

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

Кафедра тракторов, автомобилей и машин
для природообустройства

А. Н. Карташевич, А. А. Рудашко, А. В. Гордеенко

ТРАКТОРЫ И АВТОМОБИЛИ

СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

*Методические указания к лабораторной работе
для студентов, обучающихся по специальностям
1-74 06 01 Техническое обеспечение процессов сельскохозяйственного
производства, 1-74 06 04 Техническое обеспечение мелиоративных
и водохозяйственных работ*

Горки
БГСХА
2020

УДК 621.4:629.331

*Рекомендовано методической комиссией
факультета механизации сельского хозяйства.
Протокол № 2 от 26 октября 2020 г.*

Авторы:

доктор технических наук, профессор *А. Н. Карташевич*;
кандидаты технических наук, доценты
А. А. Рудашко, А. В. Гордеенко

Рецензент:

кандидат технических наук, доцент *В. И. Коцуба*

Тракторы и автомобили. Системы питания дизельных двигателей : методические указания к лабораторной работе / А. Н. Карташевич, А. А. Рудашко, А. В. Гордеенко. – Горки : БГСХА, 2020. – 32 с.

Изложены назначение, классификация, конструкция и особенности эксплуатации систем питания дизельных двигателей.

Для студентов, обучающихся по специальностям 1-74 06 01 Техническое обеспечение процессов сельскохозяйственного производства, 1-74 06 04 Техническое обеспечение мелиоративных и водохозяйственных работ.

© УО «Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия», 2020

1. НАЗНАЧЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ ПИТАНИЯ

К системе питания дизельных двигателей относятся топливно- и воздухоподводящая аппаратура, выпускной трубопровод и глушитель шума отработавших газов. Топливоподача осуществляется по двум основным магистралям: низкого и высокого давления. Назначение механизмов и узлов магистрали низкого давления состоит в хранении топлива, его фильтрации и подаче под малым давлением к насосу высокого давления. Механизмы и узлы магистрали высокого давления обеспечивают подачу и впрыскивание необходимого количества топлива в цилиндры двигателя в нужный момент. Впрыск топлива в камеру сгорания в любой системе питания осуществляется форсункой. Основное различие между системами состоит в механизме создания высокого давления. Во всех системах питания может быть реализовано электронное управление впрыском топлива.

Система питания дизельного двигателя выполняет следующие функции:

- предварительная фильтрация топлива перед подачей его в насосы системы питания и форсунки;
- дозирование строго определенного количества топлива с учетом нагрузки на двигатель в том или ином режиме его работы;
- эффективный впрыск топлива в заданный промежуток времени с определенной интенсивностью;
- распыление и максимально равномерное распределение топлива по объему камеры сгорания в цилиндрах дизельного ДВС;
- очистка атмосферного воздуха, поступающего в цилиндры двигателя, от пыли и абразивных частиц;
- равномерное распределение воздуха по всем цилиндрам двигателя;
- снижение уровня шума отработавших газов на выпуске.

Систему питания дизельных ДВС принято подразделять на две группы топливной аппаратуры:

- аппаратура для подвода топлива (топливоподводящая, или система питания топливом);
- аппаратура для подвода воздуха (воздухоподводящая, или система питания воздухом).

Системы питания воздухом могут быть атмосферные и наддувные. В атмосферных системах воздух из атмосферы поступает непосредственно в цилиндры двигателя. В наддувных системах воздух предварительно сжимается компрессором (чаще всего турбокомпрессором).

Для охлаждения сжатого компрессором воздуха перед подачей его в цилиндры может применяться охладитель наддувочного воздуха.

Системы питания топливом подразделяют на системы непосредственного действия и аккумуляторные системы. Системы непосредственного действия, в свою очередь, делятся на насосные (с рядным, распределительным или индивидуальным насосом высокого давления) и насос-форсунки.

В четырехтактных дизельных двигателях широкое распространение получила топливоподводящая аппаратура насосного типа, у которой топливный насос высокого давления (ТНВД) и форсунки конструктивно выполнены отдельно и соединены топливопроводами высокого давления.

Рядные ТНВД комплектуются плунжерными парами, количество которых равно числу цилиндров. Цикловая подача насоса изменяется путем поворота плунжеров с помощью рейки. Распределительные ТНВД оснащаются одним плунжером на несколько цилиндров. В аксиальных насосах величина цикловой подачи определяется либо перемещением регулирующей втулки, либо с помощью электромагнитного клапана высокого давления. В распределительных насосах с радиальным движением плунжеров (роторных насосов) регулирование осуществляется электромагнитным клапаном.

Индивидуальный ТНВД отличается от рядного насоса тем, что плунжеры 5 (рис. 1, *а*) не имеют общего корпуса, а находятся каждый в отдельном насосе. Начало и продолжительность впрыска форсункой 2 регулируются с помощью электромагнитного клапана 4.

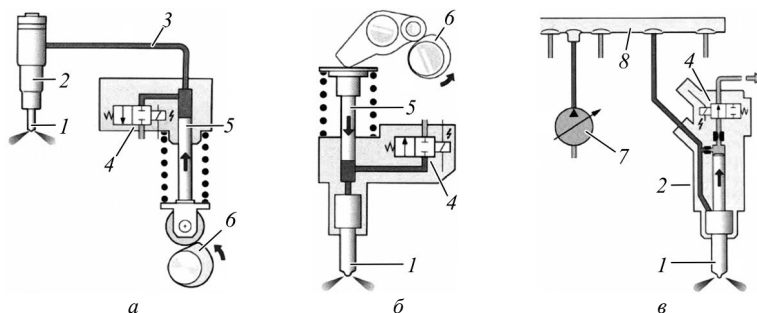


Рис. 1. Системы впрыска топлива дизельных двигателей: *а* – индивидуальный ТНВД; *б* – насос-форсунка; *в* – аккумуляторная система; 1 – распылитель форсунки; 2 – форсунка; 3 – топливопровод высокого давления; 4 – электромагнитный клапан высокого давления; 5 – плунжер; 6 – кулачок привода ТНВД; 7 – автономный ТНВД; 8 – аккумулятор давления

В насос-форсунке топливный насос высокого давления и форсунка объединены в единый агрегат (рис. 1, б). Насос-форсунка устанавливается на каждый цилиндр двигателя и приводится в действие от кулачка 6 распределительного вала непосредственно толкателем или через коромысло. Впрыск регулируется электромагнитным клапаном высокого давления 4.

В аккумуляторной системе (общепринятое название Common Rail) функции создания высокого давления и впрыска разделены. Давление впрыска создается и регулируется автономным ТНВД 7 независимо от частоты вращения коленчатого вала и величины цикловой подачи. Оно поддерживается в топливном аккумуляторе 8 для последующего впрыска форсункой 2. Момент впрыска и цикловая подача регулируется электронным блоком управления (ЭБУ) и управляется электромагнитным клапаном 4.

2. СИСТЕМА ПИТАНИЯ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ С РЯДНЫМ НАСОСОМ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Большое распространение получили насосные системы непосредственного действия. В таких системах топливный насос высокого давления и форсунки реализованы в виде отдельных устройств. Топливо подается в дизельный двигатель по магистралям высокого и низкого давления. Дизельное топливо хранится, фильтруется и подается к ТНВД посредством магистрали низкого давления. В магистрали высокого давления ТНВД поднимает давление в системе для осуществления подачи и впрыска строго определенного количества топлива в рабочую камеру сгорания дизельного двигателя в заданный момент.

Топливо, заливаемое в бак 1 (рис. 2), проходит сквозь фильтр бака и засасывается топливоподкачивающим насосом 5 через топливопровод низкого давления 3 в фильтр грубой очистки 2, где происходит его очистка от воды и грубых механических примесей. Затем от топливоподкачивающего насоса топливо под небольшим давлением подается к фильтру тонкой очистки 7, где происходит очистка топлива от мелких примесей. Чистое топливо поступает в насос высокого давления 4, имеющий шесть секций (по числу цилиндров двигателя). ТНВД приводится в действие от коленчатого вала через распределительные шестерни дизельного двигателя и полумуфту привода, установленную на кулачковом валу.

Через форсунки 19, ввернутые в головку блока цилиндров 18, топливо впрыскивается в камеры сгорания в конце такта сжатия.

