

Топливная аппаратура дизеля 10Д100

Подачу топлива в цилиндры дизеля в заданном количестве и в определённое время, а также равномерное распределение топлива по объёму камеры сгорания в распыленном состоянии должна обеспечивать топливная аппаратура, состоящая из насосов высокого давления и форсунок. Для привода насосов высокого давления дизель оборудован двумя кулачковыми валами и двадцатью толкателями.

Топливные насосы высокого давления (ТНВД).

Секционные, плунжерного типа, с постоянной величиной хода плунжера насосы высокого давления установлены в отсеке топливной аппаратуры блока дизеля с левой и правой стороны (по десять насосов). Размещены они вертикально с направлением нагнетания вниз. При монтаже насос крепится как к фланцу корпуса толкателя (двумя гайками), так и к топливному коллектору (двумя болтами) через паронитовую прокладку.

В чугунном корпусе ТНВД смонтирован насосный элемент – гильза и плунжер, тщательно притёртые друг к другу (прецизионная пара, с французского языка дословно переводится как отличающаяся высокой точностью сопряжения). Гильзу и плунжер в корпус устанавливают только комплектно. Плунжер представляет собой стальной стержень диаметром 13 мм, имеющий в средней части три прямобочных шлица, с одного торца – рабочую головку, а с другого – пяту (буртик). Длина рабочей головки плунжера ограничена кольцевой замкнутой проточкой, от которой до торца стержня выполнен продольный паз. На цилиндрической поверхности головки предусмотрена выемка (фрезеровка) со спиральной кромкой, идущей почти от начала продольного паза до кольцевой проточки и получившей название отсечной. Пятой плунжер упирается в головку штока толкателя, сообщаящего ему поступательное движение. Гильза фиксируется в корпусе насоса стопорным винтом. Положение гильзы в корпусе насоса устанавливается по совпадению отверстий в ней и в корпусе, благодаря чему топливо может либо поступать из коллектора дизеля внутрь гильзы, либо вытесняться обратно.

В торец гильзы упирается корпус нагнетательного клапана. В корпусе находится клапан, прижатый к седлу (клапанной притирке) пружиной. Корпус и клапан являются прецизионной парой. Предварительно корпус нагнетательного клапана притирается к торцу гильзы и, после установки в корпус насоса, прижимается к ней штуцером через прокладку (медное, либо капроновое кольцо с конической расточкой отверстия). Нажатие на штуцер осуществляется фланцем, прикрепленным к торцу корпуса насоса двумя шпильками с гайками.

На шлицы плунжера свободно надета шестерня, поверх которой установлено опорное кольцо возвратной пружины. Пружина ставится на кольцо с предварительным сжатием и удерживается в таком состоянии тарелкой в форме усечённого конуса. Тарелка по образующей конуса имеет прорезь и охватывает стержень плунжера за пятой. В расточке корпуса насоса тарелка закреплена стопорным кольцом.

Полая зубчатая регулировочная рейка вставлена в сквозную горизонтальную расточку прилива корпуса насоса и своими зубцами связана с шестерней, установленной на плунжере. При перемещении она поворачивает на некоторый угол шестерню, а значит и плунжер. Благодаря свободному шлицевому соединению шестерни с плунжером, последний может передвигаться вверх и вниз, не нарушая зацепления шестерни с зубчатой рейкой. На рейке нанесены деления (риски), по которым производится регулировка поворота плунжера. Над рейкой к корпусу насоса крепится указательная стрелка. Для ограничения хода рейки на неё насаживается, закрепляется по месту болтом и заштифтовывается упор (шайба с лыской).

Поводковая втулка с пружиной, надетые на стержень реечного болта, вставлены внутрь зубчатой рейки. При этом резьбовым хвостовиком болт ввёрнут в торец рейки и дополнительно фиксирован корончатой гайкой. Поводковая втулка реечным болтом незначительно утоплена внутрь зубчатой рейки. Окончательную величину её выхода из рейки регулируют непосредственно на дизеле, когда с помощью шаблона длиной $52\pm 0,3$ мм устанавливаются «выход реек ТНВД» ($52\pm 0,3$ мм – это расстояние между фланцем поводковой втулки и обработанной поверхностью корпуса насоса – местом крепления указательной стрелки). Поводковая втулка служит для связи топливного насоса с поводком тяги управления дизелем, а пружина предотвращает стопорение хода этой тяги (в сторону уменьшения подачи топлива ТНВД), когда происходит заклинивание плунжера в гильзе насосного элемента.

