладона в змеевиковый конденсатор, охлаждаемый свободно движущимся воздухом. Из конденсатора жидкий хладон через фильтр-осушитель и капиллярную трубку поступает в листотрубный испаритель, смонтированный в камере охлаждения. Парообразный хладон из испарителя засасывается по всасывающей трубе в компрессор, и цикл повторяется.

Как правило, холодильные агрегаты оборудуют средствами автоматизации, поддерживающими заданный режим

работы компрессора, конденсатора и испарителя.

**Правила обслуживания холодильных агрегатов.** Перед пуском холодильных агрегатов все клапаны переводят в рабочее положение, причем вначале открывают запорные клапаны на нагнетательной магистрали, затем — клапаны на всасывающей магистрали и только после этого — ТРВ.

Для пуска агрегата тумблеры на щите управления устанавливают в положение «Работа». О правильности действия агрегатов судят по показаниям КИП. Особое внимание при контроле за работой холодильного оборудования обращается на герметичность системы. При обслуживании агрегатов должна быть полностью исключена возможность проникновения влаги и воздуха в систему. Их наличие в системе приводит к снижению показателей работы холодильного оборудования. Вода при низкой температуре может замерзнуть в трубах, закупорить дроссельное отверстие в ТРВ и вывести агрегат из эксплуатации. Чтобы сохранить качество продуктов, следует не менее трех раз в сутки вентилировать охлаждаемый объем холодильного шкафа, не реже одного раза в месяц останавливать агрегат, выгружать из шкафа все продукты и производить его санитарную обработку.

Надежность эксплуатации холодильного оборудования гарантируется проведением технических обслуживаний согласно техническим инструкциям заводов-изготовителей.

Во время ТО-1 производят наружный осмотр элементов оборудования; проверяют герметичность сальниковых уплотнений компрессоров, арматуры и трубопроводов; промывают, вентилируют и просушивают провизионные камеры (шкафы); регулируют натяжение клиноременной передачи при-

вода компрессора; промывают фильтры и удаляют снеговую шубу с батарей охлаждения. Снеговую шубу разрешается удалять только путем оттаивания батарей с помощью горячей воды или паров хладагента.

Кроме работ ТО-1 при ТО-2, промывают водяные полости конденсаторов и головок компрессора, проверяют наличие хладагента и масла (при необходимости производят дозарядку системы), заменяют неисправные приборы и детали, регулируют средства автоматизации.

Компрессоры, аппараты и трубопроводы разрешается вскрывать только в случае, когда давление в системе хладагента понижено до атмосферного и не изменяется в течение 30 мин.

**Общие сведения о системах кондиционирования воздуха.** В процессе эксплуатации судна температура и давление воздуха в помещениях изменяются, он насыщается различными парами, газами, влагой, пылью. Чтобы обеспечить нормальные условия для работы и отдыха судового экипажа и пассажиров, в жилых и служебных помещениях судна необходимо поддерживать постоянным качественный состав (кондицию) воздуха.

Подачу свежего воздуха в помещения и удаление из них загрязненного на большинстве речных судов обеспечивают системы вентиляции. Однако температуру, влажность, чистоту, подвижность и давление воздуха в оптимальных пределах на судах наилучшим образом поддерживают системы кондиционирования воздуха (СКВ).

По назначению *СКВ* подразделяют на *комфортные*, регулирующие параметры воздуха в жилых помещениях судна, и *технические*, регулирующие параметры воздуха в служебных помещениях и грузовых отсеках. Содержание кислорода в воздушной среде

судовых помещений изменяется незначительно и практически не влияет на самочувствие людей. Загрязнение же воздуха пылью и другими вредными веществами, а также изменение температуры воздуха оказывают неблагоприятное воздействие на человека. Проведенные исследования показывают, что границами комфортных зон в помещениях является воздух с относительной влажностью 40—60% при температуре 19—23 °С для зимних и 23—27 °С для летних условий.

В зависимости от способов обработки воздуха *СКВ* бывают *централизованные, автономные* и *комбинированные*. Централизованные *СКВ* обрабатывают воздух в центральной климатической станции, из которой он забирается вентиляторами и распределяется по соответствующим помещениям. Автономные *СКВ* обрабатывают воздух непосредственно в кондиционируемом помещении. Комбинированные *СКВ* обеспечивают первичную обработку воздуха в центральной климатической станции, а его окончательную доработку — в доводочных воздухораспределителях.

По числу воздухопроводов *СКВ* подразделяют на *одно-, двухканальные* и *бесканальные* (местные, автономные). В одноканальных *СКВ* весь воздух обрабатывается до заданных параметров и поступает в кондиционируемое помещение по одному каналу. Холодный и горячий воздух в двухканальных *СКВ* движется по двум воздухопроводам и перед подачей в каюты смешивается до заданных параметров. Бесканальные системы применяют в помещениях с местными или автономными кондиционерами. В зависимости от скорости движения воздуха в магистральных воздухопроводах *СКВ* подразделяют на *низкоскоростные* при скорости воздуха до 17 м/с, *среднескоростные*

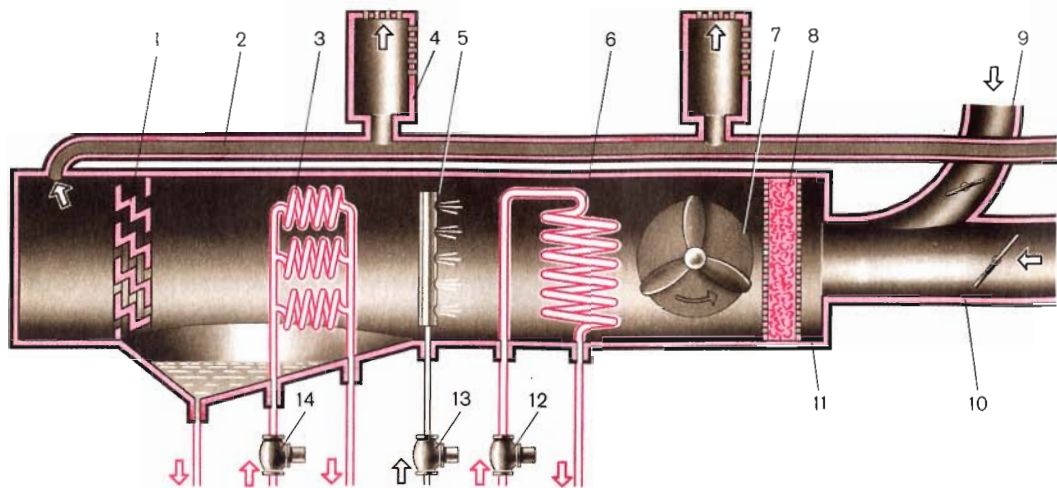


Рис. 152. Схема одноканальной СКВ

при скорости воздуха 17—22 м/с и *высокоскоростные* при скорости воздуха более 22 м/с. Основное преимущество последних — меньшее сечение трубопроводов. По давлению воздуха за кондиционером различают *СКВ низкого* (до 0,001 МПа), *среднего* (0,001—0,0025 МПа) и *высокого* (более 0,0025 МПа) давления. Выбор типа СКВ определяется рядом требований, основными из которых являются экономичность, размеры, масса, удобство обслуживания системы.

**Одноканальные СКВ.** Принципиальная схема комбинированной одноканальной СКВ показана на рис. 152. Свежий воздух засасывается по трубопроводу 10 вентилятором 7 и нагнетается в центральный кондиционер 11. Окончательно до заданных параметров воздух обрабатывается в доводочных воздухоохладителях 4, в которые он попадает по трубопроводу 2. Загрязненный воздух, поступающий к вентилятору из кондиционируемых помещений по трубопроводу 9, обычно называют *рециркуляционным*.

В центральном кондиционере воздух очищается фильтром 8 от пыли, а затем (в зависимости от его параметров) охлаждается в воздухоохладителе 6 или подогревается в воздухонагревателе 3.

Для охлаждения воздуха кондиционеры обычно подключают к холодильным агрегатам непосредственного охлаждения (см. рис. 151, а). Змеевики труб воздухоохладителя центрального кондиционера типа «Бриз», например, в схеме автономного холодильного агрегата, работающего на хладоне 12, выполняют функции испарителя.

В кондиционерах воздух подогревается паровыми, водяными или электрическими калориферами. При нагревании относительная влажность воздуха уменьшается. Увлажнение воздуха достигается добавлением в него распыленной воды или пара. Для этого служит увлажнитель. Более широкое применение из-за простоты исполнения, надежности и эффективности получило увлажнение воздуха паром. Паровой увлажнитель представляет собой



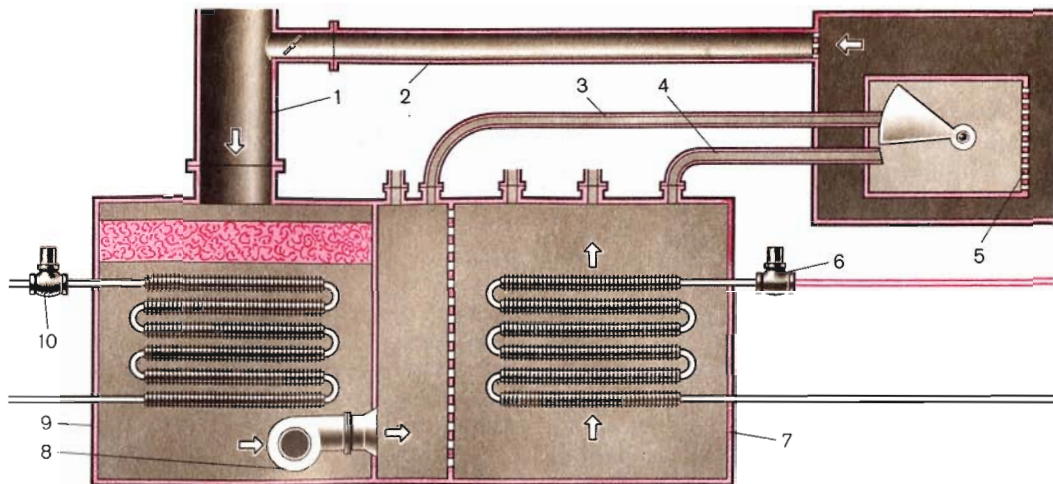


Рис. 153. Схема двухканальной СКВ

заглушенную с одного конца трубу 5 (см. рис. 152) с отверстиями. На трубах воздухоохладителя при работе кондиционера оседают капельки воды. Поток воздуха захватывает их и уносит в каналы СКВ. Чрезмерное насыщение воздуха влагой нежелательно, так как она вызывает интенсивную коррозию воздухопроводов и приводит к выходу из строя доводочных воздухораспределителей. Поэтому кондиционеры оборудуют отделителями влаги (элиминаторами) 1 из гофрированных зигзагообразных пластин. Воздушный поток, проходя по извилистым каналам элиминатора, совершает многократный поворот, и капли влаги отбрасываются на поверхность гофрированных пластин. Задержанная влага стекает по пластинам в поддон, откуда периодически удаляется. На подводящих магистралях воздухоохладителя, калорифера и увлажнителя смонтированы соответственно клапаны 12, 14, 13, которые через специальные реле обеспечивают автоматическое регулирование температуры и влажности воздуха.

Воздухораспределители одноканальных систем по расположению могут быть настенными и подвочными (потолочными). По способу смешения воздухораспределители СКВ могут быть эжекционными и неэжекционными. Первые имеют сопловой аппарат, к которому подается охлажденный (подогретый) приточный воздух. В сопловом аппарате потенциальная энергия давления преобразуется в кинетическую энергию воздушной струи, которая вытекает из сопла с большой скоростью и вследствие создаваемого разрежения подсасывает воздух из помещения и обеспечивает эффективное смешение воздушных потоков.

**Двухканальные СКВ.** В последнее время на судах получают распространение двухканальные системы кондиционирования. Они проще в обслуживании, не имеют доводочных воздухораспределителей и обеспечивают регулирование параметров воздушной среды в широком диапазоне. В центральный кондиционер воздух засасывается вентилятором 8 (рис. 153) по трубопро-

воду 1. Вместе с потоком свежего воздуха в кондиционер по трубопроводу 2 поступает из помещений рециркуляционный воздух. В зависимости от режима работы воздух может подогреваться в калорифере 9, пар к которому поступает через регулировочный клапан 10, или охлаждаться в камере 7 холодильного агрегата. Количество хладагента, поступающего в камеру, а следовательно, и температуру воздуха в ней регулируют клапаном 6. Подачу теплого и холодного воздуха, поступающего по трубопроводам 3 и 4, регулируют в смесителе 5 при помощи специальной заслонки. Положение ее изменяется автоматически по сигналам термореле в кондиционируемых помещениях.

**Системы кондиционирования воздуха современных судов.** Низкоскоростные одноканальные системы кондиционирования впервые были установлены на судах проекта 20 типов «Ленин» и «Советский Союз».

Новые пассажирские суда австрийской постройки проектов Ку 056 и Ку 040 типов «Антон Чехов» и «Максим Горький», оборудованы центральной одноканальной средне- и высокоскоростной системой кондиционирования с рециркуляцией воздуха. Система кондиционирования имеет: центральную холодильную станцию; два водогрейных котла; десять центральных кондиционеров (два из них, обслуживающих камбуз и бассейн, оборудованы только воздухоподогревателями); каютные и зональные воздухораспределители; средства автоматизации и воздухопроводы. Кают-компанию, камбуз, мастерские и центральный пульт управления обслуживает отдельный кондиционер, работающий только на наружном воздухе. Распределение воздуха по каютам и служебным помещениям осуществляют подволочные воздухорас-

пределители. Температура горячей воды, поступающей к кондиционерам, в зависимости от температуры наружного воздуха поддерживается в пределах 30—90 °С пневматическим регулятором. Средства автоматизации обеспечивают: регулирование температуры приточного воздуха; открытие и закрытие заслонок на воздухопроводах наружного, рециркуляционного и отводимого (вытяжного) воздуха; дистанционное открытие и закрытие противопожарных заслонок; поддержание постоянного давления воздуха в нагнетательных трубопроводах.

На пассажирских судах чехословацкой постройки проекта ОЛ-400 типа «В. Куйбышев» смонтирована центрально-местная высокоскоростная одноканальная система кондиционирования, включающая три хладоновых холодильных агрегата, паровой котел, девять центральных кондиционеров, каждый из которых обслуживает определенную группу помещений, каютные доводочные воздухораспределители, средства автоматизации и другое оборудование. Из кондиционируемых помещений воздух удаляется через специальные вытяжные шкафики с помощью девяти вытяжных станций.

Одноканальной центрально-местной высоко- и низкоскоростной СКВ оборудованы и суда проекта 301 постройки ГДР типа «Владимир Ильич». Низкоскоростная СКВ обслуживает столовую и общественные помещения. Воздух из центральных кондиционеров по магистральным воздухопроводам поступает в каюты через доводочные эжекционные воздухораспределители, температуру воздуха в которых регулируют вручную.

Два кондиционера, один для обслуживания жилых и общественных помещений, другой — для камбуза, установлены на ледоколах финской постройки

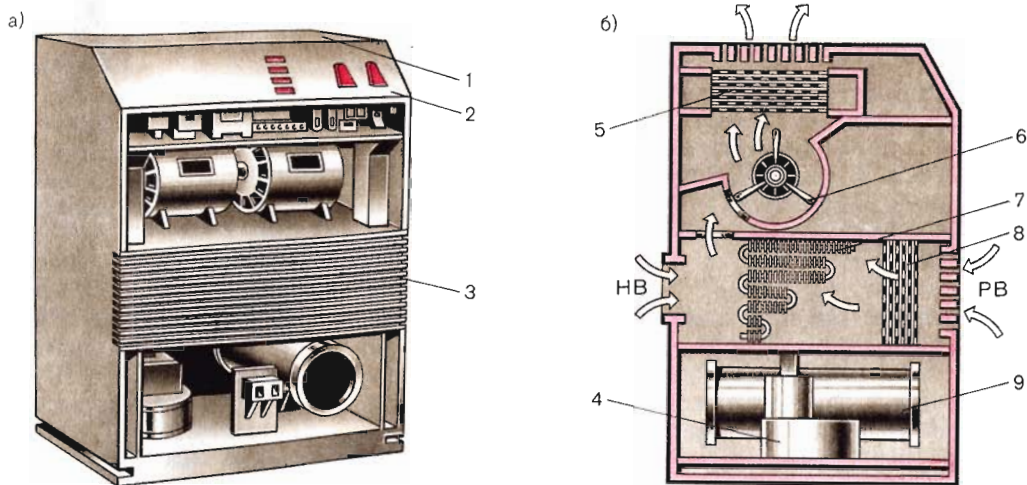


Рис. 154. Автономный кондиционер «Нептун 36»:

а — вид со снятой крышкой; б — разрез

проекта 92-016 типа «Капитан Чечкин». Системы кондиционирования действуют на грузовых теплоходах финской постройки проекта 613 типа «Балтийский-106», контейнеровозах постройки ГДР проекта 326 типа «Зелинга» и ряде других судов.

**Автономные кондиционеры.** На судах для кондиционирования воздуха в помещениях специального назначения (салонах, кинозалах, ресторанах) используют автономные кондиционеры (АК). Их подразделяют на *местные* и *групповые*. Первые обслуживают только одно помещение и являются бесканальными. Охлажденный или нагретый воздух выходит через решетки корпуса таких АК непосредственно в помещение без каких-либо воздухопроводов. Групповые АК имеют приемные и выпускные патрубки с воздухопроводами небольшой длины, подающими воздух в группу рядом расположенных помещений, обслуживаемых одним кондиционером. На речных судах наибольшее распространение получили автономные

кондиционеры «Нептун 18, 36, 72, 125» хладпроизводительностью (количеством теплоты, отбираемой от помещений в час) соответственно 2,1; 4,18; 8,26 и 14,5 кВт. Первые три из них являются местными, кондиционер «Нептун 125» используют как групповой. На передней стенке кондиционера «Нептун 36» смонтированы решетки 3 (рис. 154) для входа рециркуляционного воздуха и пульт управления 2. По высоте кондиционер разделен на три секции: в нижней смонтированы горизонтальный кожухотрубный конденсатор 9 и герметичный поршневой компрессор 4 холодильного агрегата, в среднем — воздушный фильтр 8 и воздухоохладитель 7, в верхней — центробежный вентилятор 6 и электрический воздухоподогреватель 5.

Наружный воздух (НВ) при входе в кондиционер смешивается с рециркуляционным воздухом (РВ), проходящим через фильтр 8, и поступает в воздухоохладитель 7. Батареи воздухоохладителя в системе холодильного

агрегата образуют испаритель. Через них с помощью компрессора 4 прокачивается хладон, при испарении которого и отбирается теплота от смеси НВ с РВ. В холодное время года холодильный агрегат выключают и воздух нагревается до требуемой температуры в воздухоподогревателе 5. Обработанный воздух подается вентилятором в помещение через решетки в крышке / кондиционера.

**Основные правила обслуживания СКВ.** При подготовке СКВ к пуску производят тщательный наружный осмотр вентиляторов, кондиционеров, трубопроводов и арматуры. Все клапаны, вентили и другие разобшиительно-стопорные устройства на воздухопроводах перед пуском СКВ должны находиться в положении, строго соответствующем инструкции по обслуживанию. Основные операции по обслуживанию холодильного оборудования описаны выше. Во время работы вентиляторов, воздухонагревателей и увлажнителей следует систематически проверять герметичность соединений, периодически очищать приемные сетки и фильтры, регулярно смазывать подшипники вентиляторов, притирать клапаны арматуры, заменять при необходимости соответствующие прокладки и устранять обнаруженные потеки воды и

пропуски воздуха в трубопроводах. Текущий осмотр основного оборудования СКВ производят каждый раз при смене вахт. В процессе эксплуатации системы ежедневно контролируют по приборам температуру и относительную влажность воздуха на входе в кондиционер, на выходе из него и в обслуживаемых помещениях.

При понижении температуры наружного воздуха до установленных пределов систему переводят на зимний режим работы, т. е. вводят в действие все воздухонагреватели центральных кондиционеров и увлажнительные устройства.

Не разрешается эксплуатировать СКВ в случаях появления свищей, разрывов труб рециркуляционного и обработанного воздуха, неисправных ограждениях и кожухах воздухопроводов. При включении в действие вентилятора нужно следить за тем, чтобы не было стуков и шума, нехарактерных для его нормальной работы. При обнаружении ненормальных стуков и увеличении вибрации останавливают вентилятор, выявляют причины возникновения дефектов и устраняют их. Порядок выполнения и подробный перечень работ по ТО систем установлен фирменными инструкциями и Правилами технической эксплуатации.

---

1. На каком принципе основано действие холодильных агрегатов? 2. Для какой цели в схеме холодильных агрегатов включают терморегулирующие вентили? 3. Какие параметры работы агрегатов поддерживаются в заданных пределах автоматически? 4. Как классифицируются судо-

вые СКВ? 5. Каков принцип действия одно- и двухканальных СКВ? 6. Как действуют каютные кондиционеры? 7. Какие основные требования должны соблюдаться при техническом обслуживании холодильных агрегатов и систем кондиционирования воздуха?

---

# ПОНЯТИЕ ОБ ОРГАНИЗАЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ СУДОРЕМОНТА

## 31. НАЗНАЧЕНИЕ И ВИДЫ СУДОРЕМОНТА

**Общие сведения об износе деталей.** Энергия, расходуемая машинами и механизмами, затрачивается на совершение полезной работы и на преодоление сопротивления главным образом сил трения. Работа сил трения не только требует затраты энергии на их преодоление, но и разрушает (истирает) поверхности деталей, к которым приложены эти силы, а следовательно, и изменяет первоначальные (строительные) геометрические размеры деталей. Процесс разрушения и отделения материала с поверхности твердого тела при трении, проявляющийся в постепенном изменении размеров и (или) формы тела, принято называть *изнашиванием*. Изменение размеров, формы, массы или состояния поверхности детали вследствие разрушения (изнашивания) их поверхностного слоя при трении называют *износом*.