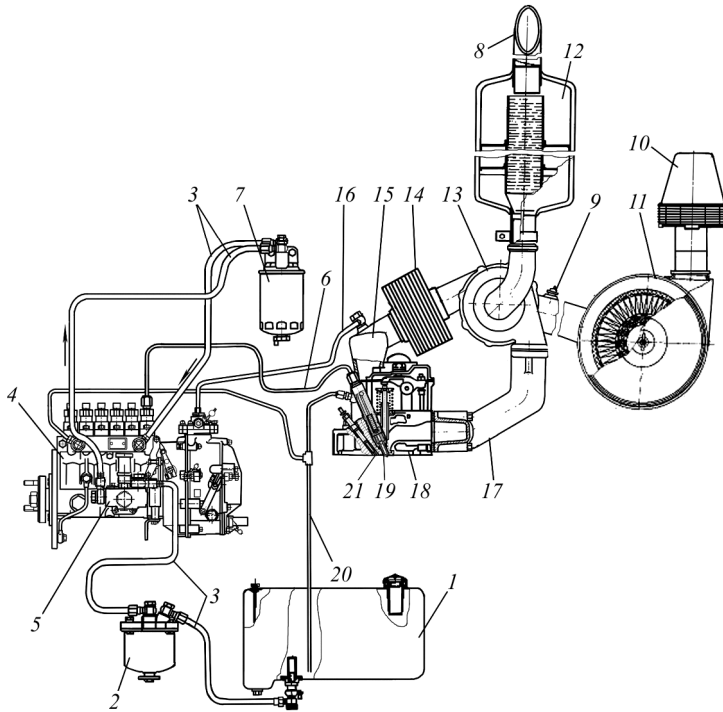


Рис. 2. Схема системы питания дизельного двигателя Д-260S2: 1 – топливный бак; 2 – фильтр грубой очистки топлива; 3 – трубки топливные низкого давления; 4 – топливный насос высокого давления; 5 – топливоподкачивающий насос; 6 – трубка топливная высокого давления; 7 – фильтр тонкой очистки топлива; 8 – выхлопная труба; 9 – датчик засоренности воздушного фильтра; 10 – моноциклон; 11 – воздухоочиститель; 12 – глушитель; 13 – турбокомпрессор; 14 – охладитель наддувочного воздуха; 15 – коллектор впускной; 16 – трубка пневмокорректора; 17 – коллектор выпускной; 18 – головка цилиндров; 19 – форсунка; 20 – трубка отвода топлива в бак; 21 – свеча накаливания

Топливный насос низкого давления подает топлива больше, чем необходимо для работы двигателя. Избыток топлива вместе с попавшим в систему воздухом отводится в бак 1 по топливопроводу 20. По этому топливопроводу также перепускается топливо, просочившееся в полости пружин форсунок. Как вариант, отвод излишков топлива может осуществляться к фильтру грубой очистки или к топливоподкачивающему насосу.

Воздухоподводящий тракт включает воздухоочиститель *11* с моноциклоном *10* и патрубки, соединяющие воздухоочиститель с турбокомпрессором *13*, охладителем наддувочного воздуха *14* и впускным коллектором *15*.

Для очистки всасываемого в цилиндры воздуха служит воздухоочиститель сухого типа с применением бумажных фильтрующих элементов, изготовленных из специального высокопористого картона. Воздухоочиститель имеет три ступени очистки. Первой ступенью очистки служит моноциклон *8* (рис. 3), второй и третьей – основной *1* и контрольный *2* бумажные фильтрующие элементы.

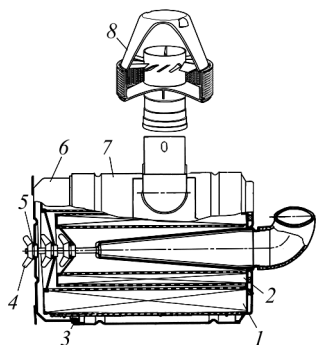


Рис. 3. Воздухоочиститель: *1* – элемент фильтрующий основной; *2* – элемент фильтрующий контрольный; *3* – прокладка; *4* – гайка-барашек; *5* – кольцо; *6* – поддон; *7* – корпус; *8* – моноциклон

Забор воздуха воздухоочистителем осуществляется через моноциклон, обеспечивающий предварительную инерционную очистку воздуха от крупных частиц пыли за счет тангенциального впуска и центробежных сил, возникающих при спиралевидном вращении воздуха относительно оси корпуса моноциклона.

Воздух под действием разрежения, создаваемого турбокомпрессором *13* (см. рис. 2), очищается воздухоочистителем от пыли и поступает в нагнетательную секцию турбокомпрессора, откуда под давлением, проходя через охладитель наддувочного воздуха *14*, подается в цилиндры дизельного двигателя.

Для контроля за степенью засоренности воздухоочистителя и определения необходимости проведения технического обслуживания во впускном тракте дизельного двигателя установлен датчик сигнализатора засоренности воздушного фильтра *9*. По мере засорения воздухоочистителя растет разрежение во впускном трубопроводе, и при достижении величины давления 6,5 кПа срабатывает сигнализатор. При срабатывании сигнализатора следует обслужить воздухоочиститель.

Турбокомпрессор предназначен для увеличения массы подаваемого в двигатель воздуха за счет его сжатия. Пропорциональный рост количества впрыскиваемого топлива позволяет увеличить мощность двигателя на 30...50 % при том же литраже.

Турбокомпрессор состоит из центробежного компрессора и газовой турбины. Насосное колесо 2 компрессора размещается на одном валу с турбинным колесом 4 (рис. 4). Турбинное колесо приводится во вращение от отработавших газов, выходящих из выпускного трубопровода дизельного двигателя. Вращение через вал передается насосному колесу, которое сжимает воздух, поступающий от воздушного фильтра, и подает его в цилиндры двигателя.

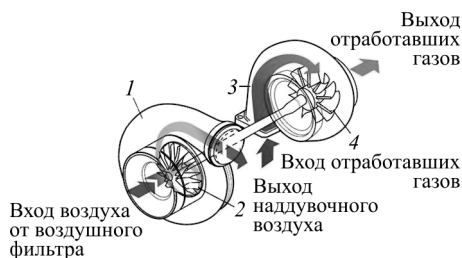


Рис. 4. Схема турбокомпрессора:
1 – корпус компрессора;
2 – насосное колесо; 3 – корпус турбины; 4 – турбинное колесо

При сжатии компрессором воздух нагревается, что снижает его массу, подаваемую в цилиндры. Охладитель наддувочного воздуха 14 (см. рис. 2) предназначен для охлаждения сжатого турбокомпрессором воздуха для повышения его плотности и увеличения массы воздушно-го заряда, уменьшения теплонапряженности деталей двигателя, а также для улучшения экологических показателей. Охладители наддувочного воздуха располагают между компрессором и дизельным двигателем, поэтому такую систему называют промежуточным охлаждением.

Топливоподкачивающий насос 5 обеспечивает бесперебойную подачу топлива из баков к ТНВД при работающем двигателе. Существуют различные конструкции топливopодкачивающих насосов. Они могут быть шестеренными, плунжерными (поршневыми) или коловратными (пластинчатого типа). Наибольшее распространение получили плунжерные и коловратные насосы.

Очистка топлива от механических примесей и воды происходит в фильтрах грубой и тонкой очистки. Фильтр грубой очистки, устанавливаемый перед топливopодкачивающим насосом, задерживает частицы размерами 20...50 мкм, на долю которых приходится 80...90 %

массы всех примесей. Фильтр тонкой очистки, помещаемый между основным топливоподкачивающим насосом и ТНВД, задерживает примеси размерами 2...20 мкм.

В настоящее время применяют сетчатые, ленточно-щелевые и пластинчато-щелевые фильтры грубой очистки топлива.

В ленточно-щелевом фильтре фильтрующим элементом служит гофрированный стакан с намотанной на него профильной лентой.

Фильтрующий элемент пластинчато-щелевого фильтра представляет собой полый цилиндр, составленный из тонких кольцевых дисков с выступами, за счет которых между дисками образуются зазоры. Топливо, проходя через щели между дисками, очищается от примесей.

У сетчатых фильтров фильтрующим элементом является металлическая сетка 4, закрепленная на отражателе 5 (рис. 5).

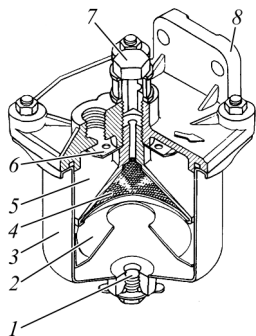


Рис. 5. Фильтр грубой очистки топлива: 1 – пробка; 2 – успокоитель; 3 – стакан; 4 – сетка; 5 – отражатель; 6 – рассеиватель; 7 – болт поворотного угольника; 8 – корпус фильтра

Как правило, фильтр грубой очистки совмещают с отстойником для воды, находящейся в дизельном топливе. Чтобы вода повторно не смешивалась с топливом при движении трактора, в нижней части фильтра устанавливают успокоитель 2. Для удаления из фильтра скопившейся воды необходимо периодически отворачивать пробку 1.

В фильтрах тонкой очистки в качестве фильтрующих элементов обычно используют картонные конструкции типа «многолучевая звезда» или пакеты из картонных или фетровых дисков.

Сменный фильтрующий элемент устанавливается внутри стакана и прижимается к корпусу пружиной, установленной в нижней части фильтра. Топливо, проходя через фильтрующий элемент, очищается и через центральный штуцер поступает к насосу высокого давления. Часто фильтрующий элемент выполняют в сборе со стаканом и пружиной, получая в результате неразборный фильтр (рис. 6).