Работа топливного насоса протекает следующим порядком. Под усилием пружины плунжер движется вверх от нагнетательного клапана (ход всасывания) и в подплунжерное пространство через совмещённые отверстия корпуса и гильзы поступает топливо, нагнетаемое в топливный коллектор дизеля топливоподкачивающим насосом. При движении плунжера в сторону нагнетательного клапана под действием толкателя насоса (ход нагнетания), часть топлива из подплунжерного пространства будет выжиматься обратно в коллектор через отверстие в гильзе и в корпусе насоса до тех пор, пока торцевая кромка головки плунжера не перекроет отверстие в гильзе. При дальнейшем движении плунжера вниз давление топлива под ним начинает повышаться. Когда оно достигнет величины, превышающей усилие сжатой (не до смыкания витков) пружины нагнетательного клапана, последний откроется и топливо по трубке высокого давления будет поступать в форсунку, а затем впрыскиваться в цилиндр. Подача топлива от насоса будет продолжаться до тех пор, пока отсечная (спиральная) кромка головки плунжера не откроет отверстие в гильзе. Как только это произойдёт, топливо из подплунжерного пространства по вертикальному пазу головки плунжера начнёт перетекать через отверстие в гильзе назад в топливный коллектор (из-за значительной разницы в давлении). В результате давление его под плунжером резко снизится и нагнетательный клапан под действием своей пружины сядет на седло. Процесс нагнетания топлива в форсунку закончился.

Далее шток толкателя перестаёт нажимать на плунжер и тот, перемещаемый вверх пружиной, вновь начинает ход всасывания топлива.

Начало подачи топлива ТНВД определяется моментом полного перекрытия торцевой кромкой головки плунжера отверстия в гильзе. Количество подаваемого топлива зависит от положения отсечной (спиральной) кромки головки плунжера относительно отверстия в гильзе. Величина порции топлива регулируется поворотом плунжера вокруг вертикальной оси: при повороте по часовой стрелке подача топлива увеличивается, а при повороте против часовой стрелки – уменьшается.

Для проверки правильности сборки и регулировки каждый собранный насос до монтажа на дизель обкатывают и испытывают на стенде. Производительность насоса регулируют при температуре топлива в системе стенда 15-40 °С. Максимальная производительность насоса при положении указательной стрелки против 14 деления на рейке за 800 нагнетательных ходов плунжера при 850 об/мин кулачкового вала стенда должна быть 430±10 грамм. Измерение повторяют дважды, расхождение в показаниях допускается не более 5 грамм. Минимальная производительность насоса проверяется после перемещения зубчатой рейки в сторону уменьшения подачи топлива на 14,2^{+0,01} мм (3-е деление на рейке против указательной стрелки) за 800 нагнетательных ходов плунжера при 400 об/мин кулачкового вала стенда. Она должна быть в пределах 70-105 грамм.

В зависимости от величины минимальной производительности насосы разделяются на три группы: к первой относятся насосы с производительностью 70-80 грамм, ко второй – 81-90 грамм, к третьей – 91-105 грамм. Клеймо принадлежности насоса к группе ставят на корпус с фронтальной стороны. Дизель комплектуют насосами с минимальной производительностью одной группы. Этим достигается устойчивая и равномерная работа его цилиндров на холостом ходу.

Привод ТНВД.

Кулачковые валы и их подшипники.

В блоке дизеля с правой и левой стороны ниже верхнего коленчатого вала находятся два одинаковых по конструкции кулачковых вала. Назначение этих валов – приводить в действие ТНВД согласно установленным порядку работы и момента опережения подачи топлива в цилиндры. Оба вала должны быть смонтированы так, чтобы их кулачки через толкатели одновременно действовали на плунжеры топливных насосов, обслуживающих один и тот же цилиндр дизеля, обеспечивая синхронные начало и конец подачи топлива.