В значительной степени износ деталей зависит от химического состава и структуры материала, его механических свойств (твердости и прочности), состояния поверхностей сопряженных деталей, скорости их взаимного перемещения, нагрузки (давления), характера среды, разделяющей детали, т. е. сорта, качества, количества смазочного материала и других факторов. Одной из причин износа деталей является разрушение металлов и их сплавов коррозией, т. е. от химического и электрохимического воздействия окружающей среды. На износ деталей существенно влияют также и усталостные явления в деталях СЭУ, работающих в усло-

виях переменных нагрузок. Степень износа детали оценивают износостойкостью, т. е. числом тысяч часов работы, при которых износ детали достигает 1 мкм.

Изменение геометрических размеров деталей в процессе эксплуатации можно определить путем их измерения соответствующим измерительным инструментом. *Размеры* деталей, имеющих износ, при которых еще возможна их эксплуатация, называют *допускаемыми*, а размеры, при которых детали теряют запас прочности и образующиеся между ними зазоры исключают нормальные условия эксплуатации, — *предельными*. При предельном износе эксплуатация деталей не допускается. Такие детали ремонтируют, т. е. восстанавливают их размеры до первоначальных значений или заменяют новыми.

**Система плано-предупредительного ремонта.** Общие требования и принципы организации ремонта речных судов определяются правилами, утвержденными приказом министра речного флота РСФСР. В соответствии с ними речные суда подвергают плано-предупредительному (текущему, среднему, капитальному) и непланируемому (восстановительному, аварийному поддерживающему и гарантийному) ремонтам.

Объемы и периодичность проведения плано-предупредительного ремонта (ППР) судов устанавливают по научно обоснованным нормам износов, данным передового опыта работы судовых

экипажей и результатам систематического наблюдения за состоянием узлов и деталей СЭУ в процессе их эксплуатации.

Текущий ремонт производят ежегодно или один раз в два года. Его выполняют в межнавигационный (зимний) период. Такой ремонт должен быть завершен к открытию навигации. При текущем ремонте восстанавливают или заменяют новыми отдельные и быстроизнашивающиеся детали и производят в основном регулировочные работы силами судовых экипажей. Судоремонтные предприятия при текущем ремонте судна выполняют только те работы, для производства которых необходимо заводское оборудование. На судах с двухгодичной периодичностью между текущими ремонтами осенью и весной в тот год, когда текущий ремонт не производят, судовые экипажи и БПУ осуществляют осенне-весеннее техническое обслуживание флота. В этом случае стоимость технического обслуживания не должна превышать 60% стоимости текущего ремонта.

Основным видом ППР является средний ремонт. В зависимости от назначения, мощности и грузоподъемности судов средний ремонт судоремонтные предприятия выполняют через 4—6 лет. При хорошем техническом состоянии судна и его механизмов средний ремонт может проводиться и через более продолжительные сроки. В период среднего ремонта осуществляют: измерение и дефектацию всех деталей; расточку втулок цилиндров или их замену; проточку или замену поршней с поршневыми кольцами и пальцами; замену шатунных болтов и отдельных крышек цилиндров; переборку топливной аппаратуры и деталей газораспределения; перезаливку вкладышей шатунных и отдельных коренных подшипников; цен-

товку осей цилиндров и валопровода, а также другие операции, обеспечивающие работоспособность энергетической установки и сохранение ее эксплуатационно-технических качеств до следующего среднего (или капитального) ремонта. Так же как и текущий, средний ремонт судов выполняют в межнавигационный период. Он должен быть завершен к открытию навигации.

Капитальный ремонт судна проводят через 12—16 лет его эксплуатации после постройки. В зависимости от технического состояния судна и возможностей судоремонтных предприятий сроки выполнения капитального ремонта могут быть продлены по заключению специальной технической комиссии пароходства с участием представителей инспекции Речного Регистра РСФСР. Капитальный ремонт производят силами и средствами судоремонтных предприятий, причем затраты на него не должны превышать 40% строительной стоимости судна. При капитальном ремонте заменяют все изношенные детали, механизмы и оборудование энергетической установки, а также восстанавливают прочность корпуса судна с заменой металлических конструкций.

В период среднего и капитального ремонтов осматривают и ремонтируют подводную часть корпуса, для чего суда на тележках по наклонным рельсовым путям, опущенным в воду, поднимают на берег (слип) или вводят в док. При капитальном и среднем ремонтах, как правило, выполняют модернизацию и переоборудование (реконструкцию) судов. К модернизационным относят работы, проводимые для улучшения эксплуатационных качеств судов, их технико-экономических показателей, повышения производительности труда или культуры перевозок, защиты водоемов от загрязнения, изменения условий

труда, быта судовых экипажей и др. Модернизационные работы по улучшению условий труда и быта судовых экипажей могут выполняться также и при текущем ремонте. Переоборудование (реконструкцию) производят с целью частичной перестройки судна, например, при изменении его назначения, района плавания, типа энергетической установки.

Основным документом, определяющим объем, характер и стоимость ремонтных работ в каждом конкретном случае, является ремонтная ведомость, в которой приводят: перечень и краткое описание всех работ по ремонту судна с указанием их трудоемкости в часах по специальностям и разрядам рабочих; вид и количество потребных для ремонта материалов, их стоимость и общую стоимость всех ремонтных работ. Ремонтные ведомости на текущий и средний ремонты несерийных самоходных судов составляет отдельно по корпусу капитан (или его помощник), а по энергетической установке — механик судна. Объем и состав работ по текущему и среднему ремонтам для каждого типа серийных судов определяются Едиными ремонтными ведомостями, разработанными ЦПКБ Минречфлота РСФСР. Капитальный и восстановительный ремонты несерийных судов, а также модернизационные работы большого объема производят по отдельным сметам, а серийных судов — по единым типовым проектам и сметам.

Благодаря унификации (однотипности) механизмов, специализации и кооперированию судоремонтных предприятий стал возможным перевод в последнее время многих заводов, ремонтно-эксплуатационных баз (РЭБ) и мастерских на ремонт определенного типа серийных судов. Широкое распространение получили индустриальные методы ремонта судовых машин и меха-

низмов. При индустриальных (агрегатном и агрегатно-узловом) методах ремонта подлежащие ремонту дизели, механизмы и их отдельные узлы не разбирают на судне, а комплектно снимают и заменяют новыми или ранее отреставрированными однотипными агрегатами или узлами. Снятые с судна дефектные агрегаты и узлы ремонтируют в специализированных цехах предприятия. При использовании таких методов ремонта значительно сокращаются время пребывания судов на судоремонтных предприятиях и сроки ремонта, а также повышается качество ремонтных работ вследствие уменьшения доли ручного труда и внедрения на предприятиях специализированного оборудования по ремонту типовых агрегатов и узлов. На судах в этом случае выполняют главным образом демонтажные, монтажные и отделочные работы.

**Внеплановые виды ремонта.** Кроме плановых работ, как указывалось, суда могут подвергаться также восстановительному, аварийному, поддерживающему и гарантийному ремонтам, не входящим в систему ППР.

Восстановительный ремонт производят после повреждений судна, вызванных стихийным бедствием (ледоходом, паводком, пожаром, штормом и др.). В каждом случае восстановительный ремонт судна выполняет предприятие с разрешения Минречфлота РСФСР.

При аварийном ремонте устраняют повреждения судна и его элементов, полученные вследствие тех или иных аварийных происшествий.

Поддерживающий ремонт выполняют на судах, исключенных из системы ППР вследствие большого износа, но оставленных в рабочем составе флота. На таких судах, как правило, проводят необходимый минимум ре-

монтажных операций, обеспечивающих работоспособность судов в течение предстоящей навигации. Поддерживающий ремонт производят ряд лет до

вывода судна из эксплуатации. Гарантийный ремонт связан с устранением дефектов, вызванных некачественным выполнением судоремонта.

1. Что такое нормальный и предельный износ деталей судовых машин и механизмов? 2. В чем сущность системы планово-предупредительного ремонта судов? 3. Что понимают под модернизацией и переоборудованием (рекон-

струкцией) судов? 4. Какими документами определяются объем, характер и стоимость ремонтных работ? 5. Какие методы ремонта машин и механизмов относят к индустриальным? 6. Что понимают под внеплановыми видами ремонта?

## 32. МЕТОДЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И УПРОЧЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ СУДОВЫХ МЕХАНИЗМОВ

**Сварка и наплавка.** В судоремонте для восстановления изношенных деталей широко применяют сварку, наплавку, пайку, электрометаллизацию, склеивание и электролитическое наращивание. Наибольшее распространение получила электродуговая и газовая сварка. С помощью сварки соединяют отдельные части разрушенной детали, заваривают трещины, раковины, свищи, а также наплавляют слой металла на изношенную поверхность. Сварку выполняют таким образом, чтобы усадочные и тепловые напряжения в детали были сведены к минимуму. Поверхности, подвергающиеся наплавке, предварительно очищают до металлического блеска от следов коррозии, окалины и других дефектов.

Некоторыми технологическими особенностями характеризуется сварка чугуновых деталей. В отличие от стали чугун имеет низкие пластические свойства и относится к ограниченно свариваемым сплавам. Для сварки чугуна используют специальные электроды: медные с оболочкой из жести, хромоникелевые, чугуновые со специальной обмазкой и др. Для сварки чугуновых деталей их, как правило, предварительно нагревают до 60—70 °С.

Сварку легкоокисляющихся металлов и сплавов осуществляют в среде защитных газов. При ремонте стальных деталей толщиной до 3 мм и для деталей из чугуна и цветных металлов используют также и газовую сварку.

Для выполнения наплавочных работ большого объема деталь предварительно подогревают до определенной температуры в зависимости от содержания углерода в металле.

**Пайка и склеивание деталей.** При судоремонте пайку черных и цветных металлов выполняют мягкими и твердыми припоями. Последние представляют собой сплавы, проникающие в металл при их расплавлении. В качестве мягких припоев часто используют легкоплавкие оловянисто-свинцовые сплавы с температурой плавления 180—300 °С. Твердые припой имеют температуру плавления 700—1100 °С. В их состав входят медь, свинец, железо, цинк — это латунные припой или серебро, медь, цинк, свинец — это серебряные припой. Мягкие припой расплавляют обычно паяльником, а твердые — пламенем газовой горелки. Для пайки мягкими припоями в качестве флюса применяют травленую соляную кислоту (раствор цинка в концен-



трированной соляной кислоте) и нашатырь (хлористый аммоний), а при пайке медных изделий — канифоль (смолу хвойных деревьев).

При пайке твердыми припоями в качестве флюса используют буру (натриевую соль), борную кислоту и их смеси. Твердые припои обеспечивают прочное соединение деталей, выдерживают при нормальной температуре сильные удары и вибрации. Их применяют для пайки всех цветных и черных металлов, за исключением алюминия и его сплавов. Пайку алюминиевых деталей производят специальными алюминиевыми припоями. Для заделки трещин, свищей, пороков литья и склеивания деталей при судоремонте все более широкое распространение получает эпоксидный и другие составы. В жидком виде их используют для склеивания малонагруженных деталей из пластмасс, стекла и других материалов, а в тестообразном состоянии — для заделки трещин и раковин.

**Электрометаллизация и электролитическое наращивание деталей.** С помощью металлизации распыливанием восстанавливают изношенные шейки гребных и промежуточных валов, рабочие поверхности подшипников, наружную поверхность втулок цилиндров и других деталей. При металлизации на поверхность детали струей сжатого воздуха или инертного газа наносят расплавленный электрической дугой металл. Частицы расплавленного металла, двигаясь с большой скоростью из специального аппарата-металлизатора, ударяются о поверхность детали и сцепляются с ней. При таком способе восстановления можно получить качественные покрытия из различных материалов на поверхностях стальных, чугунных, бронзовых и других деталей. В последнее время с использованием порошков в качестве присадочного

материала на детали наносят покрытия толщиной от 0,05 до 5 мм с любыми заданными физико-химическими свойствами.

Для восстановления деталей электролитическим наращиванием через электролит, в который погружены деталь (катод) и пластина (анод) из металла, покрывающего деталь, пропускают электроток. Ионы (заряженные частицы) металла с анода переходят на катод и откладываются тонким слоем на поверхности ремонтируемой детали. Наращивание детали производится металлом, находящимся в электролите. В судоремонте рассмотренными способами детали хромируют, никелируют, цинкуют, осталивают и лудят (покрывают слоем олова).

**Повышение износостойкости деталей.** Чтобы повысить износостойкость, т. е. сопротивление трущихся изделий изнашиванию, их подвергают механическому упрочнению, термической и химико-термической (термодиффузионной) обработке. Механическое упрочнение деталей при ремонте осуществляют путем их пластического деформирования или дробеструйной обработки. В первом случае поверхность детали на токарных или специализированных станках обкатывают роликами или шариками из закаленной углеродистой или легированной стали. При дробеструйной обработке поверхность детали упрочняют чугунной или стальной дробью диаметром 0,5—1,5 мм. Упрочнение дробью рекомендуется, например, при обработке пружин, зубьев шестерен, лопастей гребного винта и других деталей для предохранения их от коррозионного разрушения.

Термическая обработка (например, закалка) деталей заключается в нагревании их до определенной температуры и быстром охлаждении водой или воздухом.

Сущность химико-термической обработки состоит в изменении химического состава и структуры поверхностного слоя металла вследствие насыщения его углеродом, азотом, серой и другими химическими элементами. Поверхностный слой деталей при этом приобретает повышенные твердость, износостойкость, коррозионную стойкость, жаростойкость и другие качества. Наиболее распространенными видами химико-термической обработки стали являются цементация, азотирование и сульфидирование. При цементации детали насыщаются углеродом, при азотировании — азотом, при цианировании — углеродом и азотом, при сульфидировании — серой.

**Понятие о системе постоянных ремонтных размеров.** Чтобы восстановить геометрическую форму и чистоту поверхностей, детали судовых механизмов при ремонте подвергают механической обработке. Новый размер детали, полученный в результате обработки изношенных поверхностей, называют *ремонтым*. При механической обработке с изношенной поверхности детали снимают минимальный слой металла, достаточный для восстановления ее

геометрической формы, или деталь обрабатывают до заранее установленных размеров. В первом случае ремонтный размер, например, канавок поршня для уплотнительных колец заранее неизвестен и определяется значением их износа. При механической обработке поршня по второму способу канавки протачивают под заранее установленный для данных дизелей, например первый, ремонтный размер. Под этот размер канавок заранее изготавливают сменные поршневые кольца. Систему, предусматривающую такой способ ремонта деталей, называют *системой постоянных ремонтных размеров*. При использовании данной системы ремонта обеспечивается взаимозаменяемость деталей. Сопряженные детали, достигшие предельного износа, в этом случае не выбраковывают, а восстанавливают для повторного использования под один из установленных ремонтных размеров: например, втулку растачивают (шлифуют) до определенного ремонтным размером диаметра, а палец (вал) наплавляют (металлизируют) и протачивают (шлифуют) для использования в сопрягаемой паре под соответствующий ремонтный размер втулки.

1. Какими способами на судоремонтных предприятиях восстанавливают изношенные детали? 2. Какие припои используют при пайке черных и цветных металлов? 3. Как осуществляют электрометаллизацию и электролитическое нара-

щивание деталей? 4. Что предпринимают для повышения износостойкости деталей? 5. Как обеспечивают взаимозаменяемость деталей при использовании системы постоянных ремонтных размеров?

### **33. ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА ПРИ РЕМОНТЕ СУДОВОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ**

При выполнении ремонтных работ в цехах предприятий, на открытых площадках и судах необходимо строго соблюдать правила безопасности труда. Приступая к разборке механизма, сле-

дует убедиться, что он отключен от источника энергии (тока, сжатого воздуха). Механизмы, оборудование, узлы и детали массой более 50 кг нужно поднимать и перемещать только с по-

мощью исправных грузоподъемных средств, не превышая установленной для них грузоподъемности. Детали, механизмы, оборудование, которые после отсоединения могут упасть, до окончания разборки надежно стопорят. Демонтированные или приготовленные для сборки детали механизмов следует устанавливать к бортам и переборкам в устойчивом положении так, чтобы при сотрясении они не могли перемещаться. Во время работы на верхних площадках машинных помещений необходимо соблюдать меры, исключающие возможность падения инструмента. Запрещается пользоваться неисправным инструментом. Доступ к рабочим местам и ремонтируемым механизмам должен быть свободен. Для выполнения работ, связанных с выделением пыли или вредных газов, следует пользоваться респираторами, противогазами, очками и другими средствами индивидуальной защиты. Для обеспечения пожарной безопасности запрещается: производить газосварочные работы без специального письменного разрешения ВОХР; работать с открытым пламенем, курить и хранить легковоспламеняющиеся вещества в машинном помещении. Для освещения рабочих мест надо пользоваться переносными лампами напряжением 12 В. Лампы должны быть закрыты стеклянным колпаком и защищены металлической сеткой. Запрещается прокладывать временные электрические кабели в проходах и по трапам. Не разрешается выполнять электросварочные работы на закрытых сосудах, находящихся под давлением (котлах, воздушных резервуарах, трубопроводах), а также вблизи легковоспламеняющихся или огнеопасных материалов. До начала электросварочных работ внутри и снаружи топливных и масляных цистерн, резервуаров для хранения нефтепродуктов, легко-

воспламеняющихся жидкостей и других горючих материалов их тщательно зачищают (пропаривают), промывают горячей водой или каустической содой и просушивают.

Все ремонтные работы паровых и водогрейных котлов выполняют под непосредственным руководством механика или лица, его замещающего. До проведения испытаний механизмов проверяют крепление ограждений движущихся частей. Запрещается выполнять какие-либо работы на трубопроводах, находящихся под давлением. Поршни из цилиндров следует вынимать с помощью кран-балок или талей. Отсоединять шатун от вала или поршня следует только после установки на донышко поршня рымов и зацепления за них крюка талей. От подъемной цепи талей поршень освобождают только после сцепления его с шатуном, а шатуна — с коленчатым валом. При выпрессовке поршневых пальцев вручную поршни следует укладывать в специальные кондукторы и закреплять.

Особые меры предосторожности надо соблюдать при выравнивании уплотняющих водяные полости колец в момент запрессовки втулок цилиндров. Для проверки совпадения болтовых отверстий при соединении валопровода необходимо использовать оправки — ломики. Запрещается проверять совпадение отверстий пальцами руки. Во время укладки валов в подшипники особое внимание обращают на то, чтобы руки не оказались зажатыми между валом и подшипником или насаженными на вал зубчатыми шестернями или шкивами. Запрещается входить в незачищенные и недегазированные цистерны с содержанием в воздухе паров углеводородов более установленной нормы 300 мг/м<sup>3</sup>.

Ремонтные работы в танках, коффердамах, насосных отделениях и вбли-

зи них с применением открытого огня допускается выполнять только после полного удаления остатков нефтепродуктов, тщательной зачистки и дегазации.

Работы с использованием лакокрасочных и других материалов, содержащих токсичные и взрывоопасные вещества, в помещениях судов должны выполнять два человека. Удалять нитролаковые, щелочные и другие покрытия, а также обезжиривать поверхности растворителями и наносить лакокрасочные материалы, опасные в пожарном отношении, следует при естественном освещении, причем судовую электросеть в районе производства работ обесточивают. Трубы, расположенные на высоте более 1,5 м, запрещается демонтировать и монтировать

без надежных лесов. Также запрещается оставлять трубы и арматуру на лесах, переходных площадках или загромождать ими входы, выходы, трапы и т. п.

Не рекомендуется во время испытаний находиться против фланцевых и других соединений трубопроводов. Все клапаны и краны нужно открывать плавно и медленно, чтобы избежать гидравлических ударов.

Участки, где выполняют работы с ядовитыми веществами (травление деталей, электролитическое наращивание, термическая обработка), оборудуют приточно-вытяжной вентиляцией. Аппараты, которые выделяют в рабочую зону ядовитые вещества, должны иметь специальные отсасывающие эти вещества устройства.

---

1. На что следует обращать особое внимание при демонтаже и сборке машин и механизмов? 2. Какие меры безопасности следует соблюдать при подъеме и перемещении деталей массой более 50 кг? 3. Что необходимо предпринять перед проведением электросварочных

работ в топливных и масляных цистернах? 4. Какие требования правил безопасности должны быть соблюдены при гидравлических испытаниях судовых систем, при работах с использованием лакокрасочных покрытий и ядовитых веществ?

---

## РЕМОНТ ОСНОВНЫХ ДЕТАЛЕЙ ДИЗЕЛЕЙ

### 34. ПОДГОТОВКА ДИЗЕЛЕЙ К РЕМОНТУ

**Разборка дизеля.** Качество ремонта СЭУ во многом зависит от соблюдения последовательности разборки их на узлы и детали. В зависимости от объема ремонтных работ машины и механизмы разбирают частично или полностью. Перед разборкой проверяют наличие необходимых инструмента и приспособлений; устраивают стеллажи для укладки снимаемых деталей и механизмов в помещениях, где их должны хранить; подготавливают и проверяют подъемно-транспортные средства; оборудуют места разборки переносными лампами и другими источниками освещения; заготавливают бирки для снимаемых с дизелей деталей, заглушки и т. п.

При разборке деталей, для разъединения которых требуются большие усилия, удары по поверхности этих деталей следует наносить через свинцовые или медные выколотки. Если на соединительных деталях отсутствуют контрольные метки, определяющие взаимное расположение деталей, при снятии последних нужно нанести метки с помощью специальных клейм. Последовательность разборки дизеля обычно указывается заводом-изготовителем.

Во время подготовки дизеля к текущему ремонту, например, достаточно снять с него КИП, арматуру, трубопроводы масла, воды, топлива и воздуха, крышки цилиндров (головки блока) и отдельные детали, требующие ремонта. В первую очередь снимают ограждения, кожуха, щитки, крышки и такие детали и узлы, которые мешают даль-

нейшей разборке. Прежде чем приступить непосредственно к разборке, необходимо удалить воду из системы охлаждения, слить топливо и масло из соответствующих цистерн, тщательно протереть дизель.

Для подготовки дизеля к среднему ремонту, кроме операций, выполняемых перед текущим ремонтом, разбирают клапанный привод, разъединяют навесные механизмы, вскрывают цилиндры и вынимают из них поршни.