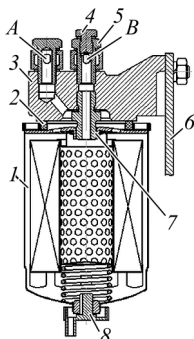


Рис. 6. Фильтр тонкой очистки топлива: 1 – фильтр неразборный; 2 – прокладка; 3 – корпус; 4 – пробка для выпуска воздуха; 5 – штуцер отводящий; 6 – кронштейн; 7 – штуцер; 8 – пробка для слива отстоя; А – подвод топлива; В – отвод топлива

Для удаления воздуха из топливной системы низкого давления служит пробка 4. С течением времени фильтр засоряется и его гидравлическое сопротивление возрастает. В связи с этим у разборных фильтров меняют фильтрующий элемент, а у неразборных – фильтр 1 целиком. Пробка 8 предназначена для слива топлива из фильтра при его замене во время планового техобслуживания.

В целях предотвращения забивания кристаллами парафина при низких температурах окружающего воздуха топливные фильтры могут быть оборудованы электроподогревом.

Топливный насос высокого давления предназначен для подачи топлива через форсунки в камеры сгорания под высоким давлением в определенный момент строго дозированными порциями, соответствующими нагрузке дизеля. Топливный насос объединен в один агрегат со всережимным центробежным регулятором и подкачивающим насосом.

Рядный топливный насос высокого давления имеет кулачковый вал 27 (рис. 7), который приводится во вращение от коленчатого вала через специальный редуктор, понижающий частоту вращения в два раза. Кулачковый вал соединяется с редуктором через полумуфту 29 либо через муфту опережения впрыска.

Для изменения угла начала впрыска топлива в цилиндры в зависимости от частоты вращения коленчатого вала в передней части насоса может устанавливаться центробежная муфта опережения впрыска.

Количество кулачков на кулачковом валу ТНВД соответствует числу цилиндров двигателя. Над каждым кулачком находится секция топливного насоса 1 и роликовый толкатель 24 с пружиной. Втулка с плунжером, входящие в состав секции насоса, образуют насосный элемент, или плунжерную пару.

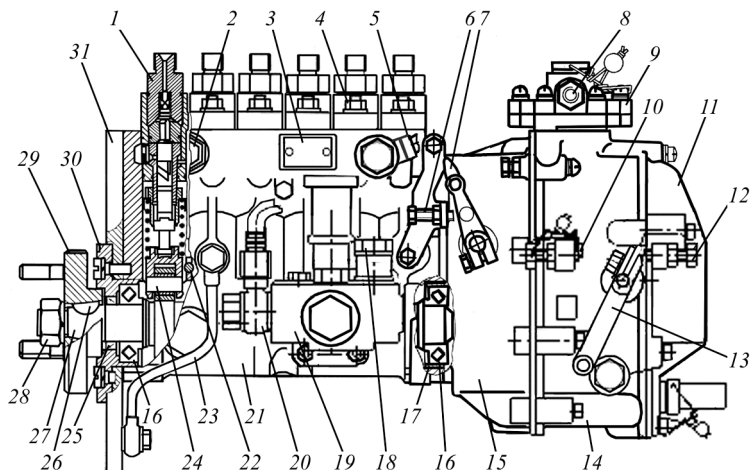


Рис. 7. Рядный топливный насос высокого давления: 1 – секция топливного насоса; 2 – перепускной клапан; 3 – табличка; 4 – гайка крепления секции топливного насоса; 5 – штуцер подвода топлива; 6 – болт регулировки пусковой подачи; 7 – рычаг останова; 8 – болт крепления штуцера подвода воздуха; 9 – корректор по наддуву; 10 – болт регулировки максимальной частоты вращения; 11 – крышка смотрового люка; 12 – болт регулировки минимальной частоты вращения; 13 – рычаг управления; 14 – крышка регулятора; 15 – корпус регулятора; 16 – подшипник; 17 – кольцо подшипника; 18 – болт крепления штуцера подвода топлива к подкачивающему насосу; 19 – топливоподкачивающий насос; 20 – штуцер отвода топлива от подкачивающего насоса к фильтру тонкой очистки топлива; 21 – корпус топливного насоса; 22 – направляющий штифт толкателя; 23 – маслопровод; 24 – толкатель; 25 – манжета крышки подшипника; 26 – шпонка; 27 – кулачковый вал; 28 – гайка крепления полумуфты; 29 – полумуфта привода; 30 – крышка подшипника; 31 – установочный фланец

Втулка является направляющей, в которой плунжер совершает возвратно-поступательное движение. Над плунжерной парой в секции устанавливается нагнетательный клапан, предназначенный для отсоединения надплунжерного пространства от топливопровода высокого давления и для резкого снижения давления в топливопроводе при прекращении подачи топлива плунжером.

При вращении кулачкового вала 27 насоса выступ кулачка набегают на роликовый толкатель 24, который через регулировочный болт воздействует на плунжер и перемещает его вверх. Когда выступ кулачка выходит из-под ролика толкателя, пружина возвращает плунжер в первоначальное положение. Для изменения подачи топлива служит рейка, входящая в зацепление с зубчатым венцом плунжера. Рейка перемеща-

ется всережимным центробежным регулятором, расположенным в задней части ТНВД. При воздействии водителя на педаль акселератора изменяется положение рычага управления 13. В результате регулятор в зависимости от положения рычага 13, частоты вращения кулачкового вала 27 и воздействия корректора наддува 9 перемещает рейку на определенное расстояние. Перемещающаяся рейка поворачивает все плунжеры одновременно, вызывая изменение подачи топлива всеми секциями топливного насоса на заданную величину.

Схема работы плунжерной пары представлена на рис. 8. Когда плунжер 3 движется вниз, топливо с момента открытия впускного отверстия *C* начинает поступать в полость над плунжером *D* (рис. 8, *a*). При движении плунжера вверх топливо в начальный период вытесняется из втулки 4 через впускное отверстие *C* обратно в канал головки насоса (рис. 8, *б*). Когда верхняя кромка плунжера перекроет впускное отверстие, в надплунжерной полости начнет повышаться давление топлива. Под действием этого давления нагнетательный клапан 5 открывается, и топливо по топливопроводу высокого давления поступает в форсунку (рис. 8, *в*).

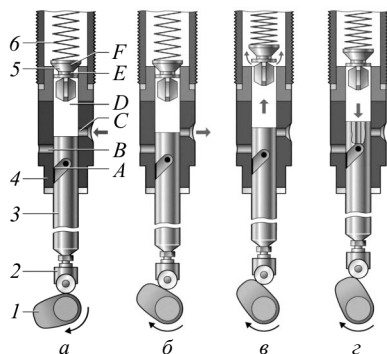


Рис. 8. Схема работы плунжерной пары:
a – впуск топлива (наполнение); *б* – начало движения плунжера вверх; *в* – момент начала нагнетания; *г* – момент отсечки подачи;
 1 – кулачок; 2 – толкатель; 3 – плунжер;
 4 – втулка плунжера; 5 – нагнетательный клапан; 6 – пружина клапана; *A* – отсечная кромка; *B* – перепускное отверстие; *C* – впускное отверстие; *D* – надплунжерное пространство; *E* – разгрузочный поясок; *F* – запорный конус

При дальнейшем движении плунжера отсечная кромка *A* откроет перепускное отверстие *B*, и топливо из надплунжерной полости через центральное вертикальное отверстие, радиальное отверстие, вертикальную канавку плунжера и перепускное отверстие начнет перетекать в канал головки насоса (рис. 8, *г*). В результате уменьшения давления над плунжером пружина 6 перемещает нагнетательный клапан 5 вниз. При этом разгрузочный поясок клапана *E* сначала отсоединяет топливопровод высокого давления от надплунжерного пространства. При дальнейшем движении вниз разгрузочный поясок, действуя как

поршень, отсасывает из топливопровода высокого давления часть топлива, что приводит к резкому снижению давления и прижатию запорного конуса F нагнетательного клапана к седлу. Это способствует быстрому прекращению впрыска топлива форсункой и устранению подтекания топлива из отверстий распылителя форсунки.

Форсунки дизельных двигателей предназначены для впрыскивания топлива в камеру сгорания и распыливания его в воздушном заряде для лучшего образования топливоздушной смеси. По типу распылителя форсунки подразделяются на штифтовые и многоструйные. Штифтовые форсунки применяются на дизельных двигателях с разделенными камерами сгорания, многоструйные – на дизельных двигателях с неразделенными камерами сгорания.

Большое распространение получили многоструйные форсунки закрытого типа с пружинным запиранием и гидравлическим подъемом иглы распылителя (рис. 9).