Каждый кулачковый вал состоит из четырёх частей, откованных из легированной стали и имеющих сквозной осевой канал. Части вала стыкуются фланцами по меткам взаимного положения и соединяются призонными болтами (шесть болтов на соединение). Жёсткости соединения способствует наличие на торце одного из фланцев кольцевого бурта, а на торце смежного фланца кольцевой выточки, которые плотно входят друг в друга. Этим же приёмом достигается герметичность осевого канала по стыку частей. Составная

конструкция вала позволяет производить его демонтаж по частям, что важно при ограниченности пространства дизельного помещения тепловоза.

Собранный кулачковый вал имеет одиннадцать опорных шеек (фланцы соединения частей не являются опорными шейками) и десять кулачков, рабочие поверхности которых закалены ТВЧ на глубину 2-3 мм. В серийном исполнении дизеля 10Д100 конфигурация кулачков каплевидная (на модернизированных дизелях 10Д100М1, 10Д100М2 – овальная конфигурация, так называемый прогрессивный профиль кулачка). В опорных шейках выполнены радиальные сверления до пересечения с осевым каналом вала. Перед одиннадцатой опорной шейкой на валу расположен кольцевой бурт – ограничитель продольного смещения вала в сторону от привода. В другую сторону сдвиг вала предотвращается стальной цементированной пятой (плоской шайбой), которая крепится разрезной гайкой на хвостовике вала за одиннадцатой опорной шейкой. После закрепления гайка стягивается двумя болтами (стопорится от самоотворачивания). Проворачивание пяты на валу исключается штифтом, запрессованным в вал. Пята заводится на штифт пазом, профрезерованным в её отверстии.

Опорные подшипники кулачковых валов (с первого по десятый) стальные, разъёмные (из двух половин), канавочные. Внутренняя поверхность подшипников залита баббитом марки БК2. Верхние (рабочие) половинки подшипников отличаются от нижних наличием двух несквозных радиальных сверлений в наружном полукольцевом фланце. Одно из этих сверлений служит для фиксации собранного подшипника в гнезде блока дизеля болтом, а второе позволяет ставить верхнюю половинку в гнездо любой стороной. Между собой половинки одного подшипника центрируются штифтами, установленными в их торцах. Пружинное кольцо, охватывая половинки, соединяет их в единый узел. Подшипник первой опоры каждого вала длиннее остальных, т.к. несёт дополнительную нагрузку от приводной шестерни, монтируемой на торце вала. Также через него осуществляется подвод масла в осевой канал вала. Радиальные отверстия, просверленные в половинках этого подшипника и в первой опорной шейке вала, имеют больший диаметр.

Опорно-упорный (одиннадцатый) подшипник каждого вала удерживает его от чрезмерных осевых смещений. Конструктивно он представляет собой стальную втулку, залитую по внутренней цилиндрической поверхности и одному торцу баббитом БК2. Этим торцем воспринимается давление от бурта вала. С противоположной стороны подшипник упирается в бронзовый фланец, который центрируется по расточке гнезда под подшипник в перегородке блока дизеля и удерживается болтами, пропущенными через отверстия наружного бурта подшипника. Болты вворачиваются в стальное нажимное кольцо по другую сторону перегородки блока дизеля. Стержнями болтов подшипник фиксирован от проворота. Бронзовый фланец воспринимает давление от пяты вала, поверхность его полирована. Осевой разбег вала допускается в пределах 0,1-0,5 мм.

Подвод масла в подшипники кулачковых валов осуществляется от внутреннего масляного коллектора дизеля по трубкам к первому подшипнику

каждого вала. Отсюда масло поступает по радиальным отверстиям в осевой канал вала и, двигаясь по нему, распределяется на опорные шейки. Зазор «на масло» в подшипниках составляет 0,08-0,3 мм. За одиннадцатым подшипником осевой канал вала заглушен пробкой. Отработав в подшипниках, масло сливается на горизонтальный лист блока дизеля и далее через отсек вертикальной передачи, либо отсек управления, в маслосборник поддизельной рамы.

Кулачковые валы приводятся во вращение от верхнего коленчатого вала при помощи шестерённой передачи, размещённой в отсеке управления дизелем. На хвостовик коленчатого вала на шпонку посажена косозубая ведущая шестерня, которая через две промежуточные связана с приводными шестернями на кулачковых валах (передаточное число привода 1:1). Промежуточные шестерни с запрессованными в них шарикоподшипниками смонтированы на цапфах кронштейнов. Последние прикреплены шпильками к плите и планкам, приваренным к переднему торцевому листу блока дизеля. Правильное положение кронштейнов задаётся коническими штифтами. К торцу каждой цапфы болтами прикреплена шайба, препятствующая смещению шестерни.