При капитальном ремонте дизель обычно разбирают на судне по узлам. Отдельные конструктивные узлы дизеля (поршень с кольцами и шатуном, крышку цилиндра в сборе, распределительный вал, шестерни и др.) доставляют в цех, где их окончательно разбирают, ремонтируют и вновь собирают в узлы. Все снятые с дизеля узлы и детали тщательно очищают, обезжиривают и промывают керосином или в специализированных камерах моечных установок раствором кальцинированной соды. Для обезжиривания деталей в растворе соды добавляют водный раствор мыла. С поверхностей деталей удаляют накипь и очищают их от коррозии посредством специальных шаберов и металлических щеток. Детали с большим слоем накипи погружают в подогретый до 30—40 °С щелочной раствор. После размягчения накипи в щелочном растворе ее смывают с детали струей холодной воды. Для очистки деталей от следов коррозии их погружают в водный раствор технической серной кислоты, выдержи-

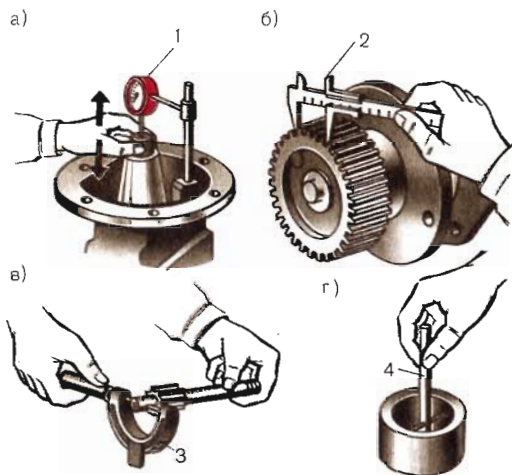


Рис. 155. Определение основных размеров деталей

вают в нем в течение 1—4 ч, после чего промывают в щелочном растворе.

Перед разборкой дизелей и в процессе ее для облегчения последующей сборки необходимо проверить и записать в формуляр: зазоры в подшипниках, механизме газораспределения, зубчатых передачах, между роликами

толкателей топливных насосов и кулачками; положения фланцев в соединениях коленчатого, упорного, промежуточного и гребного валов (при снятых болтах) и другие основные кинематические положения сопряженных деталей.

**Дефектация деталей.** Одновременно с разборкой, чисткой и мойкой деталей выявляют их дефекты (производят дефектацию), тщательно осматривают все рабочие и нерабочие поверхности для обнаружения трещин, обгораний, прогибов, поломок, задиров, износов. Затем для определения отклонения от круглости, конусности, нарушений параллельности сторон и других дефектов детали обмеряют с помощью индикаторов 1 (рис. 155, а), штангенциркулей 2 (рис. 155, б), микрометров 3 (рис. 155, в), нутромеров 4 (рис. 155, г) и другим специальным измерительным инструментом.

Инструментальные методы контроля сводятся к внешнему осмотру деталей посредством лупы многократного увеличения, измерению их специальными измерительными инструментами, гидравлическому испытанию трубопроводов, крышек цилиндров, цистерн, баллонов, паровых котлов и других деталей и механизмов, работающих под давлением. Однако с помощью инструментальных методов контроля нельзя определить место и размер внутренних дефектов детали. Последние можно обнаружить только при использовании различных неразрушающих (физических) методов дефектоскопии: мелокеросиновых проб, рентгено- и гаммографирования, ультразвуковых, магнитных и других дефектоскопов.

Поверхностные (неглубокие) трещины в деталях обнаруживают методом контроля с помощью мелокеросиновой пробы. Сущность этого метода заключается в следующем: обследуемую

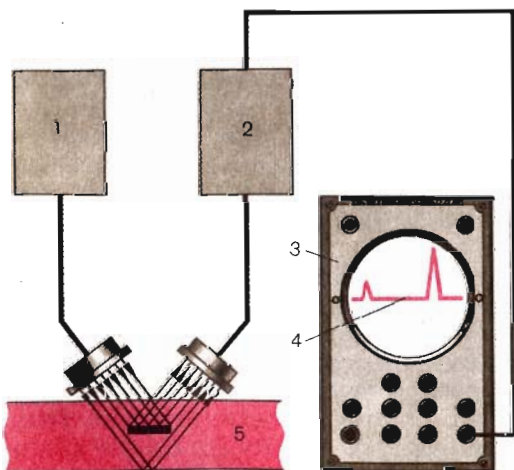


Рис. 156. Схема ультразвукового дефектоскопа

часть детали смачивают керосином и насухо протирают или просушивают струей воздуха. Керосин, обладая хорошей смачиваемостью, легко проникает в трещины поверхностного слоя детали. Затем контролируемую поверхность покрывают водным раствором мела, который впитывает керосин. По выступлению керосина в слое мела судят о размерах трещины.

Внутренние дефекты в ответственных деталях судовых механизмов (валах, шатунах, поршнях и др.) находят посредством специальных рентгено- и ультразвуковых дефектоскопов. При просвечивании изделий рентгеновскими лучами или лучами радиоактивных элементов внутренние дефекты в виде раковин, трещин, шлаковых или газовых включений выделяются на фотопленке как более темные пятна.

Ультразвуковые дефектоскопы производят звуки очень большой частоты (16—20 кГц). От генератора импульсов 1 прибора (рис. 156) ультразвук направляется на исследуемую деталь 5 и, отражаясь от нее, улавливается приемником 2. При отсутствии дефектов ультразвук распространяется в детали с постоянной скоростью и на экране прибора 3 прочерчивается прямая световая линия. Если же в детали окажутся трещины, пустоты или какие-

либо другие дефекты, ультразвук проходит через них и отражается с другой скоростью. На экране прибора в данном случае вместо прямой линии появляются всплески (пики) 4. Прибор имеет устройство для отсчета времени от начала подачи ультразвуковых колебаний до момента их возвращения. Благодаря этому можно установить глубину расположения дефекта. В отличие от рентгеноскопа с помощью ультразвукового прибора нельзя определить форму и размеры дефекта.

Магнитную дефектоскопию применяют для выявления в основном поверхностных пороков стальных и чугунных деталей. При проверке магнитным дефектоскопом, например, коленчатого вала его укладывают на специальные опоры, подключают к электрогенератору и насыпают магнитным железным порошком или поливают из специального пистолета магнитной суспензией. Порошок будет концентрироваться вдоль трещин по поверхности шейки вала. Детали из цветных металлов и пластмасс для определения поверхностных дефектов обмазывают флуоресцирующими составами, светящимися на дефектных участках при освещении их ультрафиолетовыми лучами. В судоремонте используют и другие методы дефектоскопии.

1. Какие операции выполняют при подготовке дизелей к текущему и среднему ремонтам?  
2. Как производят очистку и мойку деталей?

3. Какими методами осуществляют дефектацию деталей СЭУ? 4. Зачем при разборке дизеля обмеряют детали?

## 35. РЕМОНТ ОСНОВНЫХ ДЕТАЛЕЙ ДИЗЕЛЯ

**Фундаментные рамы.** Основными видами износа и повреждений рам могут быть: местные выработки (наклеп) верхней опорной поверхности; деформация (коробление) этой поверхности

на отдельных участках или по всей длине; нарушение правильной геометрической формы гнезд коренных подшипников; срыв резьбы под шпильки крепления крышек подшипников. В дни-

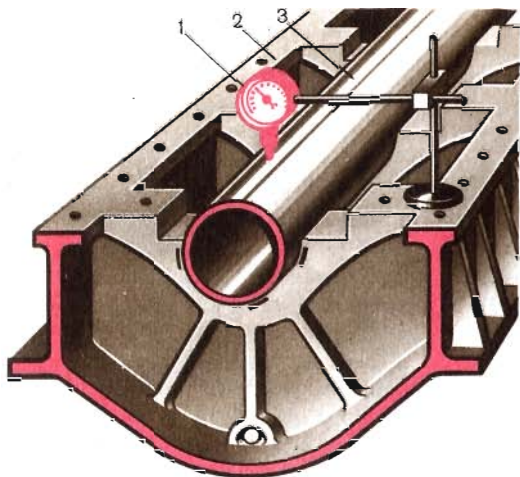


Рис. 157. Проверка соосности гнезд подшипников

щам рам возможны трещины, которые могут вызвать потерю ее герметичности. Иногда трещины возникают на ребрах жесткости, в местах соединения поперечных перегородок с продольными стенками рам, у отверстий в лапах, которыми раму крепят к фундаменту.

Верхняя плоскость рамы является основной базой при сборке неподвижных деталей дизеля, поэтому она не должна иметь деформаций и выработок. Коробление плоскости рамы допускается не более 0,03 мм на 1 м длины, а местные выработки по глубине не должны превышать 0,2 мм. Деформацию плоскости рамы и выработку на ней определяют с помощью линейки и щупа. Длина линейки должна быть не менее 3 м, если длина рамы более 3 м. Линейку устанавливают на плоскость рамы в продольном, поперечном и диагональном направлениях. Если в этом случае между линейкой и опорной плоскостью рамы образуется зазор, его значение определяют с помощью пластинок щупа.

Цилиндрическая поверхность гнезд коренных подшипников должна иметь

правильную геометрическую форму, а оси всех гнезд подшипников располагаться на прямой линии, параллельной верхней плоскости рамы. Отклонение от параллельности не должно превышать 0,1 мм на всю длину рамы, а смещение осей соседних гнезд подшипников — 0,01 мм. Цилиндрические поверхности гнезд подшипников проверяют с помощью контрольного вала, представляющего цельную или составную трубу 3 (рис. 157), наружные шейки которой обрабатывают с погрешностью до  $\pm (0,01 \div 0,02)$  мм. Для определения правильности цилиндрической поверхности вал укладывают в гнезда подшипников и измеряют зазоры щупом в трех точках по окружности гнезда. Зазор между шейкой вала и поверхностью гнезда не должен превышать 0,03 мм. Параллельность осей гнезд подшипников верхней плоскости рамы определяют с помощью индикатора 1, устанавливаемого на плоскость рамы 2 с обоих концов контрольного вала. Разность измерений не должна превышать 0,1 мм.

Прямолинейность верхней опорной поверхности рамы обеспечивают обработкой ее на фрезерном или продольно-строгальном станке в цехе предприятия или шлифованием на месте при использовании специального переносного станка, размещаемого на раме. Небольшое коробление плоскости рамы устраняют опилованием и шабрением ее вручную.

Геометрическую форму гнезд рамовых подшипников восстанавливают путем одновременной расточки их на один ремонтный размер на специальном расточном станке. Резьбу для шпилек исправляют калиброванным метчиком. Если резьба сильно смята и имеется срыв ниток, старую нарезку рассверливают, отверстие для шпилек развертывают и нарезают резьбу следую-



шего ремонтного размера. Шпильки в этом случае заменяют новыми.

Трещины в рамах определяют с помощью лупы многократного увеличения. Трещины устраняют обычно на участках, не влияющих на общую прочность рамы. В большинстве случаев трещины заделывают электродуговой сваркой без подогрева по технологии, согласованной с инспекцией Речного Регистра РСФСР. Трещины в чугунных рамах заваривают с помощью специальных чугунных или стальных электродов со стабилизирующей обмазкой. В последнем случае концы трещины засверливают, дефектный участок разделяют на угол  $80-90^\circ$  и в шов вводят дополнительные связи в виде стальных шпилек. Шпильки ввертывают в нарезанные в шахматном порядке отверстия по всей длине шва и обваривают. Выступающие концы шпилек при сварке оплавляются, благодаря чему повышается прочность шва. Перед заполнением трещины эпоксидным составом ее разделяют, как и под сварку, обезжиривают ацетоном или бензином и подогревают дефектный участок электролампами до  $40-50^\circ\text{C}$ .

Герметичность рамы после заделки трещин электросваркой или эпоксидным составом проверяют с помощью мела и керосина или наливом в нее воды с температурой не ниже  $10^\circ\text{C}$  до гнезд коренных подшипников. Течь и отпотевание в дефектных участках при испытании продолжительностью более 1 ч не допускается.

Дефекты фундаментной рамы устраняют в такой последовательности: заделывают трещины, проверяют герметичность швов, исправляют резьбу для шпилек, обрабатывают верхнюю плоскость рамы, растачивают гнезда коренных подшипников и окрашивают внутренние полости влаго- и маслостойкой

краской. Разумеется, все перечисленные операции выполняют только в том случае, если необходимость в них установлена при дефектации.

**Блок-картер и втулки цилиндров.** Основными дефектами блок-картера являются: коррозионное разрушение посадочных поясов, фиксирующих положение втулок цилиндров; местная выработка на нижней опорной поверхности в районе отверстий для анкерных связей; коррозионное разрушение стенок в полостях охлаждения; трещины преимущественно в верхней части; смятие или срыв резьбы в отверстиях для шпилек.

Нижняя опорная плоскость блок-картера, по которой его соединяют с фундаментной рамой, является основной сборочной базой. Строго перпендикулярно к этой плоскости растачивают посадочные пояса, центрирующие положение втулок цилиндров. К точности геометрической формы нижней опорной плоскости блок-картеров и их посадочных поясов предъявляются высокие требования. Местные выработки на плоскости блок-картера, как и у фундаментной рамы, не должны превышать  $0,2\text{ мм}$ , а коробление — не более  $0,03\text{ мм}$  на  $1\text{ м}$  длины. Отклонение от перпендикулярности ее к оси посадочных поясов допускается не более  $0,1\text{ мм}$  на  $1\text{ м}$  длины блока. Коробление нижней опорной поверхности блока выявляют предварительно при разборке дизеля путем измерения щупом зазоров между фундаментной рамой и блоком по всему периметру их соединения снаружи и внутри. Плоскость дефектуют окончательно при снятии блока с помощью линейки и щупа так же, как и при дефектации опорной поверхности рамы.

Коробление и неперпендикулярность осей блока устраняют обработкой поверхности на строгальном или фрезер-

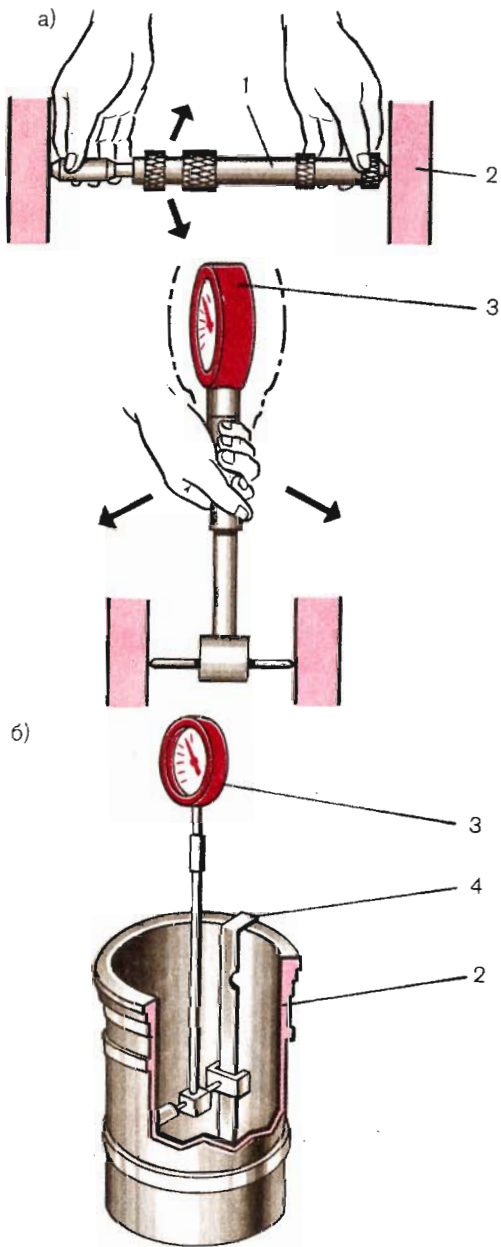


Рис. 158. Измерение диаметра втулки цилиндра

ном станке и расточкой посадочных поясов на специальных станках.

Смятую резьбу в отверстиях для шпилек исправляют калиброванным метчиком или нарезают вновь под следующий ремонтный размер.

О коррозионном разрушении стенок блока судят по его внешнему виду. Стенки полостей охлаждения при коррозионном разбедании тщательно очищают от ржавчины до чистого металла, обезжиривают, просушивают и покрывают эпоксидным составом.

Трещины в верхней части блок-картера возникают, как правило, от несоответствия монтажных зазоров в верхнем посадочном поясе между втулкой цилиндра и блоком установленным нормам, когда втулка при нагревании расширяется и «распирает» блок. Трещины появляются также вследствие недостаточной жесткости блока и неравномерной затяжки шпилек крепления блока с крышками цилиндров. Трещины устраняют электродуговой сваркой или эпоксидным составом, как и при ремонте фундаментной рамы. В верхнем посадочном поясе блок-картера трещины устраняют растачиванием его и установкой между блоком и втулкой специального кольца, которое запрессовывают в блок-картер или крепят в нем эпоксидным составом.

При разрушении коррозией посадочных поясов их протачивают под следующий ремонтный размер или наплавляют и растачивают под номинальный размер. Пояса растачивают в цехе предприятия на расточных станках или непосредственно на судне с помощью переносного расточного станка. Блок-картер ремонтируют по специально разработанной технологии, согласованной с инспекцией Речного Регистра РСФСР. После устранения дефектов блок-картер подвергают гид-

равлическому испытанию для проверки герметичности полостей охлаждения.

Втулки цилиндров в процессе эксплуатации изнашиваются вследствие трения поршневых колец об их рабочую поверхность. Неравномерный износ поверхности втулок по окружности и высоте приводит к образованию отклонения от круглости и конусности. Отклонение от круглости возникает от того, что рабочая поверхность втулки в наибольшей степени изнашивается в плоскости движения шатуна. Конусность образуется от неравномерного истирания втулок по высоте. Обычно наибольший износ втулок наблюдается в верхней части. К характерным видам дефектов втулок относят задиры и царапины на их рабочей поверхности, трещины и коррозионное разъедание со стороны полостей охлаждения.

Для установления износа рабочей поверхности втулок цилиндров диаметр их измеряют в нескольких положениях (поясах) по высоте и в двух взаимно перпендикулярных направлениях (по оси коленчатого вала и в плоскости движения шатуна). Диаметр втулки 2 (рис. 158, а) определяют с помощью микрометрического штихмаса 1 (стержня с изменяющейся длиной) или индикатором 3. Чтобы проводить измерения каждый раз в одних и тех же местах втулки 2 (рис. 158, б), применяют установочный шаблон 4 в виде Г-образной планки, в которой есть вырезы для шести поясов измерений по высоте втулки. Первый (верхний) пояс измерения находится на уровне верхнего поршневого кольца при положении поршня в ВМТ. Нижний (шестой) пояс должен быть расположен на расстоянии 50 мм от нижней кромки втулки. При измерении шаблон устанавливают вдоль образующей втулки и неподвижный конец микроштихмаса или индикатора помещают в его вырез.

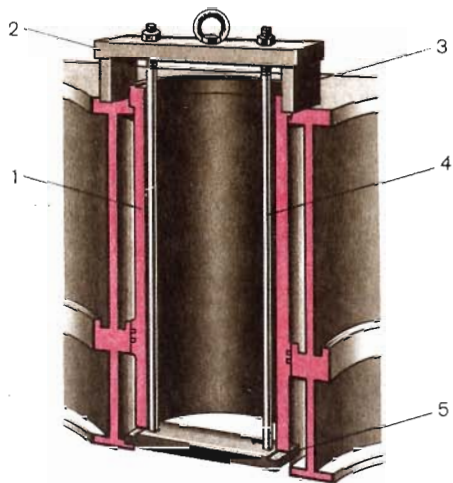


Рис. 159. Приспособления для демонтажа втулки цилиндра

Место расположения шаблона фиксируют риской на фланце цилиндра. Данные измерений записывают в специальную таблицу и сравнивают их с первоначальными, определяют эллиптичность и конусность втулки, после чего принимают решение о возможности ее дальнейшей эксплуатации. Предельно допустимое отклонение от круглости втулок равно  $0,0028D$ , а предельная конусность —  $(0,010 \div 0,0075)D$ , где  $D$  — номинальный диаметр втулки.

Эллиптичность и конусность втулок устраняют расточкой, которую можно выполнять на судне с помощью переносного расточного станка и в цехе предприятия. В последнем случае втулку 1 (рис. 159) из блока цилиндров выпрессовывают с помощью приспособления, состоящего из двух траверс 5, 2, стержней 4 с гайками и опор 3.

Если втулки растачивают, то для сохранения радиального зазора между ними и поршнями последние заменяют. Чтобы не заменять поршней, в последнее время судоремонтные предприятия

тия восстанавливают размеры втулок до номинальных путем электролитического хромирования, осталивания и газотермического напыления. Задиры и царапины на рабочей поверхности втулок глубиной менее 0,5 мм устраняют зачисткой их острых кромок с помощью переносного шлифовального круга. У малооборотных дизелей одиночные коррозионные раковины на наружной поверхности глубиной до 0,2 толщины стенки втулки при числе их не более пяти зачищают и покрывают краской; при глубине коррозионных раковин от 0,2 до 0,5 толщины стенки и числе их более пяти раковины после зачистки запаивают латунию. В большинстве случаев для предохранения от коррозии и при коррозионных разъеданиях поверхности втулок зачищают и покрывают эпоксидным составом с последующим нанесением на них слоя антикоррозионного состава.

**Крышки цилиндров.** Основными дефектами крышек являются обгорание огневого днища при воздействии на него газов высокого давления и высокой температуры, коррозионное разъедание (со стороны полости охлаждения) и трещины.

Степень обгорания крышек проверяют по шаблону. При значительном обгорании их заменяют новыми. В случае частичного обгорания поверхность днища крышки зачищают до чистого металла, заправляют электродуговой сваркой и обрабатывают на станке до требуемых размеров. Стенки крышки со стороны полости охлаждения очищают от слоя накипи подогретым до 60—80 °С водным раствором каустической соды или соляной кислоты. Под действием соды или кислоты накипь на стенках крышки размягчается, затем ее удаляют струей холодной воды, прокачиваемой через полости охлаждения насосом. Трещины в крышках заваривают, а в

большинстве случаев крышки с трещинами заменяют новыми. Посадочные пояса клапанных гнезд в крышке притирают с помощью специального приспособления (рис. 160, а). Для этого на поверхность клапана 1 наносят тонкий слой притирочной пасты и коловоротом 2 вращают его в разные стороны в гнезде 3 крышки. После притирки клапан и гнездо тщательно очищают. При значительном износе и обгорании клапанных гнезд их обрабатывают шарошками, фрезами или на расточном станке. Направляющие втулки 4 клапанов (рис. 160, б) при достижении предельного износа заменяют новыми. Дефектные резьбы под шпильки калибруют или рассверливают под резьбу следующего по государственному стандарту диаметра.