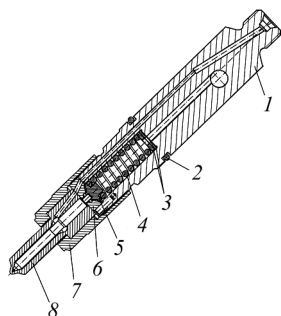


Рис. 9. Форсунка: 1 – корпус форсунки; 2 – кольцо уплотнительное; 3 – шайба регулировочная; 4 – пружина; 5 – штанга форсунки; 6 – проставка; 7 – гайка распылителя; 8 – распылитель

Топливо из насоса высокого давления поступает по топливопроводу через штуцер и каналы в корпусе форсунки 1 в кольцевую полость распылителя 8. Как только давление топлива на коническую поверхность иглы распылителя становится больше усилия пружины 4, игла поднимается и открывает доступ топливу в камеру сгорания через отверстия распылителя. Проходя под большим давлением через отверстия, топливо образует облако, состоящее из мелких частиц, которые хорошо смешиваются с воздухом, образуя топливоздушную смесь.

Как только ТНВД прекращает подачу топлива, давление в кольцевой полости распылителя уменьшается, и игла распылителя под действием пружины 4 занимает свое первоначальное положение.

Давление впрыска топлива регулируется подбором общей толщины регулировочных шайб 3.

3. ТОПЛИВНЫЕ НАСОСЫ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ С ЭЛЕКТРОННЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Электронное управление ТНВД позволяет на всех режимах работы дизельного двигателя гибко изменять скоростную характеристику регулятора топливного насоса, величину подачи и угла опережения впрыска топлива. В итоге снижаются вредные выбросы, шумность, расход топлива, улучшается пуск дизельного двигателя.

Схема роторного ТНВД представлена на рис. 10. Насосная секция ТНВД 14 с радиальным движением плунжеров создает требуемое для впрыскивания топлива давление.

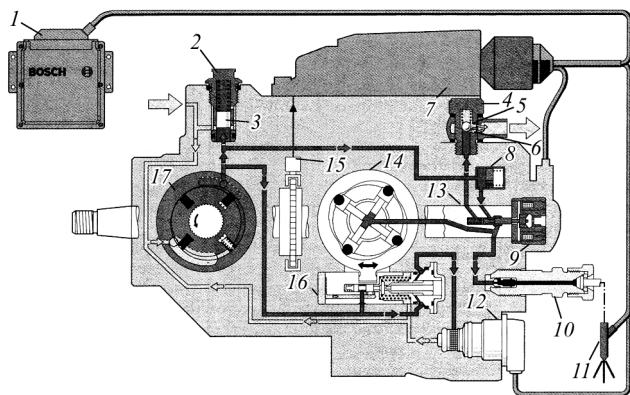


Рис. 10. Схема роторного ТНВД с электронным управлением: 1 – ЭБУ; 2 – клапан регулирования давления; 3 – поршень клапана регулирования давления; 4 – клапан дросселирования перепуска; 5 – отводной канал; 6 – дроссель; 7 – блок управления ТНВД; 8 – поршневой демпфер; 9 – электромагнитный клапан управления подачей; 10 – нагнетательный клапан; 11 – форсунка; 12 – электромагнитный клапан установки момента начала впрыска; 13 – ротор-распределитель; 14 – насосная секция; 15 – датчик угла поворота приводного вала ТНВД; 16 – устройство опережения впрыска; 17 – топливоподкачивающий насос

Для дозирования цикловой подачи в контур высокого давления ТНВД встроен электромагнитный клапан высокого давления 9. К электромагнитному клапану по сигналу блока управления ТНВД 7 подается напряжение, и топливо поступает только в выпускной канал высокого давления, соединенный с нагнетательным клапаном 10, где давление резко повышается, а от него к форсунке. Дозирование подачи

топлива определяется интервалом между моментом начала подачи и моментом открытия электромагнитного клапана и называется продолжительностью подачи. Продолжительность закрытия электромагнитного клапана, определяемая блоком управления, регулирует таким образом величину цикловой подачи топлива. После окончания впрыска электромагнит клапана обесточивается, при этом электромагнитный клапан высокого давления открывается и давление в контуре снижается. Подача топлива к форсунке прекращается.

Наиболее благоприятно процесс сгорания, равно как и лучшая отдача дизельного двигателя по мощности, протекает только в том случае, когда момент начала сгорания соответствует определенному положению коленчатого вала или поршня в цилиндре. Задачей устройства опережения впрыска 16 является увеличение угла начала подачи топлива при повышении частоты вращения коленчатого вала. Это устройство, состоящее из датчика угла поворота приводного вала ТНВД 15, блока управления 7 и электромагнитного клапана установки момента начала впрыска 12, обеспечивает оптимальный момент начала впрыскивания соответственно условиям эксплуатации двигателя, чем компенсирует временной сдвиг, определяемый сокращением периода впрыскивания и воспламенения при увеличении частоты вращения.

Особенностью системы управления дизельным двигателем, в котором система питания содержит роторный ТНВД 3 с электронным управлением, является объединение блока управления ТНВД 4 в единую структуру с ЭБУ 8 и другими системами двигателя (рис. 11).

Система управления двигателем состоит из четырех элементов:

- контура низкого давления топлива с топливным баком, фильтром тонкой очистки топлива и топливоподкачивающим насосом;
- контура высокого давления с ТНВД, форсунками и другими компонентами системы впрыска;
- контура электронного регулирования работы дизельного двигателя с блоками датчиков, блоком управления и исполнительными механизмами;
- систем управления подачей воздуха, нейтрализации и рециркуляции отработавших газов.

Благодаря использованию бортового контроллера связи CAN также происходит обмен данными с другими системами и агрегатами: стартером, генератором, системой управления автоматической коробкой передач, противобуксовочной системой, системой стабилизации.

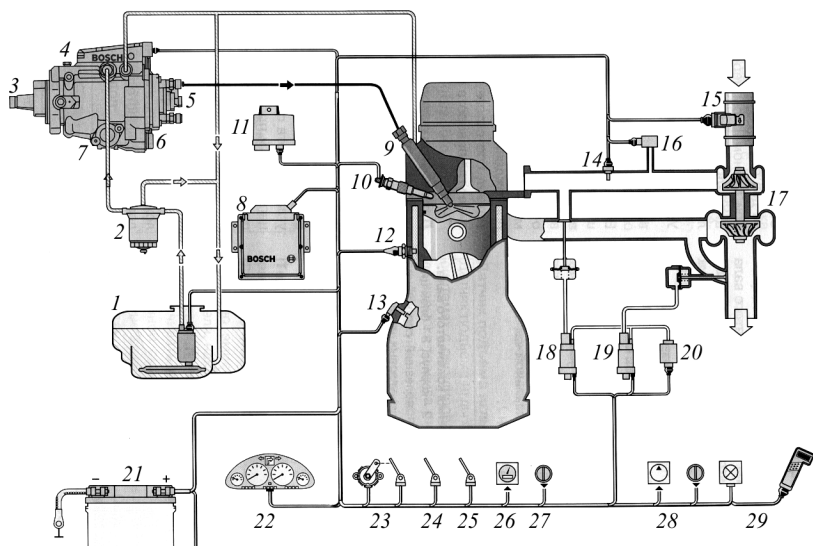


Рис. 11. Система управления дизельным двигателем с роторным ТНВД: 1 – топливный бак; 2 – фильтр тонкой очистки топлива; 3 – ТНВД; 4 – блок управления ТНВД; 5 – электромагнитный клапан управления подачей топлива; 6 – электромагнитный клапан угла опережения впрыска; 7 – автомат опережения впрыска; 8 – ЭБУ; 9 – форсунка с датчиком подъема иглы; 10 – свеча предпускового подогрева с закрытым нагревательным элементом; 11 – блок управления свечей накаливания; 12 – датчик температуры охлаждающей жидкости; 13 – датчик частоты вращения коленчатого вала; 14 – датчик температуры воздуха на впуске; 15 – массовый расходомер воздуха; 16 – датчик давления наддува; 17 – турбокомпрессор; 18 – привод клапана системы рециркуляции отработавших газов; 19 – привод клапана регулирования давления наддува; 20 – вакуумный насос; 21 – аккумуляторная батарея; 22 – приборная панель; 23 – датчик положения педали акселератора; 24 – концевой выключатель на педали сцепления; 25 – контакты стоп-сигнала; 26 – датчик скорости автомобиля; 27 – блок управления круиз-контролем; 28 – компрессор кондиционера; 29 – диагностический дисплей с выводами для диагностического тестера

4. ЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ НАСОС-ФОРСУНКАМИ

В системах управления двигателями с насос-форсунками используется принцип дозирования топлива с помощью встроенных в насос-форсунки электромагнитных клапанов управления подачей. Момент подачи пускового сигнала на электромагнитный клапан, т. е. момент его закрытия, означает начало подачи топлива. Продолжительность

периода подачи пускового сигнала определяет величину цикловой подачи. Момент и продолжительность пускового сигнала определяются ЭБУ в соответствии с программируемыми матрицами характеристик, учитывающими режим работы двигателя и условия окружающей среды.