К торцам кулачковых валов приводные шестерни прикреплены шпильками с гайками и штифтами. Отверстия под шпильки в шестернях выполнены овальными с целью регулировки положения кулачковых валов относительно верхнего коленчатого вала (при выставлении угла опережения подачи топлива).

К приводной шестерне правого кулачкового вала (по дизелю) прикреплен центробежный регулятор предельного числа оборотов коленчатых валов дизеля.

Толкатели.

Толкатели являются связующим звеном между кулачковыми валами и ТНВД. Необходимость их применения на дизеле вызвана удалённостью топливных насосов от кулачковых валов и потребностью преобразования одного вида движения (вращения) в другое (поступательное).

Каждый из двадцати толкателей имеет чугунный корпус, в осевую расточку которого вставлен стальной шток и его возвратная пружина с опорной шайбой. Шток представляет собой стержень с утолщенной верхней частью. В утолщение штока помещается пустотелая ось, на которой вращается плавающая бронзовая втулка и стальной термообработанный ролик. Для предохранения от проворачивания штока толкателя и, как следствие, нарушения работы ролика, в ось вставлен направляющий палец. Головка пальца входит в продольный паз корпуса толкателя. При этом буртик головки пальца располагается внутри за продольным пазом корпуса толкателя, исключая выпадание пальца. Вдоль пальца профрезерована канавка для масла. При монтаже толкателя на дизеле палец следует поворачивать так, чтобы канавка оказалась сверху. Тогда масло, попадающее на головку пальца, будет затекать в канавку, и смазывать палец.

В пятау плунжера ТНВД шток толкателя упирается наконечником, запрессованным в пустотелый хвостовик штока. Наконечник является сменным элементом и обеспечивает ремонтпригодность штоку толкателя. Возвратная

пружина толкателя прижимает ролик к кулачку вала привода. При вращении вала ролик обегает кулачок, и шток толкателя совершает возвратно-поступательное движение.

Ролик, втулка, ось и палец смазываются брызгами масла, выбрасываемого из верхних поршней на горизонтальный лист блока дизеля (отсек верхнего коленчатого вала) при его работе. Проникая через торцевые зазоры между роликом и стенками утолщения штока толкателя, масло распределяется по бронзовой втулке и оси. Этому способствуют спиральные канавки, проточенные снаружи и внутри втулки. Особенность смазывания пальца описана выше.

Поступление масла к стержневой части штока и в корпус толкателя (в зону трения со штоком) осуществляется по вертикальной лыске, сошлифованной на утолщенной части штока. Для слива масла в средней части корпуса толкателя имеется отверстие с резьбой, куда вворачивается штуцер-тройник. Соединительными трубками штуцеры-тройники всех толкателей связаны друг с другом для отведения и сброса масла в отсек управления дизелем (в торцевом листе блока дизеля для этого просверлены отверстия).

В блоке дизеля корпуса толкателей размещаются в отсеке воздушных ресиверов, поэтому при монтаже уплотняются резиновыми кольцами (малым сверху, большим снизу).

Форсунки.

Назначение: служат для введения топлива в камеру сгорания втулок цилиндров дизеля, обеспечивая при этом оптимальное смесеобразование топлива с воздухом, длину топливной струи, мелкость распыления топлива, равномерность его распределения по объёму камеры сгорания, высокое давление впрыскивания, чёткие начало и конец процесса.

Каждый цилиндр дизеля обслуживают две форсунки закрытого типа. Называются они так потому, что после впрыска топлива разобцают цилиндр от объёма топливного трубопровода высокого давления.

Серийная форсунка.

В расточке стального корпуса форсунки установлены друг над другом и зажаты стаканом пружины сопловой наконечник, распылитель, щелевой фильтр.