После ремонта крышки подвергают гидравлическому испытанию со стороны полости охлаждения под давлением 0,4—0,5 МПа, а со стороны огневого днища — под давлением 1,5 рабочего давления газов.

**Поршни.** Основными дефектами поршней являются: обгорание днища в результате длительного соприкосновения с газами, неправильного монтажа форсунки и нарушений распыливания топлива; изменение геометрических размеров тронковой части вследствие истирания; выработка канавок для поршневых колец; истирание стенок в бобышках для поршневых пальцев; задиры и трещины.

Степень обгорания поршней определяют по шаблону. Обгоревшие места днища поршня после тщательной очистки наплавляют специальными чугунами или стальными электродами в зависимости от материала поршня. В подобных случаях поршни из алюминиевых сплавов заменяют.

При изнашивании поршня увеличивается зазор между ним и втулкой

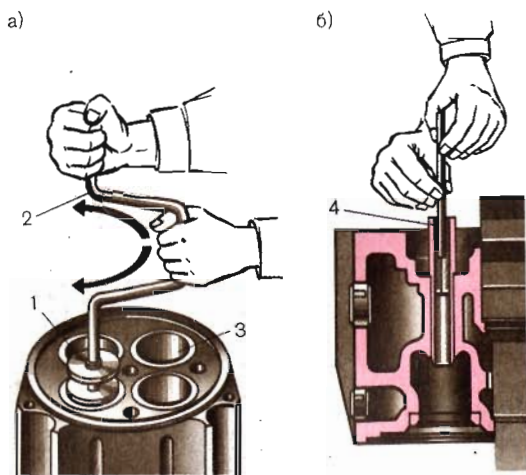


Рис. 160. Приспособление для ремонта крышек цилиндра

цилиндра. Зазоры между головкой поршня и втулкой измеряют щупом в плоскости оси коленчатого вала и перпендикулярно ей, когда поршень находится в ВМТ и в среднем положении. Для проведения дефектации поршни вынимают из цилиндров и микрометрической скобой измеряют их диаметры в двух взаимно перпендикулярных направлениях по трем поясам: выше первого поршневого кольца; между верхней кромкой отверстий в бобышках и ближайшим к нему поршневым кольцом; у нижней кромки тронка поршня.

Во время ремонта поршней конусность и отклонение от круглости устраняют проточкой и шлифованием их до ремонтного размера. Кольца снимают с поршня и надевают на него специальными клещами 3 (рис. 161, б) с ограничителем их развода, так как при чрезмерном разведении концов кольца может произойти снижение его упругих свойств. При отсутствии клещей кольца снимают и устанавливают при помощи трех стальных пластин 1 (рис. 161, а)

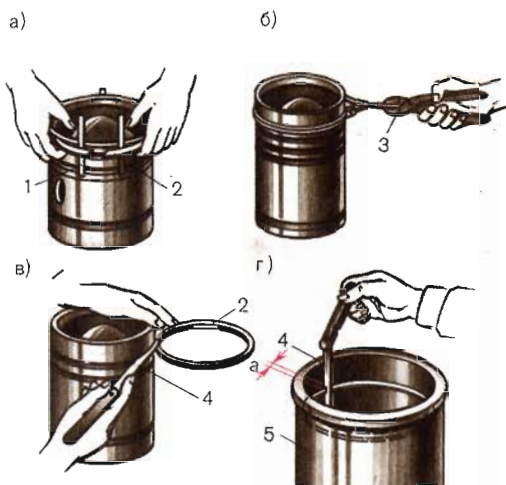


Рис. 161. Дефектация поршневых колец

толщиной 0,5—1 мм и шириной 15—20 мм. Пластины 1 заводят между кольцом 2 и поршнем так, что две из них находятся у стыка кольца, а третья — с противоположной стороны. Износ опорных поверхностей канавок для поршневых колец определяют щупом 4 (рис. 161, в), пластинки которого вставляют между торцовыми поверхностями поршневых колец и опорными поверхностями канавок.

2) Высоту поршневых колец измеряют в четырех местах по окружности, из которых два измерения выполняют при одинаковых расстояниях с обеих сторон от замка. 3) Зазор по высоте между поршневым кольцом и канавкой определяют при перекачивании кольца по канавке поршня. При нормальном зазоре пластинка щупа толщиной 0,03 мм может проходить не более чем на  $\frac{1}{3}$  длины окружности канавки. Хорошо подогнанное по канавке кольцо, надетое на поршень, должно свободно проворачиваться. 4) Зазор *a* (рис. 161, г) в замке кольца измеряют пластинкой 4 щупа при положении снятого с порш-

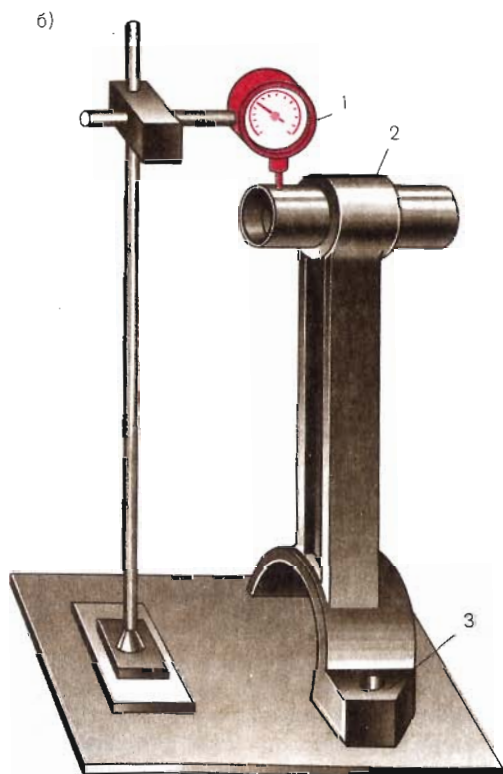
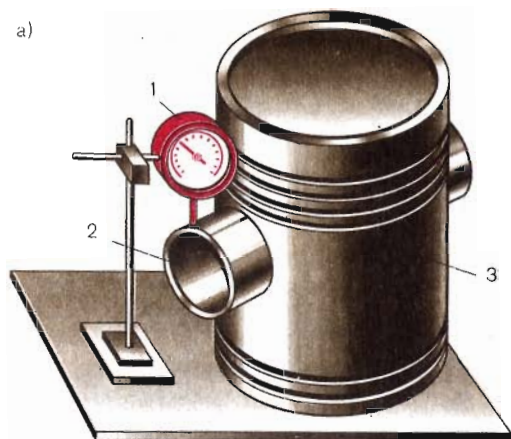


Рис. 162. Проверка параллельности:

а — оси пальца базовой поверхности поршня;  
 б — оси верхней головки плоскости пятки шатуна

ня кольца в наименее изношенной части втулки 5 цилиндра (обычно на расстоянии 50 мм от нижней кромки втулки).

Поршневые кольца при поломке, предельном износе по высоте или радиальной толщине, потере упругих качеств, увеличении теплового зазора в рабочем положении заменяют новыми. Изношенные поверхности канавок для поршневых колец обычно растачивают до ремонтного размера. При растачивании канавок следует обращать внимание на толщину перемычек между канавками, которые после ремонта поршня должны составлять не менее  $0,02D$  цилиндра. Царапины, риски и неглубокие задиры поршней устраняют шлифованием.

При большом износе бобышек поршня отверстия для пальца и канавки для стопорных колец растачивают до ремонтного размера. Поршневой палец и стопорные кольца в этом случае заменяют новыми. Поршень 3 (рис. 162, а) с расточенными бобышками устанавливают на плиту и индикатором 1 проверяют параллельность оси пальца 2 базовой поверхности поршня.

**Шатуны.** Основными дефектами шатунов при нормальных условиях эксплуатации дизеля являются: износ втулок верхних и вкладышей нижних головок, а также коробление опорной поверхности пятки (плоскости стыков разъема нижней головки шатуна). Состояние цилиндрических поверхностей головок шатунов определяют измерением их внутренних диаметров с помощью индикатора или микрометрического штихмаса. Изношенные втулки верхних головок шатуна заменяют, а вкладыши подшипников нижних головок восстанавливают наплавкой баббитом или перезаливают.

Коробление опорной поверхности пятки шатуна и стыка подшипников

проверяют щупом по поверочной плите. Чтобы устранить коробление поверхности пятки шатуна, ее шабруют, проверяя состояние плоскости линейкой, щупом или плитой по краске. Распределение краски на пришабренной поверхности должно быть не менее 12—13 пятен на квадрате  $25 \times 25$  мм. Пластика щупа толщиной 0,02 мм не должна проходить между плитой и поверхностью пятки. Опорная поверхность пятки шатуна должна быть параллельна оси отверстия верхней головки и перпендикулярна оси шатуна. Параллельность оси верхней головки 2 (рис. 162, б) плоскости пятки 3 шатуна проверяют индикатором 1. Отклонение от параллельности должно быть не более 0,15 мм на 1 м длины.

При качественном ремонте шатун можно без дополнительной подгонки собирать с любым поршнем. Для обеспечения взаимозаменяемости после ремонта шатуна оси верхней и нижней головок его должны быть параллельны, перпендикулярны оси стержня и находиться в одной плоскости. Чтобы проверить параллельность осей,

шатун 3 (рис. 163) с вставленными в его головки валиками 1 и 6 укладывают на призмы 2 и домкрат 8. Параллельность валиков плитой 4 определяют по индикаторам 5 и 7. Отклонение от параллельности допускается: на пересечение осей (по индикатору 7) до 0,02 мм на 1 м длины, на скручивание осей (по индикатору 5) 0,3—0,5 мм на 1 м длины.

По техническим условиям продолжительность работы шатунных болтов для дизелей ориентировочно составляет 12—15 тыс. ч, после чего их независимо от технического состояния заменяют. При наличии трещин, волосовин, надрывов и срывов резьбы шатунные болты заменяют новыми и ранее указанного срока. В отверстие головки шатуна болты должны входить туго под действием легких ударов свинцового молотка массой 3—5 кг. Правильность прилегания опорной поверхности головки болта и гайки к соответствующим плоскостям шатуна контролируют щупом. При удовлетворительном прилегании поверхностей пластина щупа толщиной 0,04 мм не

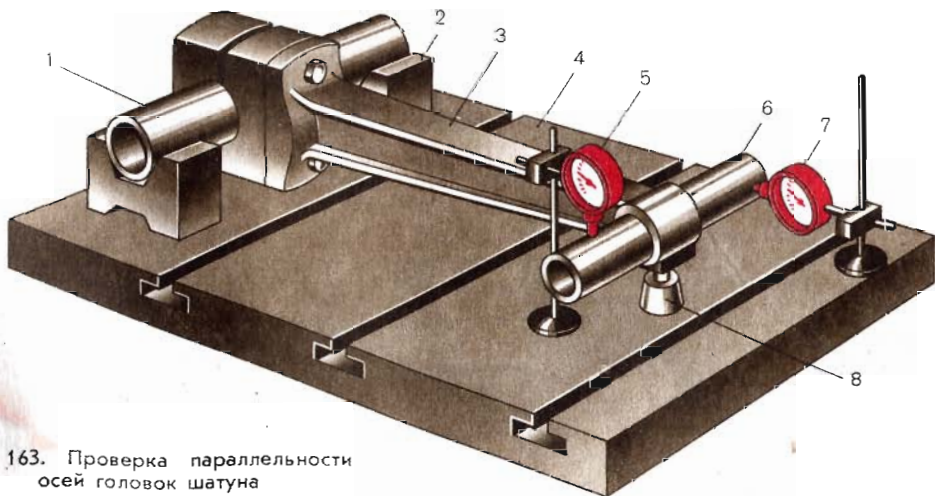


Рис. 163. Проверка параллельности осей головок шатуна

должна проходить в сопряжение плоскостей. В противном случае опорные поверхности шатуна пришабривают.

**Коленчатый вал.** В результате изменяющегося давления газов на поршень шейки коленчатых валов изнашиваются неравномерно по длине и по окружности, утрачивают правильную геометрическую форму и приобретают отклонение от круглости и конусность. Кроме изнашивания шеек от трения, в коленчатых валах встречаются задиры, царапины, наработки, изгибы, трещины, разработка отверстий для соединительных болтов, поломки шеек или шеек.

Отклонение от круглости и конусность шатунных (рис. 164) и коренных 1, 2 шеек вала определяют измерением их с погрешностью 0,01 мм микрометрическими скобами 3 по трем поясам (I, II, III), расположенным на  $\frac{1}{4}$  длины шейки от ее середины, в двух взаимно перпендикулярных направлениях AA и BB. При измерении шатунных шеек первое направление принимают по большей оси щеки кривошипа, второе — под прямым углом к первому. В одном поясе основное направление измерений выбирают по большей оси ближайшей щеки, в другом — по большей оси следующей щеки.

При разобранном кривошипно-шатунном механизме измерение шатунных

шеек не вызывает особых затруднений. Наиболее сложным является определение диаметра коренных шеек. Для этого часто необходим подъем коленчатого вала. При толстостенных вкладышах коренных подшипников измерение шеек выполняют и без подъема коленчатого вала 1 (рис. 165, а) микрометрической скобой 2 или специальным приспособлением (рис. 165, б), состоящим из двух губок 3, жестко соединенных винтами 5, один из которых имеет правую, другой — левую резьбу. Винты шпонками скреплены со скобой 7 и при вращении гайки 6 смещают губки в разные стороны. Стержень 4 выполняет в приспособлении функции направляющей при движении губок. Из гнезда рамы поочередно выкатывают вкладыши и, установив губки 3 по диаметру одной из шеек вала, определяют диаметр шейки. Стрелку индикатора 8 после измерения диаметра первой шейки устанавливают на нуль. Затем губки вводят в пространство между шейками и гнездом следующего подшипника. Положение губок изменяют вращением гайки 6. Сближение или расхождение губок в этом случае фиксирует индикатор.

Износ коренных шеек можно определить без подъема коленчатого вала индикатором, который устанавливают

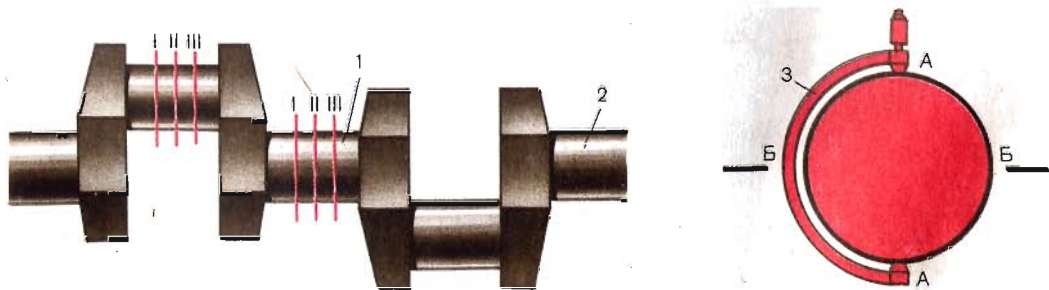


Рис. 164. Измерение диаметра шеек коленчатого вала



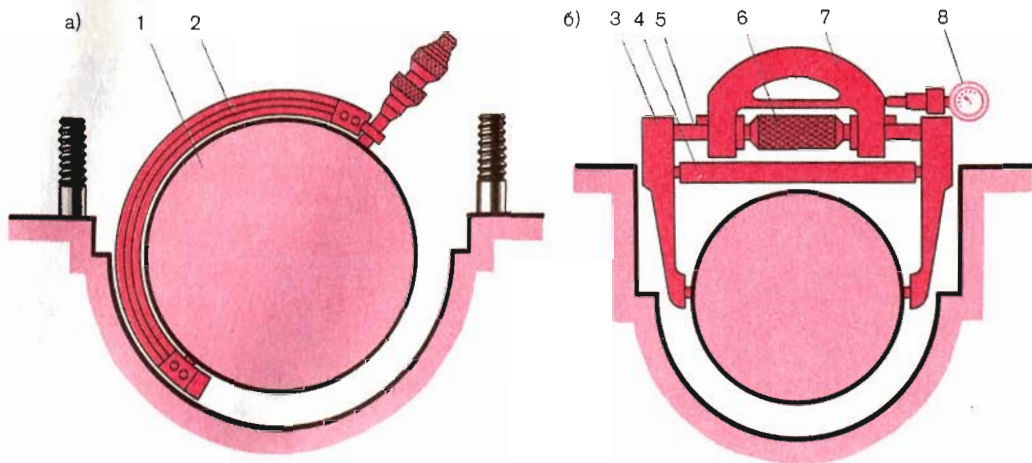


Рис. 165. Определение диаметра коренных шеек без подъема вала

на плоскости разъема фундаментной рамы. Измерительный стержень индикатора ставят перпендикулярно поверхности вала. При этом нуль шкалы индикатора совмещают со стрелкой. Затем вал проворачивают и следят за отклонением стрелки. Показания индикатора записывают через каждые  $30^\circ$  поворота кривошипа. Для наглядности в выбранном масштабе строят диаграмму износа шеек. Допустимые значения отклонения от круглости и конусности для каждого вала устанавливает завод-изготовитель. Изношенные шейки протачивают и шлифуют до определенного ремонтного размера или восстанавливают газопламенным напылением и шлифуют до номинального размера.

Отверстия для соединительных болтов во фланцах коленчатых валов теряют цилиндрическую форму в результате несоблюдения допусков при монтаже болтов в соединяемых фланцах. Овальность и конусность отверстий во фланцах могут возникнуть также вследствие прогиба или низкого качества металла. Цилиндрическую форму от-

верстий восстанавливают электронаплавкой с последующим разворачиванием их под первоначальный размер или одновременно разворачивают отверстия обоих сопрягаемых фланцев и ставят новые болты большего диаметра.

Задиры и царапины шеек вала глубиной 0,5 мм и шириной не более 3 мм зачищают напильником. При значительных размерах задигов, особенно по их ширине, шейку вала протачивают и шлифуют.

Во время дефектации коленчатого вала проверяют также параллельность осей шатунных и коренных шеек по раскепам (разности расстояний между щеками кривошипа, измеренных в двух диаметрально противоположных положениях). Раскеп характеризует расхождение шеек кривошипа из-за появления в них упругих деформаций вследствие изгиба геометрической оси коленчатого вала. Измерение производят в четырех положениях: в ВМТ, НМТ, на правом и левом бортах. Полученный при измерении в ВМТ и НМТ раскеп называют вертикаль-

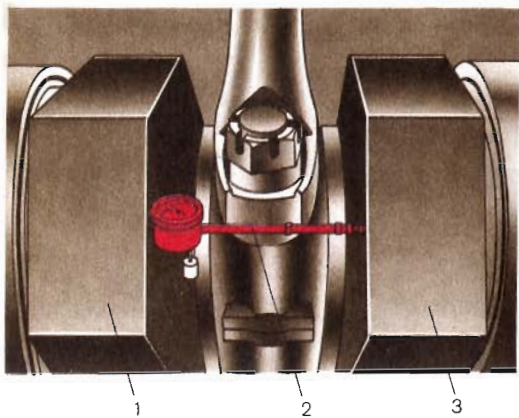


Рис. 166. Определение раскёпов коленчатого вала

ным, а при измерении на бортах — горизонтальным. Расстояние между щеками кривошипа измеряют специальным приспособлением с микроштихмасом или индикатором 2 (рис. 166). Точки, между которыми выполняют измерение, должны находиться на середине щек 1 и 3 и отстоять от оси коренной шейки на расстоянии, равном половине диаметра вала. При разобранном кривошипно-шатунном механизме измерения проводят в четырех положениях кривошипа 0; 90; 180; 270°. В случае соединения коленчатого вала с шатунами раскёпы определяют, не доводя или переводя кривошип на 15° относительно НМТ или ВМТ. Результаты измерений заносят в таблицу. Недопустимые раскёпы устраняют шабренни-

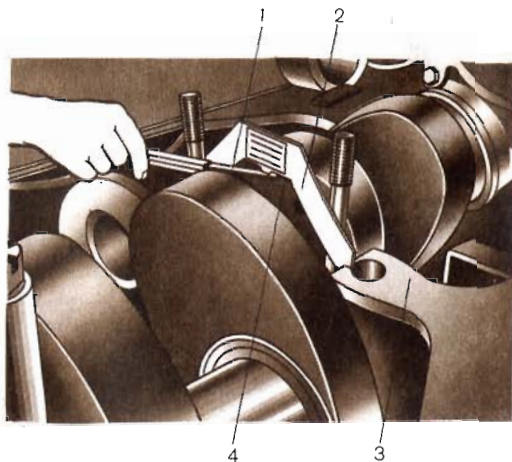


Рис. 167. Проверка положения вала просадочной скобой

ем подшипников или укладкой вала на новые подшипники. При значительном прогибе шейки вала протачивают и шлифуют.

Прогиб коренных шеек вала, кроме измерений по раскёпам, можно определить просадочной скобой 2 (рис. 167), которую устанавливают на плоскости фундаментной рамы 3 над каждой коренной шейкой 4 после снятия крышки и верхнего вкладыша. Зазор между головкой скобы 2 и шейкой 4 измеряют щупом 1 в двух положениях шейки по длине на расстоянии 20—30 мм от галтелей. Разность между измеренными установочными (заводскими или ремонтными) зазорами свидетельствует о выработке нижних вкладышей и прогибе вала.

1. Какие виды износов и повреждений чаще всего встречаются у фундаментных рам и как их определяют? 2. Как устраняют трещины при ремонте фундаментных рам? 3. Каким образом определяют параллельность осей гнезд подшипников верхней плоскости рамы? 4. Какими из-

мерительными инструментами пользуются при определении дефектов рабочих втулок? 5. Какие измерения производят при дефектации поршней? 6. Как проверяют параллельность осей верхней и нижней головок шатуна? 7. Каким образом определяют износ шеек коленчатого вала?

## 36. РЕМОНТ ПОДШИПНИКОВ

**Основные дефекты и методы ремонта.** Рабочие поверхности вкладышей коренных и шатунных подшипников в процессе эксплуатации изнашиваются: на них появляются мелкие трещины, риски, задиры, наблюдаются выкрашивание и отслаивание антифрикционного слоя.