Среди прочих данных, поступающих в ЭБУ, регистрируются частота вращения коленчатого вала, частота вращения распределительного вала, положение педали акселератора, давление и температура воздуха на впуске, температура охлаждающей жидкости и топлива, скорость движения и др. Эти данные регистрируются датчиками и обрабатываются в ЭБУ. Используя полученную информацию, ЭБУ управляет двигателем так, как это необходимо для достижения оптимальных характеристик работы транспортного средства.

Системы питания дизельных двигателей с насос-форсунками состоят из трех подсистем:

- подсистемы подачи топлива низкого давления, необходимой для подачи топлива к насосу высокого давления и очистки топлива;
- подсистемы подачи топлива высокого давления, которая служит для создания высокого давления впрыска топлива в камеру сгорания;
- подсистемы подачи воздуха и выпуска отработавших газов, включающей в себя приборы для очистки воздуха, поступающего в цилиндры двигателя, и очистки отработавших газов после выпуска их из цилиндров.

Основные компоненты системы управления дизельным двигателем с насос-форсунками показаны на рис. 12.

Топливо из бака 1 через фильтр тонкой очистки топлива подается топливopодкачивающим насосом 3 к насос-форсункам 6, которые впрыскивают топливо в камеру сгорания. Обратный клапан в насосе предотвращает слив топлива из трубопровода низкого давления в бак после остановки двигателя. Из-за высокого давления впрыска топливо нагревается, поэтому излишки его, возвращающиеся от насос-форсунок в бак через ограничитель давления 4, проходят через охладитель 5, отдавая тепло в контуре охлаждения. Ограничитель давления 4 удерживает давление топлива в сливном трубопроводе на заданном уровне, что снижает пульсации давления в топливной системе. Датчик температуры топлива 7 вырабатывает сигнал, поступающий в блок управления двигателем.

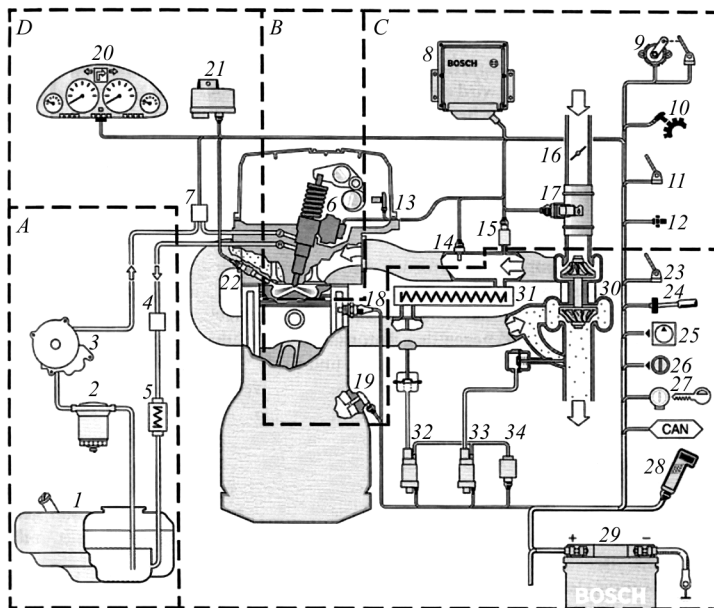


Рис. 12. Система управления дизельным двигателем с насос-форсунками:

- A* – подсистема подачи топлива низкого давления; *B* – подсистема подачи топлива высокого давления; *C* – система электронного управления дизельным двигателем; *D* – периферийное оборудование; 1 – топливный бак; 2 – фильтр тонкой очистки топлива; 3 – топливopодкачивающий насос с обратным клапаном; 4 – ограничитель давления; 5 – охладитель топлива; 6 – насос-форсунка; 7 – датчик температуры топлива; 8 – ЭБУ; 9 – датчик положения педали акселератора; 10 – датчик скорости движения автомобиля; 11 – контакты стоп-сигнала; 12 – датчик температуры воздуха; 13 – датчик частоты вращения распределительного вала; 14 – датчик температуры воздуха на впуске; 15 – датчик давления наддува; 16 – дроссельная заслонка; 17 – датчик расхода воздуха; 18 – датчик температуры охлаждающей жидкости; 19 – датчик частоты вращения коленчатого вала; 20 – приборная панель; 21 – блок управления свечами накаливания; 22 – свеча накаливания; 23 – концевой выключатель на педали сцепления; 24 – переключатель системы круиз-контроля; 25 – компрессор кондиционера; 26 – блок управления компрессором кондиционера; 27 – выключатель стартера и свечей накаливания (замок зажигания); 28 – диагностический тестер; 29 – аккумуляторная батарея; 30 – турбокомпрессор; 31 – охладитель в системе рециркуляции отработавших газов; 32 – исполнительное устройство клапана рециркуляции отработавших газов; 33 – исполнительное устройство клапана регулирования давления наддува; 34 – вакуумный насос

Насос-форсунка с электрическим клапаном управления представляет собой одноцилиндровый насос высокого давления, индивидуальный для каждого цилиндра двигателя (рис. 13).

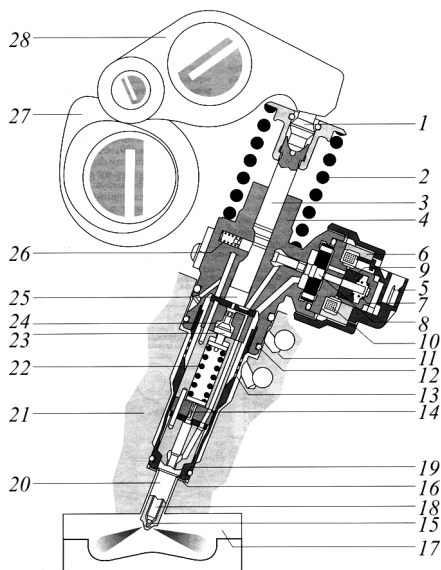


Рис. 13. Насос-форсунка: 1 – упор сферический; 2 – пружина возвратная; 3 – плунжер насоса; 4 – корпус; 5 – штекер для подачи управляющего сигнала; 6 – сердечник электромагнита; 7 – пружина выравнивающая; 8 – игла соленоидного клапана; 9 – якорь электромагнита; 10 – катушка электромагнита; 11 – канал обратного слива топлива; 12 – уплотнение; 13 – отверстия-фильтры подвода топлива; 14 – гидроупор; 15 – седло иглы; 16 – шайба уплотнительная; 17 – камера сгорания; 18 – игла распылителя; 19 – гайка распылителя; 20 – распылитель; 21 – головка блока; 22 – пружина распылителя; 23 – уравнивающий поршень; 24 – полость аккумулярования топлива; 25 – полость высокого давления; 26 – пружина электромагнитного клапана; 27 – вал привода насос-форсунки; 28 – коромысло

Внутри корпуса 4 насос-форсунки имеется цилиндрическая полость высокого давления 25. Электромагнитный клапан монтируется как одно целое с насос-форсункой. Быстродействующий электромагнитный клапан в соответствии с параметрами, определяемыми блоком управления, обеспечивает регулировку момента начала впрыска топлива и продолжительность впрыска. В отключенном положении электромагнитный клапан открыт и обеспечивает полное прохождение топлива от топливоподкачивающего насоса к пространству под плунжером 3 насос-форсунки. Во время хода плунжера 3 электромагнитный клапан перекрывает подачу топлива, герметизируя плунжерную пару, и при ходе плунжера вниз происходит впрыск топлива через распылитель форсунки 20 в камеру сгорания 17.

Использование насос-форсунки исключает применение топливопроводов высокого давления, благодаря чему снижаются потери давления при подаче топлива из-за периодических расширений топливопроводов в начале подачи и при разгрузке в конце подачи.

Электронные трехмерные параметрические характеристики в комбинации с высоким давлением впрыска приводят к снижению потребления топлива при одновременном снижении выброса токсичных веществ.

Используя управление электромагнитным клапаном, можно реализовать двухфазный впрыск топлива с предварительным и основным впрыском. Двухфазный впрыск топлива служит для снижения шума сгорания и эмиссии вредных веществ. Цикл работы насос-форсунки при двухфазном впрыске может быть разделен на четыре рабочие стадии: исходное положение, начало предварительного впрыска, конец предварительного впрыска и начало основного впрыска топлива (рис. 14).