Сопловой наконечник изготовлен из легированной стали. В нём просверлены три отверстия диаметром $0,56^{+0,02}$ мм, через которые топливо впрыскивается в камеру сгорания цилиндра. Отверстия расположены с таким расчётом, чтобы впрыскивание происходило под некоторым углом к оси форсунки, что улучшает процесс смесеобразования и отдаляет факел топлива от поверхности головки нижнего поршня. Для правильной постановки в корпус на боковой поверхности наконечника сделан срез (лыска). Под бурт соплового наконечника ставится прокладка из отожженной меди. Толщиной прокладки задаётся выход носика наконечника из корпуса форсунки в пределах 1-2,2 мм.

Распылитель состоит из корпуса и иглы. Они являются прецизионной парой, в которой игла служит клапаном, а корпус – седлом клапана. Конус иглы

тщательно притёрт к запорному конусу корпуса распылителя и разобщает полость высокого давления топлива от камеры сгорания цилиндра. Корпус распылителя снаружи имеет центрирующий бурт, перед которым радиально просверлены три отверстия.

Щелевой фильтр предохраняет распылитель от механических повреждений твёрдыми частицами (продуктами износа плунжерной пары ТНВД). Он представляет собой стальной цилиндрический стержень, установленный в корпусе форсунки с малым зазором (0,05-0,15 мм) и имеющий 24 продольных паза, в двенадцать из которых топливо подводится, а из других двенадцати отводится. Фильтрация осуществляется при проходе топлива из подводящих пазов в отводящие через зазоры между щелевым фильтром и корпусом. Резьбовая нарезка на хвостовике фильтра позволяет изъять его из корпуса форсунки съёмником. Между нарезкой и пазовым участком фильтра выполнен бурт, на который через медную прокладку воздействуют стаканом пружины при сборке форсунки. Фильтр имеет сквозной осевой канал для свободного прохода толкателя.

В стакан пружины ввёрнут штуцер, отводящий просочившееся из распылителя (вдоль иглы) топливо за пределы форсунки. Кроме того, им регулируют затяжку пружины, которая через тарелку, толкатель и ограничитель подъёма прижимает иглу к запорному конусу корпуса распылителя. После регулировки затяжки штуцер стопорится гайкой.

Нагнетаемое ТНВД топливо по каналу в корпусе форсунки подводится к кольцевой проточке щелевого фильтра. Очищенное после фильтра топливо по кольцевому зазору между распылителем и корпусом форсунки, а далее через три радиальных отверстия в корпусе распылителя, поступает внутрь и заполняет полость над его запорным конусом. Когда сила давления топлива, действующая на кольцевой заплечик иглы, превысит усилие затяжки пружины, игла поднимается (подъём иглы задаётся толщиной ограничителя в пределах 0,4-0,5 мм), и топливо через отверстия соплового наконечника впрыскивается в камеру сгорания цилиндра. Затяжка пружины обеспечивает начало впрыска при давлении топлива 210^{+5} кгс/см². Отсечка подачи топлива ТНВД вызывает резкое падение давления, и игла под действием пружины садится в запорный конус корпуса распылителя.

Двухрежимная форсунка.

Отличается от серийной тем, что топливо к впрыскивающим отверстиям соплового наконечника поступает по двум отдельным каналам. Один канал сообщается с отверстием диаметром 0,45 мм, второй – с двумя отверстиями диаметром 0,65 мм. Между распылителем и отверстиями диаметром 0,65 мм установлен разделительный клапан, поджатый к проставке пружинной и давлением газов со стороны камеры сгорания цилиндра во время работы.

На холостом ходу и малых нагрузочных режимах, когда давление топлива не может открыть разделительный клапан, впрыскивание топлива в цилиндр производится через одно отверстие диаметром 0,45 мм. При этом значительно улучшается качество распыла топлива. С переходом на большие нагрузочные режимы цикловая подача и давление топлива растут, разделительный клапан

открывается, и подача топлива происходит через три впрыскивающих отверстия.

Прочие конструктивные отличия двухрежимной форсунки:

- ✓ ограничитель подъёма иглы сцентрирован по сфере хвостовика иглы и контактирует с плоским торцом толкателя;
- ✓ щелевой фильтр и толкатель укорочены на 7 мм и не взаимозаменяемы с используемыми в серийной форсунке.

Для внешнего отличия от серийных двухрежимные форсунки имеют окрашенный в жёлтый цвет стакан пружины; на боковой поверхности фланца корпуса выбивается буква «М».