К усиленному изнашиванию подшипников приводят некачественная сборка, неправильный выбор антифрикционного сплава, сорта масла и масляных зазоров, нарушение режима смазывания, пуск дизелей без предварительного прокачивания маслом. В местах наибольшего износа во вкладыше просверливают отверстие и с помощью глубиномера измеряют толщину оставшегося слоя. Минимально допустимая толщина слоя баббита зависит от диаметра шеек вала. Если износ подшипника незначителен и не превышает допустимого, ремонт его сводится к зачистке, шабровке и пригонке по валу. При уменьшении толщины баббитового слоя сверх допустимых пределов подшипник перезаливают.

Причинами появления трещин и выкрашивания антифрикционного сплава могут быть: низкое качество антифрикционного сплава, нарушение технологии заливки, некачественная сборка, перегрузка дизеля вследствие увеличения максимального давления сгорания и нагрузки на подшипник.

Антифрикционный сплав от поверхности подшипника отслаивается при нарушениях технологии заливки подшипника, плохой подготовке поверхности перед заливкой, недостаточном нагреве вкладыша подшипника и антифрикционного сплава или перегреве сплава.

При ремонте подшипника, имеющего в баббите сквозные трещины на пло-

щади заливки до 15%, поврежденный участок вырубает и на его место наплавляют новый слой или производят перезаливку вкладыша. Глубокие одиночные раковины устраняют выплавкой баббита газовой горелкой до основного металла и наплавлением на его место баббита той же марки. Уменьшение толщины бронзовых подшипников, не залитых баббитом, не должно превышать 50% их первоначальной толщины. При износе подшипника в пределах допустимых значений его ремонтируют наплавкой. В качестве присадочного материала при газовой наплавке или электрода при электронаплавке используют прутки из фосфористой бронзы.

Тонкостенные вкладыши коренных и шатунных подшипников, имеющих значительный износ антифрикционного слоя, а также дефекты на поверхности (трещины, отслаивание баббита), заменяют новыми.

На практике часто возникает необходимость ремонта вкладышей с выкрошенными участками баббита. Если участок повреждений небольшой, в судовых условиях его запаивают, предварительно подогрев место пайки с тыльной стороны вкладыша. Наплавку ведут в нижнем положении вдоль оси вкладыша. Присадочный материал в виде прутков должен быть однородным с основным металлом. В заводских условиях качество заливки проверяют ультразвуковыми дефектоскопами.

Вкладыши подшипников многооборотных дизелей оснащают специально изготовленными лентами из свинцовой бронзы или заливают свинцовой бронзой. Дефектные вкладыши таких подшипников в случае необходимости заменяют новыми или растачивают под ремонтный размер.

**Ручная и центробежная заливка вкладышей.** Подшипники перезаливают в тех случаях, когда износ антифрикционного сплава вызывает недопустимый прогиб коленчатого вала; трещины и выкрошившиеся участки антифрикционного сплава занимают площадь более 45% рабочей поверхности; антифрикционный сплав отстает от поверхности подшипника более чем на 10% площади.

Технологически перезаливка подшипника состоит из трех операций: удаления старого антифрикционного сплава, подготовки подшипника под заливку и заливки. Перед удалением старого слоя баббита подшипник тщательно очищают от загрязнений, масла и других механических наслоений, затем обезжиривают кипячением в 10%-ном растворе каустической соды в течение 10 мин и промывают водой, подогретой до 80—90 °С. Старый баббит удаляют механическим путем, если толщина его не превышает 10 мм, или нагреванием вкладыша с тыльной стороны паяльной лампой (в печи, на горне) до температуры размягчения сплава (240—260 °С). В последнем случае баббит легко отделяется от стенок вкладыша. Затем вкладыши зачищают от остатков баббита металлической щеткой и травят (погружают в зависимость от загрязнения на 1—2 мин в 5%-ный раствор соляной кислоты или на 5—10 мин в 10—15%-ный раствор серной кислоты), промывают горячей водой, протирают насухо или просушивают в сушильном шкафу. Цель травления — удалить с поверхности твердую пленку окислов, препятствующих соединению баббита с материалом вкладыша. Для лужения (защиты от коррозии) поверхности вкладышей используют чистое олово или специально приготовленные оловянисто-свинцовые припои. Лужение выполняют двумя

способами. Один из них, применяемый при групповой или массовой заливке подшипников, заключается в погружении подготовленного вкладыша или подшипника в сборе в ванну с припоем. Перед погружением в ванну поверхности вкладышей, не подлежащие лужению, обмазывают пастой, состоящей из 30% мела, 2% столярного клея и 68% воды. При индивидуальной заливке лужение производят вручную натиранием нагретого вкладыша прутком припоя или олова. Чтобы предотвратить окисление, поверхность, подлежащую лужению, покрывают флюсом. В качестве его обычно используют хлористый аммоний (нашатырь) в соединении с хлористым цинком.

Для заливки подшипника вручную предварительно облуженные вкладыши 1 (рис. 168, а) собирают на асбестовых прокладках, стягивают бугелями 3 и устанавливают на плиту 5. Толщина прокладок в стыках вкладышей с учетом припуска на механическую обработку должна быть 2—5 мм. В собранном подшипнике по центру устанавливают сердечник 2 в виде пустотелого стального цилиндра. Фланец сердечника и торец подшипника уплотняют асбестовой прокладкой и огнеупорной глиной. Подшипник собирают на плите с помощью струбцин 4, хомутов, стальных угольников и планок 6 (рис. 168, б). Вкладыши 9 больших подшипников заливают отдельно и устанавливают на плите 8, имеющей форму угольника. Полость заливки вкладыша баббитом образует шаблон 7 в виде полуцилиндра с боковыми фланцами. Для свободного удаления сердечника после заливки наружную поверхность его покрывают графитовой мастикой или натирают древесным углем. Чтобы предотвратить утечку расплавленного металла, неплотности замазывают смесью асбеста и огнеупорной

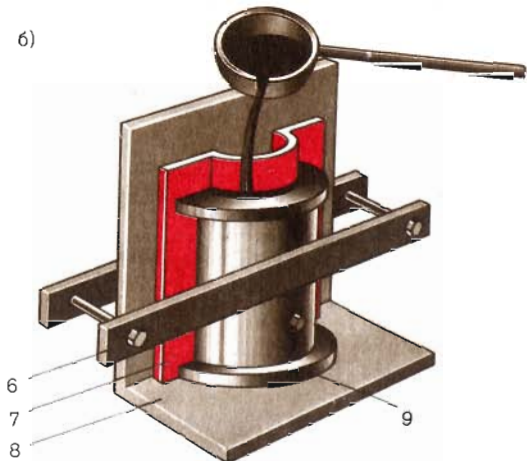
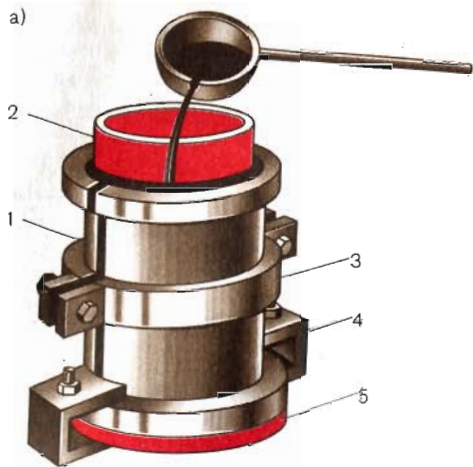


Рис. 168. Приспособления для заливки подшипников вручную

глины. По окончании формовки подшипники подогревают и заливают расплавленным в специальном тигле баббитом. Перед заливкой баббит тщательно перемешивают и очищают верхний слой от шлака и окислов. Заливку следует производить быстро, короткой и непрерывной струей. После заливки для быстрого выхода газов рекомендуется слой баббита проколоть в нескольких местах тонкой луженой иглой. По окончании заливки подшипник, начиная с его нижней части, интенсивно охлаждают струей воздуха или водой.

На судоремонтных предприятиях широко применяют также центробежный способ заливки подшипников. Вкладыши при этом зажимают между двумя дисками, помещенными в сварном кожухе. В быстро вращающиеся на токарном станке или в специальном приспособлении вкладыши через воронку заливают расплавленный баббит. Под действием центробежных сил, возникающих при вращении вкладышей, расплавленный баббит хорошо уплотняется и распределяется равномерным слоем по всей их внутренней поверх-

ности. При ручной заливке наблюдается большой расход баббита, неравномерность его структуры и неодинаковое качество прилегания к поверхности вкладыша. Этих недостатков не имеет центробежная заливка металла, применяемая при групповой и массовой перезаливке подшипников.

Баббит является высококачественным антифрикционным сплавом. К недостаткам баббита относят высокую стоимость, способность размягчаться при нагревании свыше  $100^{\circ}\text{C}$  и низкую усталостную прочность, в результате которой он растрескивается и выкрашивается, особенно при слое значительной толщины. Поэтому толщина баббитовой заправки допускается не более 2—3 мм.

Свинцовистая бронза выдерживает более высокие нагрузки, чем баббит, и не теряет механические свойства при нагревании до  $200^{\circ}\text{C}$ .

Для ремонта тонкостенных вкладышей, заливаемых баббитом или свинцовистой бронзой, необходимо специальное оборудование. Поэтому при наличии дефектов у тонкостенных

вкладышей их заменяют новыми. Изготовление новых вкладышей и заливку их баббитом или свинцовистой бронзой производят только на специа-

лизированных ремонтных предприятиях. Такие вкладыши выпускают с несколькими ремонтными размерами по внешнему и внутреннему диаметрам.

1. Какие причины приводят к усиленному износу вкладышей подшипников? 2. Как устраняют трещины, риски и задиры на рабочих поверхностях вкладышей подшипников? 3. Каким

образом перезаливают вкладыши подшипников? 4. Почему тонкостенные вкладыши подшипников не ремонтируют в судовых условиях, а заменяют новыми?

### 37. СБОРКА ОСНОВНЫХ ДЕТАЛЕЙ ДИЗЕЛЯ

**Монтаж фундаментной рамы.** В зависимости от типа дизеля и условий ремонта сборку его выполняют в цехе или на судне по заранее разработанному технологическому процессу. К основным операциям сборки можно отнести: подготовку фундамента и монтаж на нем фундаментной рамы; подгонку нижних вкладышей коренных подшипников по гнездам рамы и укладку коленчатого вала в подшипники; монтаж блока цилиндров и проверку перпендикулярности осей цилиндров оси коленчатого вала; монтаж поршней с шатунами, сборку шатунных подшипников и центровку поршня; крепление крышек цилиндров и монтаж распределительного механизма; монтаж топливной аппаратуры и навесных механизмов; монтаж трубопроводов и арматуры; проверку и регулирование газораспределения и топливной аппаратуры; испытания дизеля.

Так как фундаментные рамы (верхние картеры) являются базой для дальнейшей сборки дизеля, их опорные поверхности должны плотно прилегать к опорной плоскости судового фундамента. На судовом фундаменте дизели устанавливают жестко или эластично. Положение рамы (картера) 2 (рис. 169,а) выверяют на судовом фундаменте 1 с помощью отжимных бол-

тов 3. Затем по нижней поверхности полки рамы (картера) и верхней поверхности фундамента при жестком креплении пришабривают стальные клинья 4 и 5 (рис. 169, б). Стальные клинья выполняют с уклоном 1:20, поэтому при смещении одного клина относительно другого изменяется их суммарная высота. При подгонке клиньев по полкам рамы (картера) и фундамента отверстия в них развертывают под определенный диаметр соединительных болтов. Часть болтов выполняют призонными (точно по отверстию), благодаря чему рамы (картер) не смещаются при ослаблении затяжки болтов. После крепления рамы (картера) к фундаменту отжимные болты 3 ослабляют. Для жесткого крепления дизеля используют также и сферические прокладки. Комплект таких прокладок включает два диска 6 и 7 (рис. 169, в), один из которых по поверхности сопряжения имеет выпуклую форму, другой — вогнутую. Опорные поверхности или поверхности прилегания к раме и фундаменту обоих дисков выполняют плоскими. Благодаря сферическим поверхностям сопряжения такие прокладки самоустанавливаются соответственно наклону опорной плоскости полки рамы (картера) относительно судового фундамента.

Монтаж рамы считается законченным, если щуп толщиной 0,05 мм не проходит между ее опорными поверхностями и прокладками, а также между прокладками и фундаментом. При эластичном креплении между рамой (картером) и судовым фундаментом устанавливают резиновые или пружинные амортизаторы. Простейший резиновый амортизатор состоит из двух сварных угольников 8 и 12 (рис. 169, г), скрепленных болтами с полками судового фундамента 1 и рамы 2. К угольникам винтами прикреплены две пластины 9 и 11, соединенные вулканизацией с резиновой обложкой 10. Такие амортизаторы (по несколько штук с обеих сторон фундамента) уменьшают вибрацию корпуса и шум во время работы дизеля. Рамы монтируют и на

пластмассовых прокладках. Опорные поверхности рамы и фундамента при этом не обрабатывают. Их только тщательно очищают и обезжиривают. Дизель центрируют и поднимают на 1,5 высоты прокладки с учетом усадки пластмассы. Затем в специальную опалубку между опорными поверхностями рамы и фундамента вводят пластмассу. После затвердевания в ней сверлят отверстия и крепят дизель к фундаменту.

**Технология укладки коленчатого вала.** В установленной на фундамент раме подгоняют по гнездам нижние вкладыши коренных подшипников. Для этого поверхности гнезд покрывают слоем краски. При поворачивании нижних вкладышей в гнездах на поверхностях вкладышей остаются следы краски, которые спиливают или сни-

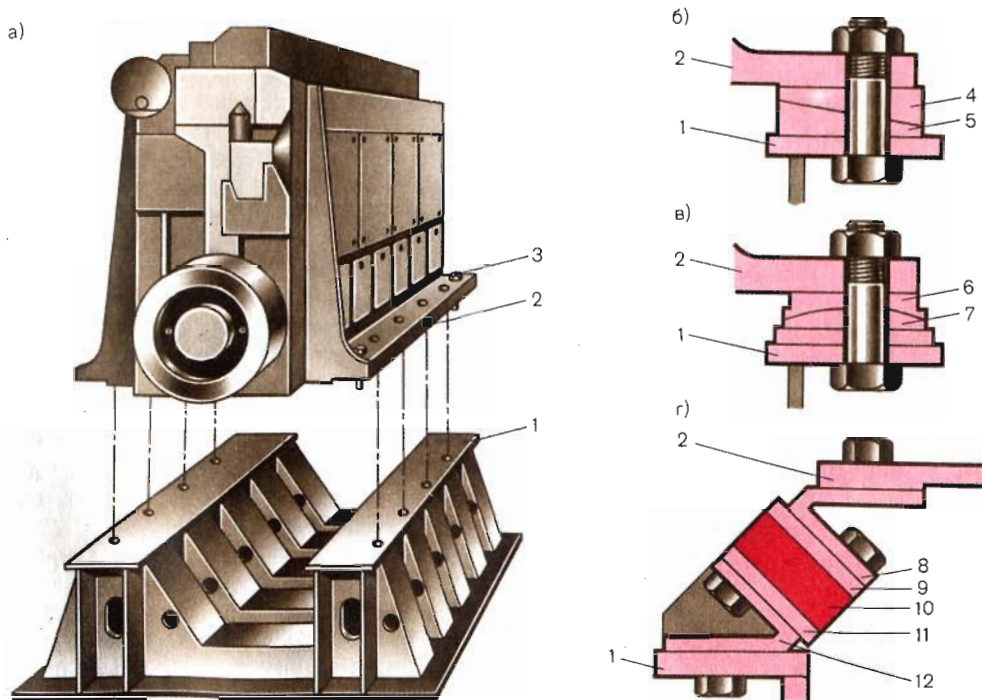


Рис. 169. Крепление рамы к фундаменту

мают шабером до тех пор, пока на внешней поверхности их с площадью  $25 \times 25$  мм будет не менее четырех—шести окрашенных пятен. После подгонки вкладышей по гнездам рамы приступают к укладке коленчатого вала. Шейки вала покрывают также краской и с помощью грузоподъемных средств укладывают его на нижние половины вкладышей. Повернув на  $360^\circ$ , вал поднимают и удаляют шабером пятна краски с поверхности вкладыша. Указанные операции (окраску шеек вала, укладку вала на нижние вкладыши подшипников, поворот и подъем его, шабровку подшипников) производят до тех пор, пока на поверхности вкладыша площадью  $25 \times 25$  мм будет не менее шести—восьми окрашенных пятен. Уложив вал на нижние вкладыши, к раме крепят шпильками верхние вкладыши, вал с окрашенными шейками проворачивают, подшипник разбирают и в описанном порядке приделывают верхние вкладыши коренных подшипников. Качество укладки вала по нижним вкладышам проверяют индикатором, установленным на плоскость рамы, или скобой. Зазор между головкой контрольной скобы и поверхностью каждой коренной шейки (см. рис. 167) измеряют щупом в двух местах по длине шейки при четырех положениях кривошипа. Для пригонки вкладышей по шейкам тяжелых коленчатых валов используют фальшвал (вал-калибр), изготовленный из трубы с насаженными на нее втулками, наружный диаметр которых соответствует диаметру коренных шеек коленчатого вала. Положение вала в подшипниках проверяют по раскепам (см. рис. 166).

При работе дизелей больше всего изнашиваются вкладыши средних коренных подшипников. Поэтому нужно стремиться к укладке коленчатого вала с небольшим отрицательным раскепом,

т. е. с осью, прогнутой посередине выпуклостью вверх с таким расчетом, чтобы по мере изнашивания средних коренных подшипников эта ось приближалась к прямой линии.

Масляный зазор между вкладышами подшипников регулируют прокладками различной толщины. Значение монтажных масляных зазоров в коренных подшипниках определяют щупом. Если расстояние между торцом подшипника и галтелью шейки не позволяет завести пластинки щупа, масляный зазор в коренных подшипниках измеряют свинцовыми проволочками (выжимками). Для этого после окончательной пригонки верхних вкладышей отмечают положение гаек на соединительных шпильках крышки. Снимают крышки и на каждую шейку вала в нескольких местах укладывают свинцовые проволочки диаметром  $0,1—0,5$  мм, затем крышки снова устанавливают на место и заворачивают нажимные гайки до сделанных ранее отметок. При повторном снятии крышек с помощью микрометра определяют толщину свинцовой проволоки. Одинаковая толщина проволоки по длине свидетельствует о правильности сборки подшипников.

**Монтаж блока цилиндров и кривошипно-шатунного механизма.** При монтаже блока цилиндров на фундаментной раме качество прилегания их плоскостей обеспечивают шабрением. При этом добиваются, чтобы на площади  $1 \text{ м}^2$  было не менее двух пятен. Зазоры в соединении при проверке щупом в зависимости от длины блока должны быть не более  $0,05—0,1$  мм. Для герметичности соединения между блоком и рамой ставят прокладку (обычно из чертежной бумаги толщиной  $0,2—0,3$  мм) и поверхности соприкосновения покрывают краской. До установки на фундаментную раму в блок цилинд-



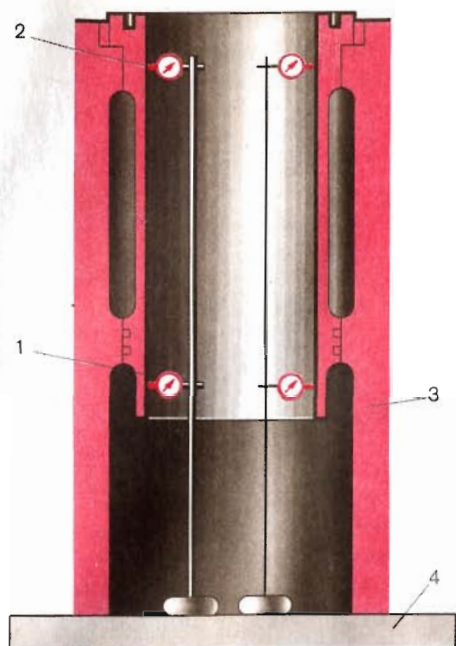


Рис. 170. Проверка перпендикулярности осей втулки цилиндра и плоскости разъема блока

ров по меткам, нанесенным на торцовые поверхности втулки и блока, запрессовывают втулки, обеспечивают герметичность их соединения и проверяют перпендикулярность осей втулок цилиндров и плоскости разъема блока цилиндров (блок-картера). Для этого блок устанавливают на поверочную плиту 4 (рис. 170) и щупом проверяют прилегание блока к плите. Затем поочередно в каждый цилиндр 3 вводят приспособление с двумя индикаторами 1 и 2. В процессе проверки приспособления перемещают по плите 4 вокруг втулки так, чтобы оба индикатора соприкасались с ее внутренней поверхностью. По разности показаний индикаторов и определяют перпендикулярность осей втулок к плоскости разъема блока. Отклонения от перпендикулярности этих узлов дизеля должно

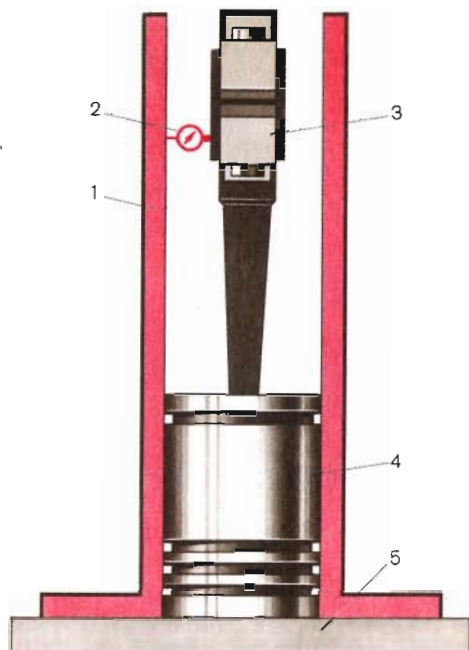


Рис. 171. Центровка шатуна по поршню

быть не более 0,05—0,1 мм на 1 м длины вдоль оси коленчатого вала и не более 0,25—0,35 мм на 1 м в поперечном направлении.