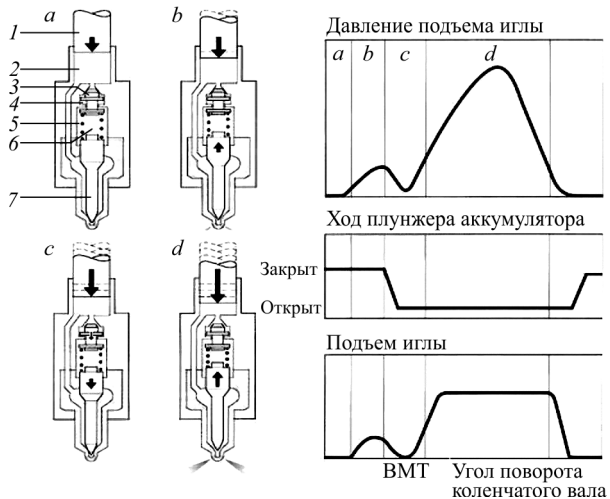


Рис. 14. Работа насос-форсунки при двухфазном впрыске топлива: *a* – исходное положение; *b* – начало предварительного впрыска; *c* – конец предварительного впрыска; *d* – начало основного впрыска;

- 1 – плунжер насос-форсунки; 2 – камера высокого давления;
- 3 – плунжер аккумулятора топлива; 4 – камера аккумулятора;
- 5 – возвратная пружина; 6 – полость пружины; 7 – игла распылителя форсунки

В исходном положении *a* игла распылителя форсунки 7 и плунжер аккумулятора 3 находятся в своих седлах. В начале движения плунжера 1 электромагнитный клапан открыт и давление топлива повышаться не может. Как только электромагнитный клапан закрывается, начина-

ется повышение давления. Игла распылителя поднимается с седла, после чего начинается предварительный впрыска топлива *b*. Дальнейшее повышение давления приводит к подъему со своего седла плунжера аккумулятора, в результате чего осуществляется соединение между камерой высокого давления 2 и камерой аккумулятора 4. Это приводит к падению давления и опусканию иглы распылителя, что означает конец предварительного впрыска *c*.

Дальнейший ход плунжера приводит к продолжению повышения давления в камере высокого давления. Фаза основного впрыска *d* начинается, как только давление достигнет величины, соответствующей максимальному подъему иглы. Открытие электромагнитного клапана означает окончание фазы основного впрыска. Игла распылителя форсунки и плунжер аккумулятора возвращаются в свое исходное положение.

Насос-форсунка, в которой электромагнитный клапан заменен клапаном с пьезоэлектрическим управлением (пьезофорсунка), является более совершенным устройством, обеспечивающим впрыск топлива. Основным преимуществом пьезофорсунки является быстроедействие – она срабатывает примерно в четыре раза быстрее форсунки, управляемой электромагнитным клапаном. Это позволяет подавать в цилиндр больше топлива за время впрыска, точнее дозировать порцию топлива, а также использовать преимущества многократного впрыска.

Управление пьезофорсунками осуществляется посредством пьезоэлемента (пьезокристалла), который способен деформироваться, т. е. изменять линейные размеры под воздействием электрических импульсов. При подаче блоком управления электрического сигнала на пьезоэлемент его длина изменяется и пьезокристалл воздействует на игольчатый клапан, закрывая его. Давление топлива под плунжером возрастает, в результате поднимается игла распылителя и осуществляется впрыск топлива в камеру сгорания.

У электрогидравлической насос-форсунки привод плунжера насоса осуществляется не от распределительного вала, а с помощью гидросистемы высокого давления. В данной системе масло из масляной магистрали двигателя насосом высокого давления через регулятор давления подается в масляный коллектор, откуда по каналу в головке блока цилиндров оно поступает к насос-форсунке.

Процесс впрыска топлива протекает следующим образом (рис. 15). При подаче напряжения на соленоид 6 подъемный клапан 8, преодолевая усилие возвратной пружины 7, поднимается в верхнее положение.

Через канал 3 масло под высоким давлением (до 20 МПа) подается на поршень усилителя 9, который опускает вниз плунжер насоса 11. Топливо по каналу 1 подается плунжером к распылителю форсунки под давлением 127 МПа. Игла распылителя 13 поднимается, и происходит впрыск топлива в цилиндр.

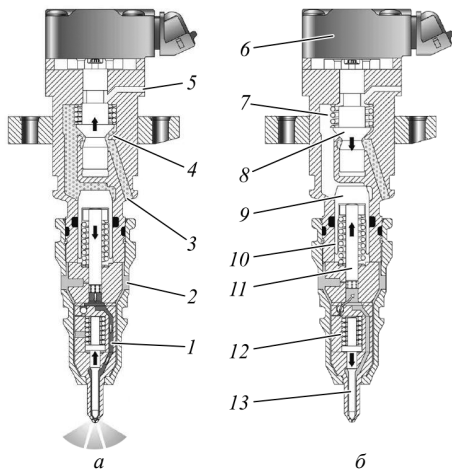


Рис. 15. Электрогидравлическая насос-форсунка: *а* – впрыск топлива; *б* – прекращение впрыска; 1 – канал подвода высокого давления топлива; 2 – канал подвода топлива; 3 – канал подвода масла; 4 – седло подъемного клапана; 5 – разгрузочный масляный канал; 6 – соленоид; 7 – пружина подъемного клапана; 8 – подъемный клапан; 9 – поршень усилителя; 10 – пружина поршня усилителя; 11 – плунжер насоса; 12 – пружина иглы распылителя; 13 – игла распылителя

При снятии напряжения с соленоида 6 подъемный клапан опускается под воздействием возвратной пружины 7 и перекрывает подачу масла к поршню усилителя, одновременно соединяя полость над поршнем усилителя через разгрузочный канал 5 с низким давлением. Поршень усилителя 9 и плунжер 11 поднимаются в исходное положение за счет возвратной пружины 10, в результате давление в канале 1 падает. Игла распылителя под действием пружины 12 опускается, перекрывая канал 1, и впрыск топлива в цилиндр прекращается. При поднятии поршня усилителя происходит всасывание топлива в подплунжерное пространство из канала подвода топлива 2.

Недостатками насос-форсунок являются высокая требовательность к качеству топлива, высокая стоимость, разрушение посадочных гнезд в головке блока цилиндров двигателя.

Основная причина ухудшения мощностных показателей двигателей с насос-форсунками – износ клапанов управления подачи топлива, следствием чего является увеличение хода клапана и резкое снижение гидравлической плотности всей системы управления. К распространенным неисправностям насос-форсунок относится износ распылите-

лей. Причина выхода из строя клапанов и распылителей связана в первую очередь с плохим качеством топлива и неправильной эксплуатацией транспортного средства.

5. СИСТЕМА ПИТАНИЯ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ С ИНДИВИДУАЛЬНЫМИ НАСОСАМИ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Система питания дизельных двигателей с индивидуальными ТНВД (другое название системы: насос – форсунка – трубопровод) является модульной конструкцией, которая позволяет производить впрыск топлива в каждый отдельный цилиндр с помощью индивидуального насоса высокого давления.

Привод отдельных топливных насосов высокого давления осуществляется кулачками распределительного вала *13* через роликовые толкатели *26* (рис. 16). Начало и конец впрыска в зависимости от режима работы двигателя регулируются быстродействующим электромагнитным клапаном. Область высокого давления герметизируется только во время такта подачи, когда электромагнитный клапан закрыт. Подача топлива к форсунке *1* начинается, как только превышает величина давления открытия иглы распылителя. Использование системы позволяет создавать давление впрыска до 200 МПа.

Впрыск производится согласно командам электронного блока управления с обратной связью, которые основываются на данных, записанных в памяти блока управления. Электронно-управляемый впрыск позволяет снизить расход топлива и токсичность отработавших газов. Система с индивидуальными ТНВД, как и системы с насос-форсунками, может управлять отключением отдельных цилиндров и осуществлять предварительный впрыск топлива. Высокое давление топлива позволяет выполнить все требования по токсическим выбросам при одновременном малом потреблении топлива.

Плунжер насоса *10* приводится в движение от кулачкового вала *13*. Связь между плунжером насоса и кулачковым валом осуществляется через роликовый толкатель *26* с пружиной *23*. Топливо под высоким давлением подается из полости *9* к форсунке *1* через топливопровод *3* и штуцер *2*, установленный, как и форсунка, непосредственно в головке цилиндров двигателя. Количество подаваемого к форсунке топлива регулируется с помощью иглы *6* электромагнитного клапана *16*, управляемого электронным блоком.

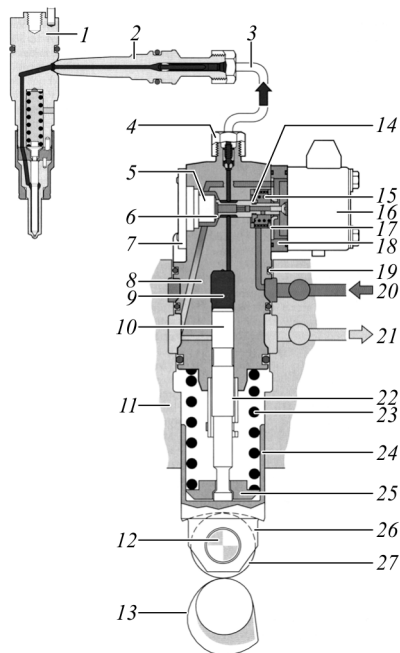


Рис. 16. Схема системы насос – форсунка – трубопровод: 1 – форсунка; 2 – штуцер форсунки; 3 – трубопровод высокого давления; 4 – накидная гайка; 5 – упор; 6 – игла электромагнитного клапана; 7 – пластина; 8 – корпус насоса; 9 – полость высокого давления; 10 – плунжер; 11 – блок двигателя; 12 – ось роликового толкателя; 13 – кулачок; 14 – тарелка пружины; 15 – пружина электромагнитного клапана; 16 – корпус клапана с обмоткой электромагнита; 17 – пластина якоря; 18 – промежуточная пластина; 19 – уплотнение; 20 – вход топлива низкого давления; 21 – слив топлива; 22 – плунжер; 23 – пружина толкателя; 24 – тарелка толкателя; 25 – тарелка пружины; 26 – роликовый толкатель; 27 – ролик толкателя

Топливопроводы высокого давления в системе очень короткие и имеют одинаковую длину для всех форсунок. Топливопроводы работают в условиях высоких давлений и высокочастотных колебаний, поэтому для обеспечения надежности работы они изготавливаются из высокопрочных бесшовных стальных трубок.

Основные преимущества систем с индивидуальными ТНВД перед насос-форсунками:

- простота в обслуживании и меньшая высота двигателя благодаря раздельному расположению насоса и форсунки;
- упрощенный монтаж форсунки;
- головка блока цилиндров аналогична таковой у обычных двигателей, в связи с чем нет необходимости в изменении головки при замене традиционной системы питания на систему насос – форсунка – трубопровод;
- отсутствие приводных рычагов насоса, так как привод осуществляется от роликового толкателя, что упрощает конструкцию.

6. ЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ COMMON RAIL

Главной особенностью аккумуляторных топливных систем (Common Rail) с электронным управлением является разделение узла, создающего давление (ТНВД), и узла впрыска (форсунки) накопительным узлом (аккумулятором). Основу системы составляет резервуар – аккумулятор высокого давления. Давление впрыска не зависит от количества впрыскиваемого топлива и частоты вращения коленчатого вала двигателя. Запас топлива под давлением находится в аккумуляторе и готов к впрыску.

Количество впрыскиваемого топлива определяется по требованию водителя (положению педали акселератора), а давление впрыска рассчитывается ЭБУ на основании информации от различных датчиков. ЭБУ в точно установленный момент передает управляющий сигнал к электромагнитному клапану форсунки, означающий начало подачи топлива. Количество впрыскиваемого топлива определяется периодом открытия распылителя и величиной давления в системе.

Измеритель расхода воздуха передает ЭБУ сигнал с данными относительно мгновенного потока воздуха, что позволяет рассчитать процесс полного сгорания топлива с минимальным содержанием вредных веществ в отработавших газах. Если двигатель оборудован турбокомпрессором и регулировкой увеличения давления наддува, дополнительный датчик также измеряет это давление. При низкой наружной температуре и холодном двигателе ЭБУ определяет момент впрыска и другие параметры, соответствующие особому эксплуатационному режиму. В зависимости от транспортного средства и повышения требований к безопасности и комфорту для передачи информации ЭБУ могут использоваться дополнительные датчики. Система CAN обеспечивает обмен данными с другими системами транспортного средства. При диагностической проверке можно извлечь данные, находящиеся в памяти данных системы.

Топливная система Common Rail (рис. 17) состоит из подсистемы подачи топлива под низким давлением, подсистемы подачи топлива под высоким давлением и подсистемы электронного управления.

Подсистема подачи топлива под низким давлением включает топливный бак 5 с фильтром-топливозаборником и электрическим подкачивающим насосом, фильтр тонкой очистки топлива 4 и топливопровода низкого давления.

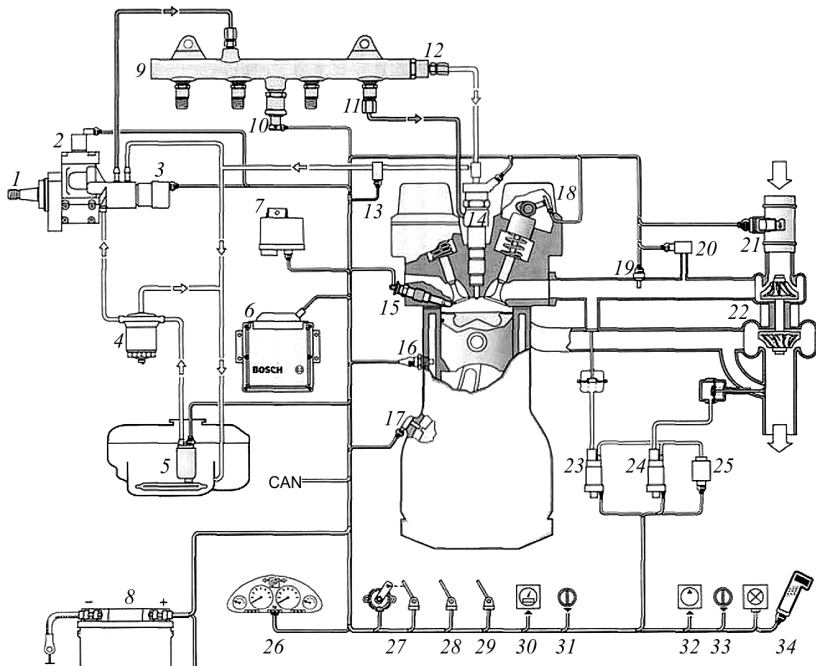


Рис. 17. Система управления впрыском топлива Common Rail: 1 – ТНВД; 2 – электромагнитный клапан выключения подачи; 3 – редукционный клапан ТНВД; 4 – фильтр тонкой очистки топлива; 5 – топливный бак с фильтром-топливозаборником и подкачивающим насосом; 6 – ЭБУ; 7 – блок управления свечами накалывания; 8 – аккумуляторная батарея; 9 – аккумулятор топлива высокого давления; 10 – датчик давления топлива в аккумуляторе; 11 – ограничитель подачи топлива; 12 – регулятор давления; 13 – датчик температуры топлива; 14 – форсунка; 15 – свеча накалывания с закрытым нагревательным элементом; 16 – датчик температуры охлаждающей жидкости; 17 – датчик частоты вращения коленчатого вала; 18 – датчик частоты вращения распределительного вала; 19 – датчик температуры воздуха на впуске; 20 – датчик давления наддува; 21 – массовый расходомер воздуха; 22 – турбокомпрессор; 23 – привод клапана системы рециркуляции отработавших газов; 24 – привод клапана перепуска отработавших газов; 25 – вакуумный насос; 26 – панель приборов; 27 – датчик положения педали акселератора; 28 – датчик положения педали тормоза; 29 – конечный выключатель на педали сцепления; 30 – датчик скорости автомобиля; 31 – электронный блок управления системы круиз-контроля; 32 – компрессор кондиционера; 33 – блок управления компрессором кондиционера; 34 – дисплей системы диагностики с диагностическим разъемом

Топливоподкачивающий насос с фильтром-топливозаборником непрерывно подает определенное количество топлива из топливного

бака 5 к топливному насосу высокого давления 1. Насос не только подает топливо, но и в пределах работы системы безопасности прекращает подачу топлива в случае аварии, т. е. при включенном зажигании и остановленном двигателе.

В подсистему подачи топлива под высоким давлением входит топливный насос высокого давления 1, топливопроводы высокого давления, аккумулятор высокого давления 9 с датчиком давления 10, регулятор давления 12, ограничитель потока 11, форсунки 14 и возвратный топливопровод. Топливный насос высокого давления 1 через топливопроводы высокого давления подает топливо в аккумулятор высокого давления 9.

Топливный насос высокого давления расположен на границе ступеней низкого и высокого давления топлива. Топливный насос смазывается дизельным топливом. Топливо сжимается тремя поршнями, установленными радиально под углом 120° друг к другу (рис. 18). Насос подает три порции топлива за один оборот коленчатого вала.

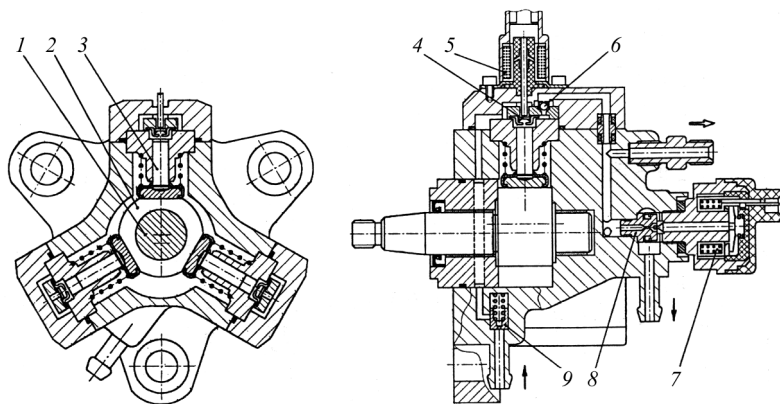


Рис. 18. Радиально-плунжерный ТНВД: 1 – эксцентриковый вал; 2 – эксцентрик; 3 – плунжер; 4 – впускной клапан; 5 – электромагнит впускного клапана; 6 – выпускной клапан; 7 – электромагнит регулятора давления; 8 – седло клапана регулятора; 9 – противодренажный клапан

Приводной вал 1 с эксцентриковыми кулачками 2 перемещает три плунжера 3 вверх и вниз в соответствии с формой кулачка. Подкачивающий насос подает топливо через впускной клапан 4 в отсек насосного элемента при движении поршня вниз (такт впуска).