Перед сборкой узла поршень — шатун проверяют на плите перпендикулярность осей поршневого пальца к базовой поверхности поршня (см. рис. 162, а) и массу деталей узла, отклонение которых от проектных не должно превышать 1%. Затем поршень 4 (рис. 171) соединяют с шатуном 3, устанавливают их на плите 5 и центруют. Для этого шатун деревянными распорками (клиньями) сдвигают в какую-либо сторону до упора во внутренний торец боышки поршня и заклинивают в вертикальном положении. Далее прикладывают к образующей поршня 4, проходящей через середину поршневого пальца, угольник 1

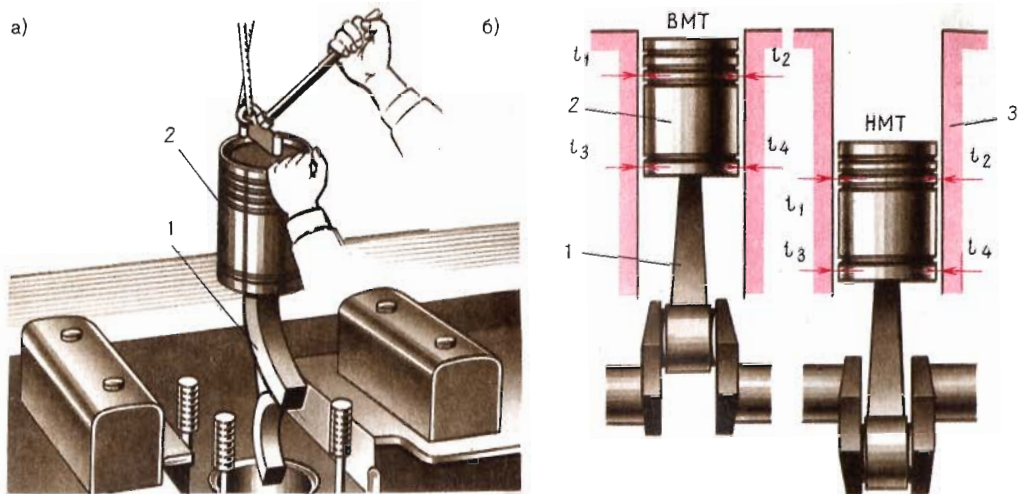


Рис. 172. Измерение зазора между поршнем и втулкой цилиндра

и измеряют микроштихмасом 2 расстояние от приложенного к поршню угольника до нижней головки шатуна. После этого шатун смещают в другую сторону и вновь определяют расстояние от угольника до нижней головки. Если ось шатуна совпадает с осью поршня, то разница между измерениями должна быть не более 1,5 мм. Когда она больше, производят «привалку» шатуна к поршню шабрением той стороны втулки верхней головки шатуна, в которую необходимо «повалить» шатун.

При сборке кривошипно-шатунного механизма оси поршня и шатуна должны совпадать с осью цилиндра. Для проверки данного условия поршень 2 (рис. 172, а) в сборе с шатуном 1 опускают в цилиндр без поршневых колец. При выполнении этой операции следует следить за тем, чтобы шатун не зацепился за нижнюю кромку втулки цилиндра и не ударился о ее стенки. Шатунную шейку вала устанавливают в ВМТ, покрывают тонким слоем краски и собирают шатунный подшипник. Положение поршня в цилиндре

проверяют по зазорам  $l_1$ ,  $l_2$ ,  $l_3$ ,  $l_4$  (рис. 172, б) между поршнем и втулкой цилиндра 3 со стороны носовой и кормовой оконечностей судна. Зазор измеряют щупом в районе верхнего и нижнего торцов поршня. Указанные зазоры между поршнем и цилиндром можно проверить также подсвечиванием поршня снизу лампочкой. При нормальном положении поршня будет виден одинаковый по ширине кольцевой зазор между ним и втулкой цилиндра. Перекос поршня в цилиндре не должен превышать 0,15 мм на 1 м длины поршня. Для устранения обнаруженного дефекта пришабривают вкладыши шатунного подшипника.

После окончательной центровки подшипник нижней головки шатуна разбирают и поршень с шатуном вынимают из цилиндра, на поршень устанавливают кольца с замками вразброс, вновь опускают его в цилиндр и окончательно закрепляют подшипник нижней головки шатуна.

**Монтаж крышек цилиндров.** После сборки кривошипно-шатунного меха-

низма монтируют крышки цилиндров. Перед этим для проверки высоты камеры сжатия на плоскую часть поршня укладывают свинцовый кубик. Крышку крепят к цилиндру и переводят поршень валоповоротным устройством через ВМТ. Затем крышку снимают, определяют высоту свинцового кубика и сравнивают ее со значением, указанным в формуляре дизеля. Высота камер сжатия должна быть одинаковой у всех цилиндров. Ее регулируют изменением толщины прокладок под пятками шатунов или крышками цилиндров. После этого крышки с собранными и притертыми клапанами крепят к остову дизеля. Затягивать шпильки крышек следует равномерно, руководствуясь схемой, рекомендованной заводом-изготовителем. Чтобы предотвратить пере-

напряжение металла и образование в крышках и блоке трещин, шпильки необходимо затягивать постепенно в определенной последовательности. Чаще всего их затягивают крест-накрест. Качество затяжки болтов (шпилек) проверяют по углу поворота граней болта (гайки), по удлинению стержня болта (шпильки) и с помощью динамометрических ключей.

На завершающей стадии сборки дизеля монтируют распределительный вал, зубчатую передачу газораспределительного механизма, топливную аппаратуру, трубопроводы, арматуру, навесные механизмы, контрольно-измерительные приборы, регулируют фазы газораспределения, топливную аппаратуру и другие устройства двигателя внутреннего сгорания.

---

1. Какие требования должны быть соблюдены при монтаже фундаментных рам? 2. Как укладывают коленчатый вал в подшипники? 3. Как собирают шатун с поршнем и как обеспечивают центровку его по поршню? 4. Как про-

веряют высоту камеры сжатия? 5. Как определяют перекос поршня в цилиндре при сборке кривошипно-шатунного механизма? 6. Что необходимо учитывать при монтаже крышек цилиндров?

---

**РЕМОНТ СИСТЕМ И МЕХАНИЗМОВ СЭУ****38. РЕМОНТ И РЕГУЛИРОВАНИЕ СРЕДСТВ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ТОПЛИВОПОДАЧИ**

**Основные дефекты и способы ремонта механизмов газораспределения.** Характерными дефектами механизмов газораспределения являются: изнашивание и поломка зубьев передачи; ослабление посадки шестерен на распределительном валу; отклонение от круглости, задиры шеек, а иногда и прогиб распределительного вала; выработка рабочих поверхностей кулачков; изнашивание штока и направляющей втулки клапанов; повреждения гнезд и посадочных поясов тарелок клапанов, отрыв тарелок клапанов от штока; поломки и искривления клапанных пружин.

При предельном износе и поломке зубьев шестерни передачи заменяют новыми. Если ослаблена посадка шестерен на вале, наращивают шейку последнего, заменяют шпонку или шестерню.

Распределительные валы высокооборотных дизелей, имеющие значительный износ шеек, трещины и прогибы, как правило, заменяют новыми. Валы малооборотных дизелей больших диаметров при изнашивании и задирах шеек протачивают на станке, хромируют и шлифуют до ремонтного размера.

Дефектные кулачки заменяют новыми. Незначительный износ гнезд и рабочих поверхностей клапанов устраняют притиркой. Гнезда клапанов с большими наработками и сквозными поперечными канавками протачивают с последующей притиркой их вручную или на специальных станках. Клапаны

по гнездам притирают на мелком наждачном порошке, притирочной пасте и затем на чистом масле. При других дефектах клапаны, как правило, заменяют новыми.

Монтаж механизма газораспределения начинают с укладки распределительного вала в опорные подшипники. Ось распределительного вала в вертикальной и горизонтальной плоскостях должна быть при этом параллельна оси коленчатого вала. В цехах судоремонтных предприятий соблюдение данного условия проверяют с помощью отвесов и уровня. На судах параллельность валов определяют по зазору в зубчатых колесах привода. При монтаже шестерен привода газораспределения необходимо руководствоваться метками на их лицевых торцах. Две соприкасающиеся шестерни следует вводить в зацепление так, чтобы зуб с меткой одной шестерни входил во впадину между зубьями с метками другой шестерни. Если зацепление выполнено правильно, начальные окружности двух смежных шестерен при полном обороте должны сопрягаться в одной точке. В этом случае контактные отпечатки располагаются симметрично относительно высоты и ширины зуба. Смещение отпечатка краски вверх, вниз и вбок от оси симметрии свидетельствует об изменении межцентрового расстояния или о перекосе шестерен в результате нарушения параллельности их осей. Зазор между шестернями проверяют с помощью щупа. Его

регулируют выравниванием положения распределительного вала в опорных подшипниках. После этого собирают и устанавливают клапанные рычаги, штанги, другие детали механизма и регулируют фазы газораспределения клапанного привода. Порядок регулирования привода освещен в § 21.

**Ремонт и регулирование средств топливоподачи.** Топливную аппаратуру (форсунки и насосы высокого давления) изготавливают с очень высокой точностью, поэтому ремонт ее выполняют с большой осторожностью опытные квалифицированные специалисты.

Основными дефектами форсунок являются: подтекание топлива при нарушении герметичности между конусом иглы и распылителем; закоксовывание сопловых отверстий; увеличение диаметра сопловых отверстий и потеря ими правильной геометрической формы; изнашивание направляющих поверхностей у штанг и корпуса форсунки; зависание иглы в корпусе форсунки; ослабление упругости пружины; трещины в распылителе и корпусе форсунки. Детали, на которых обнаруживают трещины, бракуют. Распылители с разработанными отверстиями, рисками, царапинами, задирами и наработками на цилиндрической поверхности заменяют новыми. При появлении наработки на конусе иглы и увеличении подъема иглы свыше допустимых значений корпус совместно с иглой бракуют. Сопловые отверстия обычно прочищают калиброванной проволокой диаметром на 0,5 мм меньшим диаметра сопловых отверстий. В сопловые отверстия калиброванную проволоку вводят точно по оси и одновременно слегка поворачивают вправо-влево, благодаря чему исключается ее заедание и поломка. После прочистки сопловые отверстия продувают сжатым воздухом и промывают дизельным топливом.

Штангу форсунки проверяют на прямолинейность при помощи прокатывания на проверочной плите и измерения зазора между образующей штанги и плитой щупом.

Пружину форсунки проверяют на остаточную деформацию. Для этого ее высоту, измеренную в свободном состоянии, сравнивают с высотой, указанной в формуляре. При наличии остаточной деформации свыше 5% номинальной высоты пружину заменяют.

В заводских условиях для восстановления герметичности распылителя хромируют иглу или перекомплектовывают детали. При перекомплектовке деталей иглу и распылитель подбирают так, чтобы игла входила в него не менее чем на 0,15 своей длины. Иглу и распылитель взаимно притирают на притирочных станках, они не являются взаимозаменяемыми. Игла, смоченная дизельным топливом, выдвинутая из корпуса распылителя на  $\frac{1}{3}$  длины, при наклоне на  $45^\circ$  должна под действием собственной массы плавно опускаться. При зависании прецизионную пару взаимно притирают на чистом масле или притирочной пасте. Притирку считают удовлетворительной, если на конусной поверхности иглы образуется ровный поясok шириной 0,3—0,4 мм. Герметичность полостей форсунки, давление подъема иглы и качество распыливания топлива проверяют на специальном стенде (см. § 21).

В процессе эксплуатации ТНВД наибольшему изнашиванию подвергаются втулка и плунжер, всасывающие и нагнетательные клапаны. При наличии рисок, царапин, выбоин и наработок на втулке, плунжере и клапанах детали насоса бракуют. Плунжер и втулка не являются взаимозаменяемыми деталями, поэтому их заменяют одновременно. Аналогично поступают с клапанами и их седлами. Ремонт

топливных насосов сводится главным образом к восстановлению прецизионных пар путем перекомпоновки деталей и выполнения доводочных операций на специализированных ремонтных предприятиях. Перекомпоновка деталей заключается в их притирке с последующей сортировкой по полученным размерам на группы, из которых и комплектуют плунжерные пары. Доводку производят на специальных станках. Притертый и смазанный профильтрованным дизельным топливом плунжер, будучи выдвинут из втулки на  $\frac{2}{3}$  длины, при угле наклона  $45^\circ$  должен плавно входить во втулку под действием собственной массы.

По окончании сборки ТНВД регулируют на специальном стенде. Для приработки трущихся частей, проверки качества материала деталей и чистоты их обработки насосы обкатывают при определенных режимах и после соответствующих испытаний устанавливают на дизель. При монтаже ТНВД на дизеле проверяют герметичность прилегания

опорных плоскостей корпуса насоса к блоку, а также параллельность осей роликов. Чтобы не нарушать стендовой регулировки толкателей и распределительного вала, в золотниковых насосах проверяют также положение плунжера по высоте. При нахождении плунжера в крайнем нижнем положении, когда ролик ТНВД опирается на цилиндрическую часть шайбы, высота открытия плунжером наполнительного отверстия во втулке должна быть в пределах, указанных в формуляре насоса. В случае несоблюдения этого условия в цилиндр будет поступать недостаточное количество топлива и дизель не разовьет заданной мощности. Высоту открытия наполнительного отверстия приводят в соответствие со значением, приведенным в формуляре, с помощью регулировочного винта толкателя ТНВД или изменением толщины прокладки под корпусом насоса. Окончательное регулирование работы ТНВД производят на судне при подготовке дизеля к пуску.

1. Какие виды износов и повреждений чаще всего наблюдаются в механизме газораспределения дизелей и как их определяют? 2. Что необходимо учитывать при монтаже механизма газо-

распределения? 3. Какие неисправности могут возникнуть в процессе эксплуатации форсунок? 4. К чему в основном сводится ремонт топливных насосов высокого давления?

### 39. РЕМОНТ И РЕГУЛИРОВАНИЕ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ СЭУ

Способы устранения основных дефектов системы автоматического регулирования частоты вращения (САРЧ). Основными дефектами регуляторов частоты вращения коленчатого вала являются поломки отдельных деталей, перекосы, заедания, повышенные зазоры и гидравлические неплотности в соединениях, снижение жесткости основных и вспомогательных

пружин, заклинивание привода к ТНВД, повышенные зазоры в зубьях шестерен привода регулятора. Поиск дефектов в работе САРЧ начинают прежде всего с тщательного осмотра привода, связывающего регулятор с ТНВД. И только убедившись в его исправности, приступают к разборке.

Разобранные детали регулятора после промывки всех каналов, отвер-

стей и окон в корпусах тщательно очищают, обезжиривают, обмеряют рабочие поверхности; определяют значения изгиба, коробления и скручивания деталей; проверяют боковые зазоры между зубьями зацепления и поверхность сопряжения сопряженных зубьев; устанавливают наличие трещин, выкрашивания, износов обойм, роликов (шариков) подшипников качения; определяют массы грузов, допускается отклонение их масс от номинального значения не более чем на  $\pm 3$  г. Небольшие износы поверхностей поршня и цилиндра катаракта и корпуса иглочатого клапана устраняют шлифовальным. Детали с незначительными рисками, задирами и вмятинами зачищают мелкой наждачной шкуркой, смоченной в керосине, и промывают. Нарботки и задиры на осях грузов устраняют шлифованием с заменой втулок. Пружины, потерявшие жесткость, заменяют новыми. Сопряженные детали с повышенными зазорами перекомплектовывают или заменяют новыми. Перед сборкой все детали и узлы регулятора промывают профильтрованным дизельным топливом, обдувают сжатым воздухом и смазывают. В смонтированном регуляторе ось привода должна легко и плавно, без заеданий вращаться от руки, перемещения поршня катаракта и плунжера во втулке должны быть легкими и плавными. Маховики и рукоятки, фиксирующие различные положения работы регулятора, должны перемещаться без заеданий. Притираемые клапаны и их гнезда подвергают проверке давлением воздуха до 3 МПа в течение 2 мин. Собранный регулятор испытывают на специальном стенде и настраивают так, чтобы он обеспечивал изменения частоты вращения вала в пределах  $\pm 10\%$  номинального значения при работе в одном режиме и от 30 до 105% номинального значения

в случае работы на всех режимах. При постоянных нагрузках для дизелей, приводящих в работу генераторы, отклонение частоты вращения вала от среднего не должно превышать  $\pm 1\%$ ; длительность переходного процесса от полной нагрузки к холостому ходу должна быть не более 10 с; при мгновенном сбросе нагрузки от полной до нуля система регулирования должна удерживать частоту вращения вала в пределах, исключающих срабатывание регулятора.

**Ремонт регуляторов температуры, давления и уровня.** Неисправности регуляторов температуры, давления и уровня чаще всего связаны с нарушением герметичности термосистем, изменением характеристик пружин, перекосами и заеданиями рычажных передач и регулирующих органов — клапанов и золотников. Ремонт подобных устройств обычно производится в специальных заводских лабораториях. Для выполнения дефектации регуляторы разбирают, детали их промывают спиртом или бензином, обдувают сжатым воздухом и протирают чистой ветошью. При наружном осмотре через лупу выявляют трещины, раковины, коррозионные разрушения, выкрашивание металла, остаточные деформации и другие дефекты. В процессе дефектации измеряют диаметры плунжерных (золотниковых) пар, отверстий усилительных реле, глубину коррозионного разъедания деталей; проверяют состояние цинкового, хромового или оксидированного покрытий на опорах валиков, мембранах, стаканах и иглах сильфонов.

Мембраны при разрывах, трещинах, потере герметичности и упругости заменяют новыми. Подлежат замене также капиллярные трубки и термобаллоны, имеющие обрывы или течь, сильфоны с трещинами на гофрирован-

ной поверхности, смятыми или искривленными гофрами и потерявшие герметичность.

Изношенные золотниковые или плунжерные пары после наращивания поверхностного слоя гальваническим путем предварительно шлифуют, затем притирают. Взаимную притирку пар считают удовлетворительной, если золотник (плунжер), вставленный во втулку, плавно, без заеданий опускается под действием собственной массы. Перед проверкой «на движение» пары деталей смачивают в отфильтрованном дизельном топливе.

Герметичность прилегания клапанов к седлам восстанавливают взаимной притиркой абразивными порошками или пастами. При наличии трещин, повреждениях кромок и других серьезных дефектах клапаны и их седла заменяют. Подлежат замене также потерявшие упругость и сломанные пружины, заслонки реле при разрушении рабочих кромок, напорные и приемные сопла усилительных реле при размыве входных и выходных отверстий.

Риски, царапины и другие дефекты, нарушающие герметичность соединения крышки с корпусом исполнительного механизма, задиры и забоины на фланцах, соединяющих корпус регулятора с трубопроводами, устраняют зачисткой. Сорванную резьбу в корпусе рассверливают и нарезают новую со следующим стандартным размером. Болты или шпильки в этом случае заменяют. Отремонтированные регуляторы подвергают испытаниям и настройке на заданные режимы работы на специализированных для этой цели стендах.

**Ремонт и настройка средств управления и контроля.** Ремонт средств автоматизации обычно совмещают с ремонтом тех механизмов, работу которых они обеспечивают. Автоматические

устройства на судоремонтных предприятиях ремонтируют, как правило, по индустриально-осмотровому методу, при котором ремонтная бригада снимает устройство с судна, доставляет его в цех, разбирает в определенной последовательности и выявляет дефекты. После ремонта такие устройства испытывают и настраивают в цехе, а окончательное регулирование их производят на судне. К основным и наиболее распространенным дефектам систем ДАУ относятся износ шкивов, звездочек, направляющих роликов и шарнирных цепей, вытягивание канатов, перекосы, заедания и износы пальцев втулок, валиков, шестерен, шарниров и других деталей передач. В гидравлических и пневматических ДАУ чаще всего нарушается герметичность соединений клапанов и седел, плунжеров и втулок, золотников и гидро- или пневмоцилиндров, происходят разрыв мембран, сильфонов, снижение упругости и поломка пружин.

После промывки, очистки, обезжиривания и дефектации предельно изношенные детали заменяют новыми, рабочие поверхности плунжеров-втулок, золотников-цилиндров, шкивов, направляющих роликов, шейки валиков наплавляют или наращивают металлизацией и затем протачивают (шлифуют) до номинальных размеров. Герметичность тарелок клапанов и седел восстанавливают взаимной притиркой абразивными порошками или пастами. Дефектные пружины, мембраны, сильфоны, изношенные манжеты, уплотнительные кольца и диафрагмы заменяют новыми.

Все подвижные механические части аппаратов СПАСЗО (валы, оси, цапфы, втулки, пружинные устройства, рычаги и сердечники) должны перемещаться без заеданий, перекосов и точно фиксироваться в рабочих положениях. Ремонт



их сводится к восстановлению износившихся поверхностей путем наплавки и последующей обработки до номинальных размеров. При значительных износах поверхностей указанных деталей их заменяют. Электрорезы аппаратов зачищают от нагара и застывших капель бархатным напильником. Детали, образующие термосистему аппаратов контроля, при нарушении их герметичности заменяют новыми. После замены и восстановления деталей ремонтируемый аппарат проверяют визуально и производят его рабочее испытание.

Настройку реле по температуре и давлению производят на специальных стендах. При испытаниях термореле термобаллон устанавливают в сосуд

с водой, имеющий температуру на 3—4 °С ниже заданной температуры срабатывания реле. Затем, повышая температуру воды 3 раза, по контрольному термометру определяют действительную температуру срабатывания реле. Настройку его осуществляют поворотом регулировочного винта. Аналогично настраивают и реле давления. При этом последние устанавливают в среду с давлением на 0,03—0,04 МПа выше их заданного давления срабатывания и испытывают 3 раза при снижении давления до момента срабатывания. Настройку поплавковых реле производят изменением уровня жидкости в пределах, необходимых для срабатывания контактов микропереключателя.

1. Какие дефекты возникают при работе САРЧ и как их устраняют? 2. В чем заключается ремонт регуляторов температуры, давления и уровня? 3. Какие неисправности возможны

при работе систем ДАУ? 4. Как осуществляют ремонт и настройку средств автоматизации систем управления и контроля, сигнализации и защиты?

#### 40. РЕМОНТ ВАЛОПРОВОДОВ И ДВИЖИТЕЛЕЙ

**Способы устранения основных дефектов валопровода.** Характерными дефектами валов являются неравномерное истирание рабочих поверхностей (шеек и гребней у упорных валов): наработки, задиры и разъедание трущихся поверхностей; разработка шпоночных гнезд и срыв резьбы (у гребных валов); трещины, прогибы и поломки, разработка отверстий в соединительных фланцах и деформация соединительных болтов.

В зависимости от значения износов шейки валов протачивают на токарных станках и шлифуют до ремонтного размера или подвергают механической обработке после электронаплавки (металлизации) участков вала. Геометри-

ческие размеры шеек валов при значительном износе восстанавливают шлифованием. Металл на изношенные поверхности наплавляют после предварительного тщательного освидетельствования и выполнения проверочного расчета вала на прочность. При наплавке с помощью сварочных автоматов или полуавтоматов шейки валов предварительно подогревают до 250—300 °С.

Износ гребня упорных валов допускается не более 5%, биение его в аксиальном направлении — не более 0,03 мм. Неглубокие задиры до 0,5 мм и неравномерное истирание гребня устраняют шлифованием или проточкой на станке. Если гребни имеют значи-

тельный износ, то их восстанавливают электронаплавкой с последующей проточкой на станке, при этом проверяют параллельность рабочих поверхностей гребней фланцам вала.

Трещины на цилиндрической поверхности заваривают качественными электродами с предварительным подогревом вала до 250—300 °С. Гнезда для шпонок при их разработке восстанавливают электродуговой наплавкой с последующей фрезеровкой. Смятые боковые стенки шпоночных гнезд фрезеруют. Увеличение ширины гнезд при этом допускается не более 10%. В ряде случаев дефектные шпоночные гнезда заваривают и фрезеруют новые гнезда с противоположной стороны вала. Разработанные отверстия во фланцах заваривают после предварительной вырубки поврежденной части и подвергают механической обработке.

Незначительное смятие резьбы гребного вала исправляют на станке. При больших повреждениях резьбы на дефектные участки вала наплавляют металл и нарезают новую резьбу.

На ряде судов применяют гребные валы, облицованные бронзовой втулкой (рубашкой). Выкрашивание бронзовых втулок, а также несквозные трещины в них глубиной не более 2 мм и общей площадью, не превышающей 3%, зачищают. При износе втулок свыше 50% первоначальной толщины их заменяют новыми.

Отремонтированные валы (гребной, промежуточный и упорный) перед отправкой на суда для монтажа соединяют попарно на стенде и при повороте уточняют их соосность по показаниям индикаторов. Отверстия во фланцах валов развертывают специальным приспособлением, обеспечивающим перпендикулярность осей отверстий плоскостям фланцев. По отверстиям подгоняют соединительные болты.

**Монтаж валов.** Сборку валопровода начинают с гребного вала. Конус вала смазывают графитом, разведенным на масле. На конусе вала монтируют на шпонке гребной винт и стопорят его гайкой. Затем набивают дейдвудный сальник и укладывают промежуточные валы. У правильно собранного валопровода оси его отдельных участков должны совпадать с осью коленчатого вала. Нарушение соосности называется расцентровкой валопровода. При расцентровке происходит смещение или излом линии валопровода. *Смещением* называют такое положение валопровода, когда геометрически оси отдельных участков его не лежат на одной линии, но параллельны между собой. При *изломе* ось одного вала пересекает ось другого. Расцентровка валопровода может быть вызвана деформацией корпуса судна, изнашиванием опорных подшипников и дейдвудных втулок.

За исходную базу при проверке валопровода на излом и смещение принимают гребной вал. После рассоединения фланцев гребного и промежуточного валов ослабляют дейдвудный сальник и раздвигают валы для выхода центрирующего выступа одного вала из цилиндрической выточки другого. Смещение и излом валов определяют по стрелкам или линейкой и щупом. Парные стрелки (рис. 173) крепят к фланцам валов 2 и 5 винтами, магнитами или специальными хомутами. Стрелки 1, 3 и 4, 6 имеют регулировочные болты с контргайками. При вертикальном положении стрелок регулировочными болтами устанавливают первоначальные зазоры  $h_1$ ,  $h_2$ ,  $l_1$ ,  $l_2$  в пределах 1—2 мм. Затем оба вала последовательно поворачивают по часовой стрелке на 90, 180, 270°. В каждом из этих положений измеряют зазоры между стрелками. После четвертого измерения валы возвращают в исходное поло-

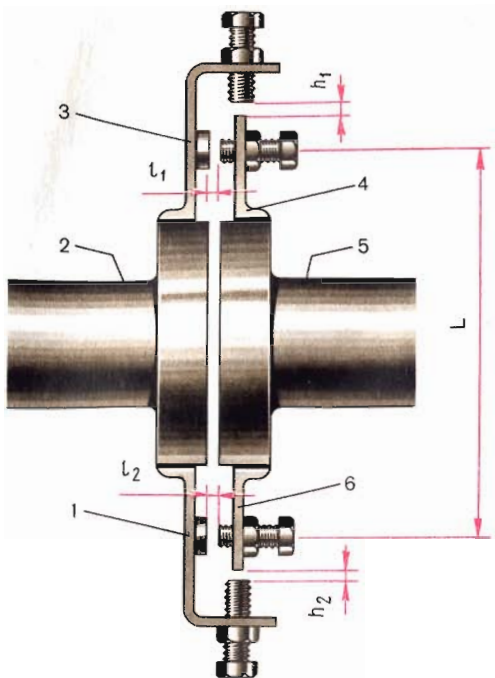


Рис. 173. Проверка линии валопровода на излом и смещение

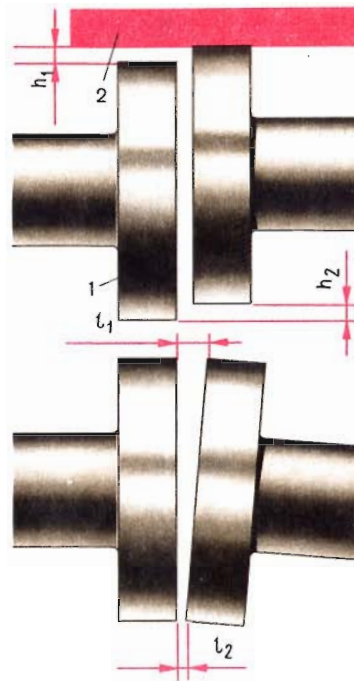


Рис. 174. Приближенная проверка линии валопровода

жение и проверяют установленные вначале зазоры. По зазорам  $h_1$ ,  $h_2$  между стрелками при различных положениях определяют смещение вала в вертикальной и горизонтальной плоскостях, по зазорам  $l_1$ ,  $l_2$  между стрелками — излом валовой линии.

При больших диаметрах фланцев и удовлетворительном состоянии их цилиндрической и торцовой поверхностей излом и смещение валов проверяют с помощью линейки и щупа. Чтобы определить смещение вала в вертикальной плоскости, на поверхность фланца 1 (рис. 174) устанавливают сверху в осевом направлении линейку 2 и щупом измеряют зазор  $h_1$  между линейкой и цилиндрической поверхностью фланца. Затем, накладывая линейку на фланец

снизу, при том же положении вала измеряют зазор  $h_2$ . После этого оба вала одновременно поворачивают на  $180^\circ$  и снова измеряют радиальные зазоры  $h_1$  и  $h_2$ . Аналогично определяют смещение и в горизонтальной плоскости. Для определения излома осей щупом измеряют осевые зазоры  $l_1$  и  $l_2$  между торцами фланцев вверху и внизу, а также со стороны правого и левого бортов. Излом определяют на  $l$  м длины диаметра фланца или расстояния  $L$  между точками измерения (см. рис. 173).

Предположим, что зазор между стрелками, т. е. линейкой и цилиндрической поверхностью фланца (см. рис. 174), составляет вверху 1,65 и 1,35 мм, а внизу — соответственно

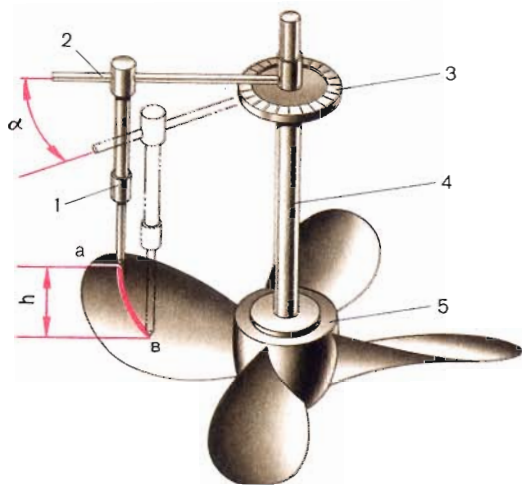


Рис. 175. Проверка шага гребного винта

1,30 и 1,60 мм. Сумма зазоров сверху будет 3 мм, а внизу — 2,90 мм. Определив разность сумм и поделив ее на 4 (на число измерений), получим смещение в вертикальной плоскости, равное 0,025 мм. Для жестких фланцевых соединений валопровода предельные значения смещений в соответствии с Правилами Речного Регистра РСФСР не должны превышать 0,15 мм, а излома — 0,2 мм/м.

Смещение и излом проверяемого вала устраняют шабрением подшипников и изменением толщины прокладок

под их опорами. После проверки и выравнивания пары валов окончательно собирают их фланцевое соединение. За базу для центровки следующего вала принимают носовой фланец проверенного вала.

**Ремонт гребных винтов.** Во время работы гребные винты подвергаются коррозионным и эрозионным разрушениям, а также получают механические повреждения при ударе о твердый грунт или плавающие предметы, что приводит к прогибам лопастей, их поломке, появлению трещин, выкрашиванию кромок, а в некоторых случаях и к ослаблению посадки на валу. В большинстве случаев для ремонта гребной винт снимают с вала. Эту операцию выполняют в доке или на слипе. Незначительные разъедания лопастей устраняют наплавкой. Если дефектная поверхность занимает более  $\frac{1}{3}$  лопасти, то ее вырезают и приваривают новую. Небольшие прогибы лопастей стальных винтов правят по шаблону с предварительным подогревом до 800—900 °С. Трещины устраняют электроваркой или газовой наплавкой. Обломанные лопасти заменяют новыми. Особое внимание при ремонте гребных винтов обращают на сохранение формы и профиля лопастей, а также шага винта, при изменении которых резко снижается КПД движителя. Для опре-

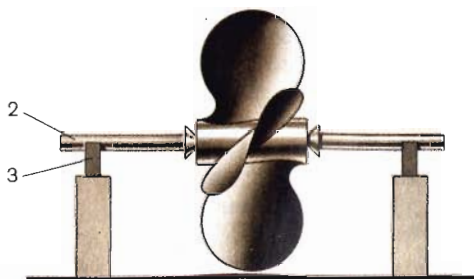
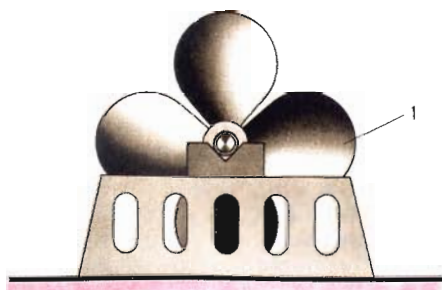


Рис. 176. Приспособление для балансировки гребного винта

деления шага винта используют шагомер (рис. 175).

На оси 4 шагомера, вставленной в ступицу 5 винта, закрепляют неподвижно градуированное кольцо 3 и шарнирно рычаг 2, на котором в вертикальном и горизонтальном направлениях может перемещаться штанга 1. Установив штангу на определенном расстоянии от точки измерения до оси винта и поворачивая рычаг на некоторый угол  $\alpha$ , с помощью штанги измеряют высоту  $h$  (мм). При повороте рычага нижний конец штанги скользит по поверхности винта, описывая дугу  $ав$ . Шаг винта (мм) определяют по формуле  $H = 360 h / \alpha$ .

Отремонтированный винт балансируют (уравновешивают). Для этого его укрепляют с помощью двух конусов на специальной оправке 2 (рис. 176). Балансировку производят путем вращения оправки с винтом 1 на опорах 3. Центр тяжести статически отбалансированного гребного винта должен находиться на его оси. Поэтому при поворотах винта в любую сторону и на любой угол он должен оставаться в равновесии. В противном случае тяжелая лопасть будет всегда занимать нижнее положение. Для уравнивания винта с одной лопасти снимают часть металла, на другую лопасть — наплавляют.

---

1. Какими способами восстанавливают геометрические размеры шеек валов? 2. Каковы особенности ремонта упорных валов? 3. Поясните порядок проверки валопровода на излом и сме-

щение? 4. В чем заключается ремонт гребных винтов? 5. Для чего производят балансировку гребных винтов? 6. Как определяют шаг гребного винта?

---

#### 41. РЕМОНТ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ

**Вспомогательные котлы.** К основным повреждениям вспомогательных котлов относят: течь в барабанах и корпусе; прогибы, трещины, выпучины и разрывы водогрейных трубок; трещины в барабанах, жаровых трубах, огневых камерах; разъедание отдельных частей; выпучины жаровых труб, огневых камер и трубных решеток.

Все работы, связанные с ремонтом котлов (замена водогрейных и дымогарных труб, устранение течи в швах и др.), выполняют по технологии, согласованной с инспекцией Речного Регистра РСФСР и под ее контролем. Перед ремонтом котел должен быть очищен со стороны воды от накипи, шлама и масляных отложений и со стороны газов от сажи, золы, ржавчины, окалины.

Трещины в корпусе котлов разделяют и заваривают электросваркой. Поверхности стенок днищ, барабанов и коллекторов с толщиной, уменьшенной на 30% и более, наплавляют по согласованию с инспекцией Речного Регистра РСФСР электросваркой. Сплошные коррозионные разрушения при этом зачищают до чистого металла наждачным кругом. В соответствии с Правилами Речного Регистра РСФСР во избежание термических и усадочных напряжений площадь наплавки не должна превышать 500 см<sup>2</sup>. Выпучины и проседания вследствие перегрева металла возникают главным образом у водогрейных трубок водотрубных котлов, в жаровых трубах и огневых камерах газотрубных котлов. Значительные выпучины поверхности огневой камеры со

стрелкой прогиба свыше 15 мм правят гидравлическими домкратами с подогревом металла в районе выпучины до 1000—1100 °С. Чаще всего дефектный участок огневой камеры вырезают и устанавливают заплату. Проседания или прогиб по всей длине жаровой трубы со стрелкой прогиба свыше 30% среднего первоначального диаметра устраняют правкой или постановкой заплат. Технологию постановки заплат согласовывают с инспекцией Речного Регистра РСФСР.

Трубки котлов приваривают к трубным решеткам или крепят с помощью вальцовки, т. е. специальным конусом концы трубок вдавливают в стенки отверстий трубных решеток. Основными повреждениями водогрейных трубок являются выпучины, провисания, течь в вальцовочных соединениях, свищи, трещины. Нарушение герметичности в вальцовочных соединениях устраняют подвальцовкой трубок в трубных решетках. Поврежденные трубки удаляют и заменяют новыми. При замене трубок проверяют состояние и геометрические размеры отверстий в трубных решетках. Если отклонение от круглости отверстий превышает допускаемую норму (0,3 мм) их развертывают на больший диаметр, при этом расстояние между отверстиями в трубной решетке не должно быть менее 80% расчетного, в противном случае отверстия заваривают и затем растачивают до номинального размера.

После ремонта котлы в присутствии инспектора Речного Регистра РСФСР при температуре наружного воздуха не ниже 5 °С подвергают гидравлическому испытанию на двойное рабочее давление, если оно не превышает 0,5 МПа, и на рабочее давление плюс 0,5 МПа, если оно выше 0,5 и ниже 2 МПа. При гидравлическом испытании поршневым насосом медлен-

но повышают давление в котле до рабочего и осматривают его с наружной стороны и со стороны топочного пространства. Если дефекты (течь) не обнаружены, давление повышают до пробного и поддерживают его в течение 5 мин. Затем давление снижают до рабочего и снова котел тщательно осматривают снаружи и со стороны топочного пространства. Обнаруженные неисправности устраняют, после чего котел подвергают повторным испытаниям. Котел считают выдержавшим испытание, если при этом не обнаружены пропуски воды в швах, видимые изменения формы и остаточные деформации деталей.

**Палубные механизмы.** К характерным дефектам брашпильей, шпилей, лебедок, рулевых механизмов относят истирание валов, подшипников, гнезд цепных звездочек и тормозных барабанов, истирание, трещины, поломку кулачков соединительных муфт и зубьев шестерен.

Изношенные поверхности валов восстанавливают электросваркой или электрометаллизацией с последующими механической обработкой и шлифованием. При значительном прогибе и износе шеек вала в ряде случаев экономичнее изготовить новый вал, так как работы по восстановлению его первоначальных размеров обходятся очень дорого.

Изношенные подшипники переэливают, а бронзовые вкладыши заменяют новыми. Дефектные чугунные муфты заменяют новыми, стальные кулачковые муфты после предварительной зачистки восстанавливают электронаплавкой и затем протачивают на токарном и фрезеруют кулачки на фрезерном станках. Профиль цепных гнезд звездочек, а также поверхности турачек восстанавливают электронаплавкой. Размеры гнезд звездочек должны

соответствовать размерам звена якорной цепи, поэтому наплавку и последующую обработку гнезд звездочек наждачными кругами выполняют по шаблону. Изношенные фрикционные тормозные ленты (колодки) и тормозные диски, как правило, заменяют новыми.

Ремонт шестерен в основном сводится к восстановлению профиля изношенных зубьев. Профиль зубьев стальных шестерен восстанавливают наплавкой с последующей обработкой их на зуборезном станке или опиловкой вручную по шаблону. При поломке отдельных зубьев чугунных шестерен на их место ставят стальные ввертыши с последующей электронаплавкой последних. Затем по изготовленному шаблону наплавленный зуб опиляют, придавая ему необходимый профиль. При поломке нескольких смежных зубьев чугунные шестерни, как правило, заменяют новыми. Задиры, риски и другие мелкие дефекты в зубчатых передачах устраняют зачисткой, опиловкой и шабрением.

Станины палубных механизмов, имеющие трещины или поломки, заменяют новыми или ремонтируют с помощью электросварки.

**Насосы.** К основным дефектам судовых поршневых насосов и компрессоров относят изнашивание цилиндров, поршней, поршневых колец, плунжеров, поршневых штоков, клапанов, гнезд клапанных решеток и коррозионное разъедание деталей. При наличии редукторной передачи возможно изнашивание шестерен редуктора, шарнирных соединений, подшипников и шеек валов.

Ремонт цилиндров сводится к замене рабочих втулок или расточке цилиндров. При незначительном износе цилиндров удаляют задиры и наработки. Изношенные поршневые штоки протачивают и шлифуют до ремонтных размеров и изготавливают новые грунд-

бусы сальникового уплотнения под ремонтный диаметр штока. Посадочные пояса клапанов с большим износом протачивают и затем притирают их по гнезду клапанной решетки. Шарнирные соединения ремонтируют развертыванием отверстий до ремонтного диаметра с заменой пальцев или путем заварки отверстий, их сверления и развертывания под пальцы номинального диаметра. Поломанные или сильно изношенные поршневые кольца заменяют. Значительно изношенные вкладыши подшипников перезаливают с последующей пригонкой их по шейке вала или заменяют заранее обработанными до ближайшего ремонтного размера.

Основными дефектами центробежных и шестеренных насосов являются: коррозионное разъедание, выкрашивания и трещины рабочих колес и корпусов; изнашивание подшипников вала и его шеек; нарушение герметичности уплотнительных устройств. Кромки лопастей бронзового рабочего колеса ремонтируют газонаплавкой, а стального — электронаплавкой с последующей обработкой на станке. После замены или ремонта рабочее колесо подвергают статической балансировке. Шестерни с изношенными зубьями заменяют новыми. Валы и подшипники ремонтируют обычными методами или заменяют. Корпуса ремонтируют с помощью электро- или газонаплавки. При ремонте сальниковых уплотнений заменяют набивку. Изношенную бронзовую облицовку вала протачивают и шлифуют, если позволяет размер, в противном случае заменяют. Собранные после ремонта центробежные насосы подвергают гидравлическому испытанию на герметичность давлением 0,3 МПа в течение 10 мин.

Основными дефектами паро- и водоструйных насосов являются изнаши-

вание конусов, сопел, диффузоров, клапанов и их гнезд. Дефектные конуса, сопла и диффузоры струйных насосов, как правило, заменяют новыми. значи-

тельному изнашиванию и разъеданию подвергаются корпуса эжекторов. Их целиком заменяют. Клапаны и гнезда протачивают и притирают.

---

1. Каковы характерные неисправности вспомогательных котлов и какими способами их устраняют? 2. Какими способами устраняют дефекты шестерен, муфт, звездочек и бара-

банов палубных механизмов? 3. Каковы особенности ремонта вала и рабочего колеса центробежных насосов? 4. В чем заключается ремонт струйных насосов?

---

## 42. ИСПЫТАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ПОСЛЕ РЕМОНТА

**Швартовые испытания.** Порядок сдачи судов в эксплуатацию после ремонта регламентируется Правилами ремонта судов Министерства речного флота РСФСР, которые устанавливают две стадии приемки: по технической готовности и в эксплуатацию.

Приемку по технической готовности производят, когда все работы, предусмотренные ремонтной ведомостью, закончены, за исключением наружной окраски, спуска судна на воду, гидравлического испытания систем в сборе и других работ, выполняемых при плюсовой температуре наружного воздуха.

Во время приемки судна в эксплуатацию из среднего, капитального и восстановительного ремонтов проводят швартовые и ходовые испытания. При швартовых испытаниях специальная комиссия, состоящая из представителей службы судового хозяйства пароходства (МСС БУП), судоремонтного предприятия, инспекции Речного Регистра РСФСР, капитана (шкипера) и механика судна, проверяет качество и объем всех выполненных ремонтных работ, опробует главные дизели в работе на передний и задний ход на различных режимах, определяет развиваемую дизелем мощность и пригодность его для длительной беспере-

бойной и экономичной работы, испытывает в действии все элементы СЭУ.