Впускной клапан закрывается, когда поршень насоса проходит через нижнюю мертвую точку. Увеличивающееся давление топлива открывает выпускной клапан 6, и, как только достигается давление, равное давлению в аккумуляторе, топливо входит в контур высокого давления. Поршень насоса продолжает поставлять топливо, пока не достигает верхней мертвой точки (такт нагнетания), после чего давление уменьшается и выпускной клапан закрывается. Поршень насоса под действием пружины перемещается вниз. Как только давление в отсеке насосного элемента становится ниже давления, создаваемого топливоподкачивающим насосом, впускной клапан открывается и процесс повторяется.

Давление, создаваемое ТНВД, распространяется через аккумулятор 9 (см. рис. 17) и топливопроводы к форсунке 14. Одновременно, за счет объема топлива в аккумуляторе, уменьшаются колебания давления топлива, создаваемые топливным насосом высокого давления и открывающимися форсунками. Сжимаемость топлива как следствие высокого давления используется для достижения эффекта аккумулятора. Давление топлива измеряется датчиком 10 и поддерживается на требуемом уровне клапаном регулирования давления 12. Так как производительность насоса превышает потребление топлива двигателем, избыточное топливо под высоким давлением через клапан регулятора давления возвращается в топливный бак.

Топливо в форсунку подается через входной штуцер высокого давления 4 и далее в канал и камеру гидроуправления через «питающий» жиклер 7 (рис. 19, а). Камера гидроуправления соединяется с линией возврата топлива через жиклер камеры гидроуправления 6, который открывается электромагнитным клапаном 3. При закрытом жиклере силы гидравлического давления, приложенные к управляющему плунжеру 9, превосходят силы давления, приложенные к заплечику иглы форсунки 11. В результате игла садится на седло и закрывает проход топлива под высоким давлением в камеру сгорания.

При подаче пускового сигнала на электромагнитный клапан жиклер открывается, давление в камере гидроуправления падает, и в результате сила гидравлического давления на управляющий плунжер также уменьшается. Поскольку сила гидравлического давления на управляющий плунжер оказывается меньше силы, действующей на заплечик иглы форсунки, последняя открывается и топливо через сопловые отверстия впрыскивается в камеру сгорания.

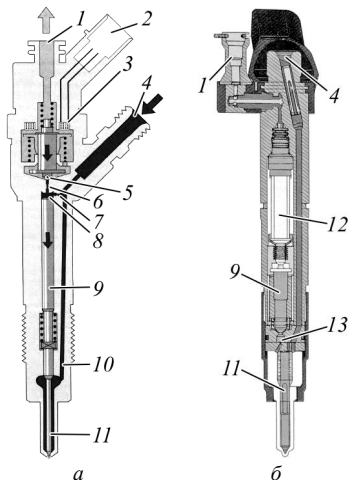


Рис. 19. Форсунка: *а* – с электромагнитным клапаном; *б* – с пьезоэлементом; 1 – возврат топлива; 2 – электрические выводы; 3 – электромагнитный клапан; 4 – вход топлива из аккумулятора; 5 – шариковый клапан; 6 – жиклер камеры гидроуправления; 7 – «питающий» жиклер; 8 – камера гидроуправления; 9 – управляющий плунжер; 10 – канал к распылителю; 11 – игла форсунки; 12 – пьезоэлектрический элемент; 13 – управляющий клапан

Такое косвенное управление иглой форсунки, использующее систему мультипликатора, позволяет обеспечить более быстрый подъем иглы, чем при прямом воздействии электромагнитного клапана.

Одним из путей совершенствования системы Common Rail является повышение быстродействия открытия форсунки. Минимальное время открытия форсунки для электромагнита с подвижным сердечником составляет 0,5 мс, что не позволяет оперативно изменять подачу топлива. Для ускорения срабатывания форсунки в настоящее время применяется пьезокерамическая форсунка, которая работает вчетверо быстрее. Основными составляющими форсунки являются модуль исполнительного элемента, включающий в себя пьезоэлектрический элемент 12 и его составляющие, управляющий плунжер 9, управляющий клапан 13 и иглу распылителя 11 (рис. 19, б). Для окончательной очистки топлива применяется специальный стержневой фильтр.

Поскольку для срабатывания пьезоэлемента форсунки требуется управляющее напряжение величиной 110...150 В, в состав электронного блока управления двигателем входит высоковольтный блок питания с преобразователем напряжения, создающий напряжение величиной до 200 В.

Топливо под давлением протекает через впускной дроссель к игле форсунки и в камеру над иглой форсунки, благодаря чему происходит выравнивание давления над и под иглой форсунки. Игла форсунки удерживается в закрытом положении силой пружины форсунки.

При подаче управляющего напряжения на пьезоэлемент 12 он удлиняется и нажимает на плунжер 9. Плунжер перемещается и нажимает на клапан 13, который открывает канал выпускного дросселя. Топливо под давлением вытекает через выпускной дроссель и поднимает иглу форсунки, в результате чего происходит впрыск в камеру сгорания.

Благодаря тому, что пьезофорсунки имеют намного меньшее время срабатывания, чем традиционные электромагнитные, стало возможным разделение горючей смеси на несколько отдельных микродоз (до семи за один рабочий процесс). После многократных предварительных впрысков следует основной впрыск, а при необходимости и несколько дополнительных впрысков. Несколько предварительных впрысков производится для равномерного распределения давления в камере сгорания и, соответственно, уменьшения шума, создаваемого в процессе сгорания. Дополнительные впрыски, в свою очередь, служат для снижения токсичности отработавших газов. Кроме того, в случае, когда в выпускной системе установлен фильтр для улавливания несгоревших частиц, такая технология за счет высокой температуры способствует очистке фильтра, что особенно актуально для двигателей с большим рабочим объемом.

На дизельных двигателях с каталитическими нейтрализаторами NO_x дополнительный впрыск топлива способствует догоранию NO_x . Этот впрыск топлива производится после ВМТ в течение рабочего хода и такта выпуска. Дополнительный впрыск топлива обеспечивает подачу определенного количества топлива в отработавшие газы. В отличие от предварительного и основного впрысков при дополнительном впрыске топливо не воспламеняется, а в виде пара забирает остаточное тепло из отработавших газов. В течение такта выпуска смесь отработавших газов и топлива через выпускные клапаны попадает в систему выпуска отработавших газов. Часть топлива через систему рециркуляции отработавших газов EGR возвращается в цилиндры для догорания и приводит к тому же эффекту, что и предварительный впрыск топлива. Каталитические нейтрализаторы NO_x используют топливо в отработавших газах как исполнительное устройство для уменьшения содержания NO_x в отработавших газах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Диагностирование автомобилей. Практикум : учеб. пособие / А. Н. Карташевич [и др.]; под ред. А. Н. Карташевича. – Минск : Новое знание; Москва : ИНФРА-М, 2011. – 207 с.
2. Карташевич, А. Н. Тракторы и автомобили. Конструкция : учеб. пособие / А. Н. Карташевич, О. В. Понталев, А. В. Гордеенко. – Минск : Новое знание; Москва : ИНФРА-М, 2013. – 311 с.
3. Карташевич, А. Н. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости : учеб. пособие / А. Н. Карташевич, В. С. Товстыга, А. В. Гордеенко. – Минск : Новое знание; Москва : ИНФРА-М, 2015. – 420 с.
4. Устройство тракторов : учеб. пособие / А. Н. Карташевич [и др.]; под ред. А. Н. Карташевича. – Минск : РИПО, 2016. – 444 с.
5. Устройство тракторов : учебник / А. Н. Карташевич [и др.]; под ред. А. Н. Карташевича. – Минск : РИПО, 2018. – 463 с.
6. Хернер, А. Автомобильная электрика и электроника / А. Хернер, Х.-Ю. Риль; пер. с нем. – Москва : ООО «Изд-во «За рулем», 2013. – 624 с.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Назначение и классификация систем питания.....	3
2. Система питания дизельного двигателя с рядным насосом высокого давления.....	5
3. Топливные насосы высокого давления с электронным управлением.....	14
4. Электронная система управления насос-форсунками.....	16
5. Система питания дизельного двигателя с индивидуальными насосами высокого давления	23
6. Электронная система управления Common Rail.....	25
Библиографический список	31