Швартовые испытания выполняют на тихой и глубокой воде. При этом судно устанавливают так, чтобы корма его от берега была на расстоянии не менее 20 м. Порядок проведения испытаний определяет комиссия, которая заранее разрабатывает их программу. В процессе швартовых испытаний осматривают и проверяют все механизмы, системы и устройства. При этом на режимах, предусмотренных программой испытаний, измеряют основные параметры, характеризующие работу каждого механизма — мощность, подачу, напор, давление, частоту вращения, температуру и др. В первую очередь подвергают испытаниям: дизель-генераторы; судовую электростанцию; спасательные средства; пожарные и водоотливные насосы; системы пожаротушения, балластную и осушительную; вспомогательные электрифицированные механизмы, обслуживающие главные дизели; вспомогательные котлы и подключенные к ним судовые системы; рулевые, якорные, швартовые и буксирные механизмы. Главные дизели и обслуживающие их механизмы и системы при швартовых испытаниях проверяют в работе на передний ход с 25, 50, 75%-ной нагрузкой про-



должительностью по 0,5—1 ч; с номинальной нагрузкой — в течение 2—3 ч; при работе на задний ход с 80—85%-ной нагрузкой — в течение 0,5 ч.

Длительность швартовных и ходовых испытаний судов после текущего ремонта или зимнего отстоя без ремонта не регламентируется. По усмотрению комиссии во время швартовных испытаний судна в этом случае производят кратковременное опробование элементов СЭУ на различных режимах.

#### **Пробный пуск и обкатка дизеля.**

При подготовке дизеля к пуску после ремонта проверяют надежность крепления всех его деталей; осматривают картер и убирают из него посторонние предметы; определяют правильность подключения КИП к соответствующим системам; очищают и промывают все фильтры и приемные сетки на водяной, топливной, смазочной и воздушной магистралях; заполняют систему охлаждения умягченной водой и прокачивают ее независимым от дизеля насосом; проверяют подачу воды к действующим втулкам; заполняют топливом расходные цистерны; прокачивают вручную каждый топливный насос до полного удаления воздуха из системы; заливают в картер или в расходную цистерну свежее профильтрованное масло; вручную смазывают все трущиеся детали, не включенные в циркуляционную смазочную систему; заливают масло в корпус редуктора, гидробаллоны системы реверсирования и подшипники главного валопровода; прокачивают вручную смазочную систему и убеждаются, что масло поступает к трущимся деталям дизеля; проверяют наличие сжатого воздуха в баллонах и, если давление в них ниже 1,5 МПа, доводят его до 2,5—3 МПа; убеждаются в легкости хода регулятора частоты вращения вала, реек ТНВД и взаимодействующих с ними рычагов

управления; предварительно убрав с дизеля слесарный инструмент, приспособления и другие посторонние предметы, проворачивают вручную коленчатый вал при открытых индикаторных кранах на 2—3 оборота вперед и назад и убеждаются, что вал вращается легко, без заеданий и скрипов.

Во время проворачивания коленчатого вала контролируют подвод масла к деталям. Малейшие нарушения герметичности воздушных, топливных, водяных и масляных систем при подготовке дизеля к пуску устраняют немедленно. Закрыв люки картера, выключают подачу топлива, прокачивают смазочную систему до давления 0,15—0,2 МПа и пускают дизель сжатым воздухом. Прокрутив вал дизеля в течение 5—10 с сжатым воздухом на передний ход, переводят его (если дизель реверсивный) на 5—10 с на задний ход. Когда коленчатый вал дизеля раскручивается сжатым воздухом на передний и задний ход дизеля нормально и никаких неисправностей при этом не обнаруживается, подготавливают его для работы на топливе.

Во время работы дизеля на топливе с минимально устойчивой частотой вращения коленчатого вала проверяют и регулируют давление и температуру воды и масла в соответствующих системах; убеждаются, нет ли пропусков топлива, воды и масла в системах, не наблюдаются ли ненормальный стук и скрип деталей. При исправной работе дизеля на минимально устойчивой частоте вращения коленчатого вала через 20—30 мин его останавливают, снимают крышки люков и проверяют на ощупь нагрев поршней, цилиндров, подшипников кривошипно-шатунного механизма и других трущихся деталей. Температура подшипников после 20—30 мин работы дизеля не должна превышать 25—40 °С.

Убедившись, что дизель не имеет дефектов, закрывают все крышки картерных люков и пускают его на передний ход с 25%-ной нагрузкой. При этом сгорание топлива в цилиндре дизеля должно быть совершенно бездымным, температура охлаждающей воды — не выше 35—40 °С и не ниже 25 °С, масла в картере — не выше 40 °С, не должно быть потеков топлива, воды, масла и пропусков сжатого воздуха или газов. Не допускается также дребезжание, скрежет и скрип деталей. При обкатке дизеля температура движущихся деталей и подшипников повышается до 55—65 °С. Это считается нормальным, так как их собирают с расчетом на приработку при обкатке. После обкатки в течение 0,5—1 ч на 25%-ной нагрузке дизель останавливают, устраняют обнаруженные дефекты, производят соответствующее регулирование и вновь пускают на 0,5—1 ч на 50%-ной нагрузке, затем на 0,5—1 ч на 75%-ной нагрузке и на 2—3 ч на номинальной нагрузке. В конце испытаний дизель переводят на задний ход с 80—85%-ной нагрузкой. По завершении обкатки осматривают трущиеся детали дизеля, устанавливают эксплуатационные зазоры в подшипниках валопровода, проверяют зазоры в механизме газораспределения, крепление крышек цилиндров и других деталей, затягивают фланцы, муфты, соединения труб, валов, тяг, штоков и т. п.

**Регулирование дизелей.** Качество сборки отремонтированного дизеля определяют, как правило, только в период его работы под нагрузкой. Поэтому при пробных пусках и обкатке дизеля часто возникает необходимость в регулировании его работы, т. е. доведения всех показателей (параметров) СЭУ до норм, предусмотренных государственными стандартами, техни-

ческими условиями, паспортными данными (формулами, инструкциями) и другими документами.

На мощность, развиваемую цилиндром, значительное влияние оказывает давление в конце сжатия  $p_c$ . Если оно недостаточно, цилиндр работает с недогрузкой и не развивает требуемой мощности. Когда давление сжатия велико, он работает с перегрузкой. Основной причиной снижения  $p_c$  является нарушение герметичности поршневых колец или выпускных клапанов. О пропуске поршневых колец можно судить только после проверки их сжатым воздухом. Для этого поршень устанавливают в ВМТ и через пусковой клапан подают в цилиндр сжатый воздух при давлении не более 0,1—0,2 МПа. По наличию сжатого воздуха в картере судят о герметичности поршневых колец. Порядок проверки герметичности впускных и выпускных клапанов и регулирования объема (высоты) камеры сжатия рассмотрен в § 21.

Все цилиндры должны развивать одинаковую мощность. О равномерности нагрузки цилиндров судят преимущественно по значениям максимального давления цикла  $p_z$  и температуре выпускных газов  $t_{вг}$ . Максимальное давление цикла определяют максиметром, а температуру выпускных газов — термометрами (см. рис. 84, 85).

При увеличении подачи топлива за цикл значения  $p_z$  и  $t_{вг}$  повышаются, а при уменьшении — понижаются. Давление  $p_z$  в цилиндре при увеличении угла опережения подачи топлива повышается, а  $t_{вг}$  — понижается. С уменьшением угла опережения подачи топлива, наоборот,  $t_{вг}$  возрастает, а  $p_z$  уменьшается. В перегруженные цилиндры (с высокими  $p_z$ ,  $t_{вг}$ ) подачу топлива уменьшают, а в недогруженные — увеличивают. Угол опережения подачи топлива уменьшают, когда  $p_z$

в цилиндре велико, а  $t_{вг}$  меньше, чем в других цилиндрах. При низком  $p_z$  и высокой  $t_{вг}$ , наоборот, угол опережения подачи топлива увеличивают. После каждого регулирования ТНВД их работу проверяют в положении нулевой подачи. Порядок регулирования ТНВД изложен в § 21.

Во время швартовых испытаний на холостом ходу дизеля проверяют исправность действия аппаратуры СПАСЗО. При этом четыре-пять раз повышают и понижают частоту вращения коленчатого вала дизеля и определяют по манометру давление масла в системе при включении зеленых и красных сигнальных ламп. Несоответствие моментов срабатывания реле указанным в формуляре устраняют поворотом ходового винта в положение, при котором указатель циферблата реле устанавливается на заданное давление. Аналогично проверяют и реле температуры масла и воды. Их обычно настраивают одновременно, благодаря чему сокращается время работы дизеля в повышенном температурном режиме. Изменения температуры воды и масла на выходе из дизеля при настройке реле достигают путем уменьшения и увеличения потока забортной воды, поступающей в водяной и масляный охладители.

Результаты швартовых испытаний оформляют актом с приложением к нему протоколов наблюдений, таблиц измерений, расчетов и других документов в зависимости от мощности СЭУ и насыщенности машинного помещения вспомогательными механизмами. Все обнаруженные при швартовых испытаниях недостатки устраняют в кратчайший срок и при необходимости повторяют испытания.

Оборудование, которое на швартовых испытаниях работало на предельной мощности (производительности,

подаче), принимают в эксплуатацию окончательно, а те механизмы, системы, узлы и устройства, которые по назначению и характеру работы должны развивать наибольшую мощность (производительность, подачу) лишь в ходовых условиях, принимают в эксплуатацию предварительно.

**Ходовые испытания.** Завершающим этапом определения готовности судна к эксплуатации являются ходовые испытания. Судно допускают к этим испытаниям только в том случае, если устранены все дефекты, обнаруженные при швартовых испытаниях.

Во время ходовых испытаний проверяют надежность работы рулевых, якорных, швартовых и других вспомогательных механизмов, систем и установок; определяют частоту вращения коленчатого вала главных дизелей, мощность их по отдельным цилиндрам, расход топлива и смазочных материалов, проверяют инерционные свойства, маневренные качества и скорость судна при различных режимах работы главных энергетических установок, время перекладки руля с борта на борт, исправность отличительных и сигнальных средств, тяговые характеристики для буксирных судов и другие показатели. Особое внимание обращают на надежность работы ДАУ, средств комплексной автоматизации и защиты механизмов СЭУ.

Ходовые испытания судов после капитального или восстановительного ремонта проводят по специально разработанной программе (в течение 3—12 ч при нагрузках 25, 50, 75, 100 и 110%). Во время ходовых испытаний установки независимо от категории ремонта обязательно проверяют пусковые качества дизелей, системы реверсирования, управления, автоматического регулирования частоты вращения коленчатого вала, предупредительно-

аварийной сигнализации и защиты. Пуск, остановку и реверсирование главных дизелей проверяют с поста управления в машинном помещении, центрального поста и дистанционного поста в рулевой рубке. При этом уточняют: продолжительность пуска и реверсирования дизеля; число пусков без пополнения воздушных баллонов; соответствие показаний приборов, установленных в рулевой рубке и в машинном помещении.

Большую опасность представляет экстренное реверсирование при торможении дизеля контрвоздухом; его нужно производить только при аварийной ситуации.

Параметры работы систем ДАУ регулируют в такой последовательности. Вначале настраивают редукционные клапаны на заданное давление воздуха в цепи питания. Настройку производят регулировочными винтами, увеличивая или уменьшая выходное давление и контролируя его по манометру. Давление воздуха на выходе из редукционного клапана (стабилизатора давления) в этом случае должно меняться плавно и пропорционально углу поворота регулировочного винта. Затем регулируют элементы системы, изменяющие частоту вращения коленчатого вала дизеля от холостого хода до максимальных значений. Настройку клапана управления подачи топлива производят путем контроля выходного сигнала по манометру. Давление воздуха на выходе из клапана должно меняться плавно и пропорционально

углу поворота рукоятки (маховика) управления, причем изменение давления должно быть одинаковым при повороте органов управления на передний и задний ход.

Настройку клапанов постов управления, блокировочных клапанов, реле частоты вращения, остановки и направления вращения осуществляют с помощью нажимных болтов и путем изменения сил натяжения регулировочных пружин. Открытие (закрытие) клапанов должно происходить при выполнении заданной операции или после ее завершения (например, при крайних положениях распределительного вала, определенной частоте вращения коленчатого вала, по прошествии какого-то времени с момента выдачи команды). Продолжительность открытия ГПК регулируют сменным дросселем клапана сброса нагрузки или дросселем ускорителя пуска.

Длину тяг топливоподающих устройств устанавливают такой, чтобы при положении рукоятки (маховика) управления в зоне «Стоп» рейки ТНВД обеспечивали нулевую подачу топлива.

По завершении дефектации элементов СЭУ и устранении всех обнаруженных во время ходовых испытаний неисправностей проводится контрольный выход судна в рейс продолжительностью 1—2 ч при работе установки на полную мощность. Закончив проверку общего состояния и установив готовность судна к эксплуатации, комиссия подписывает акт об окончательной приемке его из ремонта.

---

1. Для какой цели проводят швартовные испытания СЭУ? 2. На что обращается особое внимание при швартовных испытаниях вспомогательных котлов, палубных механизмов, насосов и трубопроводов? 3. Каков порядок проведения швартовных испытаний дизелей? 4. Как вы-

полняют обкатку дизелей после ремонта? 5. Какие регулировочные работы выполняют при испытаниях дизелей? 6. В какой последовательности выполняют операции по настройке систем ДАУ? 7. Для чего энергетические установки подвергают ходовым испытаниям?

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

---

- Архангельский В. С. Регуляторы частоты вращения судовых дизелей. Л.: Судостроение, 1982. 179 с.
- Балякин О. К. Организация и технология судоремонта. М.: Транспорт, 1986. 264 с.
- Большаков В. Ф., Фомин Ю. Я., Павленко В. И. Эксплуатация судовых среднеоборотных дизелей. М.: Транспорт, 1983. 160 с.
- Вешкельский С. А., Черняк И. В. Справочник моториста теплохода. М.: Транспорт, 1987. 350 с.
- Гогин А. Ф., Богданов А. А. Судовые двигатели внутреннего сгорания. М.: Транспорт, 1983. 280 с.
- Горелкин В. И. Реверсирование судовых автоматизированных дизелей. М.: Транспорт, 1984. 156 с.
- Ермаков В. Ф. Экономичность работы судовых дизелей. М.: Транспорт, 1982. 160 с.
- Кондрашов Н. Н. Отказы и дефекты судовых дизелей. М.: Транспорт, 1985. 152 с.
- Королев Н. И. Регулирование судовых дизелей. М.: Транспорт, 1983. 145 с.
- Кутыркин В. А., Постников В. И. Специальные системы нефтеналивных судов. М.: Транспорт, 1983. 192 с.
- Лебедев О. Н., Калашников С. А. Судовые энергетические установки и их эксплуатация. М.: Транспорт, 1987. 336 с.
- Леонтьевский Е. С. Справочник механика и моториста теплохода. М.: Транспорт, 1981. 352 с.
- Мартынов А. А. Энергетические установки земснарядов. М.: Транспорт, 1986. 240 с.
- Правила безопасности труда на судах речного флота /Министерство речного флота РСФСР. М.: Транспорт, 1976. 192 с.
- Разумов В. К., Зайцев В. Г. Охрана труда и противопожарная защита на речном транспорте. М.: Транспорт, 1983. 192 с.
- Руководство по теплотехническому контролю серийных теплоходов /Министерство речного флота РСФСР. М.: Транспорт, 1986. 206 с.
- Санитарные правила для судов внутреннего плавания СССР /Министерство здравоохранения СССР. М.: Транспорт, 1979. 96 с.
- Сборник нормативных документов по техническому обслуживанию дизелей/ Министерство речного флота РСФСР. М.: Транспорт, 1980. 73 с.
- Сизых В. А. Судовые энергетические установки. М.: Транспорт, 1984. 262 с.
- Сизых В. А. Судовая автоматика и аппаратура контроля. М.: Транспорт, 1986. 280 с.
- Федоров В. Ф., Губанов Б. Д. Организация и технология судоремонта. М.: Транспорт, 1987. 336 с.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

---

Предисловие . . . . .	3
Введение . . . . .	4

## Глава 1

### ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ДИЗЕЛЯХ

1. Принцип действия дизелей . . . . .	6
2. Понятие о топливе и процессе сгорания его в дизелях . . . . .	13
3. Мощность, экономичность и классификация дизелей . . . . .	19

## Глава 2

### ОСНОВНЫЕ ДЕТАЛИ ДИЗЕЛЕЙ

4. Остов дизелей . . . . .	25
5. Детали кривошипно-шатунного механизма . . . . .	32

## Глава 3

### ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЕ И УСТРОЙСТВА ТОПЛИВОПОДАЧИ

6. Система газораспределения . . . . .	43
7. Топливная система . . . . .	51
8. Автоматические регуляторы частоты вращения коленчатого вала . . . . .	72

## Глава 4

### СМАЗЫВАНИЕ И ОХЛАЖДЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ДИЗЕЛЯ

9. Смазочная система . . . . .	83
10. Система охлаждения . . . . .	93

## Глава 5

### СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ СЭУ

11. Система сжатого воздуха . . . . .	99
12. Системы пуска и реверсирования . . . . .	105
13. Система дистанционного управления . . . . .	115
14. Системы контроля, сигнализации и защиты . . . . .	123

## Глава 6

### ДИЗЕЛИ СЕРИЙНЫХ СУДОВ

15. Конструкции дизелей серийных теплоходов . . . . .	134
16. Перспективы развития дизелей . . . . .	142
17. Валопровод винтовых судов . . . . .	147

## Глава 7

### УПРАВЛЕНИЕ ДИЗЕЛЯМИ И КОНТРОЛЬ ЗА РЕЖИМОМ ИХ РАБОТЫ

18. Подготовка к пуску, пуск и остановка дизелей . . . . .	154
19. Режимы работы дизелей . . . . .	159

## Глава 8

### ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ДИЗЕЛЕЙ

20. Периодичность и содержание технического обслуживания . . . . .	165
21. Теплотехнический контроль за состоянием дизелей . . . . .	167
22. Основные правила безопасного обслуживания дизелей . . . . .	184
23. Меры защиты окружающей среды . . . . .	187

## Глава 9

### ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

24. Электроэнергетические установки . . . . .	191
25. Котельные установки . . . . .	195

## Глава 10

### ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ, ХОЛОДИЛЬНЫЕ АГРЕГАТЫ И СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

26. Механизмы рулевых устройств . . . . .	210
27. Якорно-швартовные механизмы . . . . .	217
28. Механизмы шлюпочных, буксирных и счальных устройств . . . . .	226
29. Судовые насосы . . . . .	232
30. Холодильные агрегаты и системы кондиционирования воздуха . . . . .	243

## Глава 11

### ПОНЯТИЕ ОБ ОРГАНИЗАЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ СУДОРЕМОНТА

31. Назначение и виды судоремонта . . . . .	253
32. Методы восстановления и упрочения деталей судовых механизмов . . . . .	256
33. Правила безопасности труда при ремонте судовой энергетической установки . . . . .	258
	303

## Глава 12

### РЕМОНТ ОСНОВНЫХ ДЕТАЛЕЙ ДИЗЕЛЕЙ

34. Подготовка дизелей к ремонту . . . . .	261
35. Ремонт основных деталей дизеля . . . . .	263
36. Ремонт подшипников . . . . .	275
37. Сборка основных деталей дизеля . . . . .	278

## Глава 13

### РЕМОНТ СИСТЕМ И МЕХАНИЗМОВ СЭУ

38. Ремонт и регулирование средств газораспределения и топливopодачи . . . . .	284
39. Ремонт и регулирование средств автоматизации СЭУ . . . . .	286
40. Ремонт валопроводов и движителей . . . . .	289
41. Ремонт вспомогательных механизмов . . . . .	293
42. Испытание энергетических установок после ремонта . . . . .	296
Список литературы . . . . .	301

Учебник

*Сизых Василий Афанасьевич*

### СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

Переплет художника *А. Е. Смирнова*

Технический редактор *Н. Д. Муравьева*

Корректор-вычитчик *Л. В. Ананьева*

Корректор *А. М. Крулевич*

ИБ № 4257

---

Сдано в набор 12.10.89. Подписано в печать 31.10.90. Формат 70×90<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офс. № 1. Гарнитура литературная. Офсетная печать. Усл. печ. л. 22,23. Усл. кр.-отт. 89,5.

Уч.-изд. л. 24,2. Тираж 18 000 экз. Заказ 5220. Цена 2 руб.

Изд. № 1-1-3/13-10 № 4955

Ордена «Знак Почета» издательство «ТРАНСПОРТ», 103064, Москва, Басманный туп., 6а

---

Ордена Трудового Красного Знамени типография издательства  
Куйбышевского обкома КПСС.

443086. гор. Куйбышев, проспект Карла Маркса, 201.



**В. А. СИЗЫХ**

---

**СУДОВЫЕ  
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ  
УСТАНОВКИ**

СОВРЕМЕННЫЕ РЕЧНЫЕ СУДА  
ОСНАЩЕНЫ СЛОЖНЕЙШИМИ  
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ УСТАНОВКАМИ,  
ОБОРУДОВАНЫ СРЕДСТВАМИ  
АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ,  
СИГНАЛИЗАЦИИ, РЕГУЛИРОВАНИЯ  
И ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ  
ИЗ РУЛЕВОЙ РУБКИ.  
ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ  
ТАКИХ УСТАНОВОК ТРЕБУЮТСЯ  
ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫЕ  
СПЕЦИАЛИСТЫ.  
УЧЕБНИК СОДЕРЖИТ ОСНОВНЫЕ  
СВЕДЕНИЯ ОБ УСТРОЙСТВЕ,  
ПРИНЦИПАХ РАБОТЫ, ТЕХНИЧЕСКОМ  
ОБСЛУЖИВАНИИ И РЕМОНТЕ СУДОВЫХ  
МАШИН И МЕХАНИЗМОВ.  
ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В КНИГЕ  
ОБЪЕМНЫЕ КРАСОЧНЫЕ ИЛЛЮСТРАЦИИ  
ПОМОГУТ УЧАЩИМСЯ БЫСТРЕЕ  
ИЗУЧИТЬ КОНСТРУКТИВНЫЕ  
ОСОБЕННОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО  
ОБОРУДОВАНИЯ, РАЗОБРАТЬСЯ  
В ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ, ПРОИСХОДЯЩИХ  
ПРИ РАБОТЕ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ,  
ЛУЧШЕ УСВОИТЬ ИЗЛАГАЕМЫЙ МАТЕРИАЛ.  
КНИГА МОЖЕТ БЫТЬ ПОЛЕЗНА ТАКЖЕ  
ПРАКТИКАМ, ПОВЫШАЮЩИМ  
СВОЮ КВАЛИФИКАЦИЮ В УЧЕБНО-  
КУРСОВЫХ КОМБИНАТАХ  
ПРЕДПРИЯТИЙ И ОРГАНИЗАЦИЙ  
РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА