**Содержание**

1. Введение ………………………………………………………………………3

2. Основная часть

**2.1. Топливный насос высокого давления в сборе. ………………………4**

2.2. Регулятор частоты вращения …………………………………………8

2.3. Ремонт топливного насоса высокого давления и форсунок ………18

3. Технико-экономическая часть………………………………………………..23

4. Охрана труда ………………………………………………………………….27

5. Экологическая часть…………………………………………………………..28

6. Выводы и предложения………………………………………………………32

7. Литература…………………………………………………………………….34

8. Графическая часть……………………………………………………………35

**1. Введение**

Важнейшим звеном дизельного двигателя является система топливоподачам, обеспечивающая поступление необходимого количества топлива в нужный момент времени и с заданным давлением в камеру сгорания. Главными ее составляющими являются топливный насос высокого давления (ТНВД) и форсунки.

Топливный насос высокого давления, как это следует из названия, предназначен для создания требуемого высокого давления топлива и подачи его на всех режимах работы двигателя к форсункам, которые в свою очередь впрыскивают его в камеру сгорания. Форсунки и нагнетающие секции топливного насоса высокого давления являются прецизионными деталями, изготовленными с высокой точностью и имеющими микронные зазоры. Поэтому системе питания дизеля приходится уделять большое внимание в обслуживании и ремонте.

Сразу следует оговориться, что данная работа связанна с описанием эксплуатации и обслуживания топливных насосов высокого давления моделей **175-01 и 173-11** поставляемых на комплектацию двигателей **ЯМЗ-7511, ЯМЗ-238ДЕ2** и в запасные части. Далее содержится подробное описание конструкции, принципа действия и технического обслуживания топливных насосов и форсунок, распространяемых на топливные насосы высокого давления моделей **175-01** и **173-11** в сборе с регулятором частоты вращения, топливоподкачивающим насосом и гасителем крутильных колебаний и форсунки. Техническое обслуживание топливных насосов высокого давления и форсунок должно выполняться квалифицированным персоналом в условиях мастерской.

**2. Основная часть.**

**2.1. Топливный насос высокого давления в сборе**

Топливный насос высокого давления в сборе показан на рисунке 1**.** С топливным насосом высокого давления 1 в одном агрегате объединены регулятор частоты вращения 5, топливоподкачивающий насос 9 и гаситель крутильных колебаний 3.

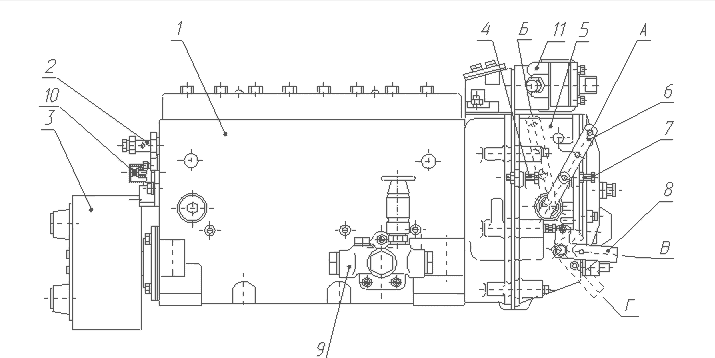
Топливный насос высокого давления состоит из секций, отдельных насосных элементов, размещенных в общем корпусе. Число секций равно восьми по числу цилиндров двигателя. Устройство секции насоса высокого давления показано на **рисунке 2**.

В корпусе **1** насоса установлены корпуса секций **15** с плунжерными парами, нагнетательными клапанами и штуцерами **11,** к которым присоединяются топливопроводы высокого давления. Нагнетательный клапан **9** и седло клапана **8**, а также плунжер **6** с втулкой **7** являются прецизионными парами, которые могут заменяться только комплектно. Втулка плунжера стопорится в определенном положении штифтом, запрессованным в корпус секции.

Плунжер **6** приводится в движение от кулачкового вала **19** через роликовый толкатель **17.** Пружина **3** через нижнюю тарелку **2** постоянно прижимает ролик толкателя к кулачку. От разворота толкатели, имеющие лыски на боковых поверхностях, удерживаются фиксаторами, запрессованными в корпус насоса.

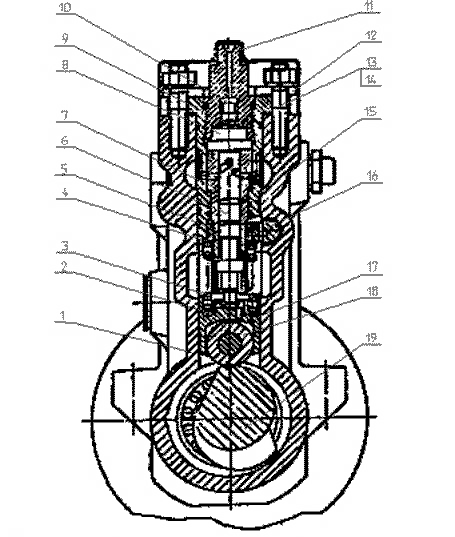
Конструкция плунжерной пары позволяет дозировать топливо изменением момента начала и конца подачи.

Для изменения количества и момента начала подачи топлива плунжер во втулке поворачивается поворотной втулкой **5**, входящей в зацепление с рейкой **16**. Регулировка равномерности подачи топлива по секциям насоса на номинальном режиме производится разворотом корпуса секции при ослабленных гайках крепления секций. Изменение геометрического начала нагнетания в зависимости от величины подачи (нагрузки двигателя) обеспечивается управляющими кромками, выполненными на торце плунжера.



**Рис. 1.** ***Топливный насос высокого давления в сборе:***

*1 - топливный насос высокого давления; 2 - перепускной клапан; 3 - гаситель крутильных колебаний; 4 - болт ограничения максимальной частоты вращения; 5 - регулятор частоты вращения; 6 - рычаг управления регулятором; 7 - болт ограничения минимальной частоты вращения; 8 - скоба останова; 9 - топливоподкачивающий насос; 10 - болт регулирующий пусковую подачу; 11 - корректор подачи топлива по наддуву: А - положение рычага при минимальной частоте вращения холостого хода, Б - положение рычага при максимальной частоте холостого хода, В - положение скобы при работе, Г - положение скобы при выключенной подаче.*



**Рис. 2. *Секция топливного насоса высокого давления***

*1 - корпус насоса; 2 - нижняя тарелка толкателя; 3 - пружина толкателя; 4 - верхняя тарелка толкателя; 5 - втулка поворотная; 6 - плунжер; 7 - втулка плунжера; 8 - седлоклапана нагнетательного; 9 - нагнетательный клапан; 10 - упор клапана; 11 - штуцер; 12 - фланец нажимной; 13, 14 - прокладки; 15 - корпус секции; 16 - рейка; 17 - толкатель; 18 - ролик толкателя; 19 - кулочковый вал.*

Работа секции протекает следующим образом:

При движении плунжера 6 вниз под действием пружины 3 топливо под небольшим давлением, создаваемым топливоподкачивающим насосом в топливном канале корпуса насоса, поступает в надплунжерное пространство.

При движении плунжера вверх топливо через нагнетательный клапан поступает в топливопровод высокого давления и перепускается обратно в топливный канал до тех пор, пока управляющая кромка плунжера не перекроет впускное отверстие втулки.

При дальнейшем движении плунжера вверх давление в надплунжерном пространстве резко возрастает. Когда давление достигнет такой величины, что превысит усилие, создаваемое пружиной форсунки, игла форсунки поднимется и начнется процесс впрыскивания топлива в камеру сгорания цилиндра двигателя.

При дальнейшем движении плунжера вверх отсечные кромки плунжера открывают отсечные отверстия во втулке, что вызывает резкое падение давления топлива в линии нагнетания, посадку иглы форсунки на запирающий конус распылителя и прекращение подачи топлива в камеру сгорания.

На внутренней поверхности втулки 7 плунжера имеется кольцевая канавка, а в стенке отверстие для отвода топлива, просочившегося через зазор в плунжерной паре. Уплотнение между втулкой плунжера и корпусом секции, корпусом секции и корпусом насоса осуществляется резиновыми кольцами. Из полости вокруг втулки плунжера просочившееся топливо поступает по пазу на втулке плунжера в топливный канал корпуса насоса и далее через перепускной клапан и трубопровод в топливный бак.

В нижней части корпуса насоса расположен кулачковый вал. Кулачковый вал вращается в роликовых конических подшипниках и имеет две промежуточные опоры. Кулачковый вал установлен с осевым натягом 0,01-0,07 мм, который обеспечивается регулировочными прокладками, установленными между крышкой подшипника и корпусом насоса.

Связь секций с регулятором частоты вращения насоса осуществляется через рейку. Рейка топливного насоса перемещается в направляющих втулках, запрессованных в корпусе насоса. На выступающем из насоса конце рейки имеется болт 10, которым она упирается в защитный колпачок при пусковом положении рейки. При вывертывании болта из рейки пусковая подача уменьшается.

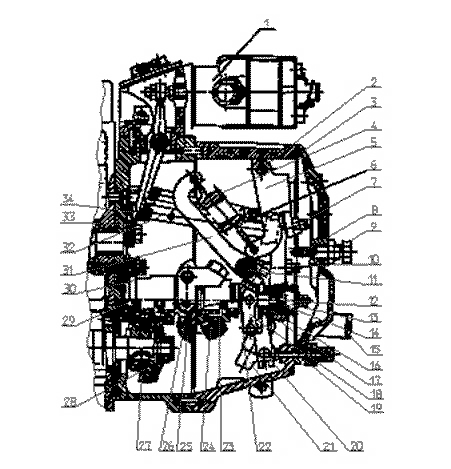
Смазка топливного насоса - централизованная, от масляной системы двигателя. Масло для насоса подводится к наддувному корректору, откуда, сливаясь в полость регулятора, поступает в насос.

**2.2. Регулятор частоты вращения**

Регулятор частоты вращения 5 - механический всережимный прямого действия с повышающей передачей на привод грузов, предназначен для поддержания заданного водителем скоростного режима работы двигателя путем автоматического изменения количества подаваемого топлива в зависимости от изменения нагрузки на двигатель. Кроме того, регулятор ограничивает максимальную частоту вращения коленчатого вала двигателя и обеспечивает работу двигателя в режиме холостого хода.

Регулятор имеет устройство для выключения подачи топлива в любой момент независимо от режима работы двигателя. Автоматически поддерживая скоростной режим при изменяющихся нагрузках, регулятор обеспечивает экономичную работу двигателя. Устройство регулятора частоты вращения показано на рисунке 3.

Регулятор расположен на заднем торце топливного насоса высокого давления. На конусе кулачкового вала находится ведущая шестерня 27 с демпфирующими резиновыми сухарями 28, которые сглаживают неравномерное вращение вала насоса. Ведомая шестерня выполнена как одно целое с валиком 29 державки грузов и установлена на двух подшипниках в стакан 30. На валик напрессована державка грузов 25, на осях 26 которой находятся грузы 24. Грузы своими роликами упираются в торец муфты 23, которая через упорный подшипник и пяту 22 передает усилие грузов рычагу регулятора 17, подвешенному вместе с двуплечим рычагом 5 на общей оси 2.



**Рис. 3. *Регулятор частоты вращения***

*1- корректор подачи топлива по наддуву; 2 - ось двуплечного рычага; 3 - крышка смотрового люка; 4 - пружина регулятора; 5 - двуплечный рычаг; 6 - пружина рычага рейки; 7 - винт двуплечного рычага; 8 - буферная пружина; 9 - корпус буферной пружины; 10 - регулировочный болт;*

*11 - вал рычага пружины; 12, 13, 14 – корректирующее устройство; 15 - скоба кулисы; 16 - втулка отрицательного корректора; 17 – рычаг регулятора;18 - рычаг отрицательного корректора; 19 - винт подрегулировки мощности; 20 - рычаг рейки; 21 - кулиса; 22 - пята;23 - муфта грузов; 24 - грузы регулятора; 25 - державка грузов; 26 - ось грузов; 27 - ведущая шестерня; 28 - сухари; 29 - валик державки грузов; 30 - стакан; 31 - рычаг пружины; 32 - тяга рейки; 33 - упор рычага пружины; 34 - рейка.*

Муфта 23 с упорной пятой 22 в сборе одним концом опирается на направляющую поверхность державки, а за второй конец подвешена на рычаге 18 отрицательного корректора, закрепленном на втулке 16 отрицательного корректора. Пята муфты грузов связана через узел отрицательного корректора с рычагом рейки 20 и через тягу 32 с рейкой топливного насоса.

К верхней части рычага рейки присоединена пружина 6 рычага рейки, удерживающая рейку насоса в положении, обеспечивающем достаточную подачу топлива для пуска двигателя. В нижнюю часть рычага рейки запрессован палец, который входит в отверстие ползуна кулисы 21. Вал 11 жестко связан с рычагом управления 6 (рисунок 1) и рычагом пружины 31. Перемещение рычага управления регулятором изменяет натяжение пружины регулятора и ограничивается двумя болтами 4 и 7 (рисунок 1).

За рычаг пружины 31 (коротким зацепом) и двуплечий рычаг 5 (длинным зацепом) зацеплена пружина регулятора 4, усилие которой передается с двуплечего рычага на рычаг регулятора через винт 7 двуплечего рычага. В рычаг регулятора ввернут регулировочный болт 10, который упирается в вал рычага пружины и служит для регулировки номинальной подачи топлива. В нижней части рычага регулятора расположено корректирующее устройство (12, 13, 14, 16, 18) с отрицательным корректором, предназначенное для формирования внешней скоростной характеристики ТНВД и крутящего момента двигателя.

Рычаг регулятора снабжен боковой накладкой, удерживающий втулку 16 отрицательного корректора и упорную пяту 22 от проворота. Кроме того, хвостовик болта крепления боковой накладки, входя в боковой продольный паз втулки 16, предохраняет ее от выпадения из расточки рычага. Упор 33, закрепленный на корпусе регулятора, не позволяет рычагу пружины 31 опасно приближаться к вращающимся грузам. Для полного выключения подачи топлива служит механизм останова, состоящий из кулисы 21, скобы 15 и возвратной пружины. Во время работы кулиса прижата усилием возвратной пружины к регулировочному винту 19.

Сзади крышка регулятора закрыта крышкой 3 смотрового люка с буферным устройством, состоящим из корпуса 9 и пружины 8, которая, сглаживая колебания рычага 17 регулятора, обеспечивает устойчивую работу двигателя на минимальном холостом ходу.

Принцип действия регулятора частоты вращения основан на взаимодействии центробежных сил грузов и усилий пружин с различной предварительной деформацией.

На неработающем двигателе грузы регулятора находятся в сведенном положении, а рейка 34 под действием пружины 6 рычага рейки находится в положении максимальной пусковой подачи (крайнее левое положение).

При пуске двигателя, когда частота вращения коленчатого вала достигнет 460…500 мин-1 (рычаг управления находится на упоре в болт ограничения скоростного минимального режима), грузы регулятора под действием центробежной силы преодолевают сопротивление пружины рычага рейки и сдвигают через муфту грузов 23, рычаг рейки 32 до упора втулки 16 отрицательного корректора в рычаг регулятора. Далее, преодолевая сопротивление буферной пружины 8, грузы перемещают вправо всю систему рычагов и рейку ТНВД до установления цикловой подачи секции ТНВД, соответствующей скоростному минимальному режиму (режиму минимальной частоты вращения холостого хода).

При нажатии на педаль управления рычаг управления регулятором и жестко связанный с ним рычаг 31 пружины поворачиваются на определенный угол, что приводит к увеличению натяжения пружины регулятора. Под воздействием пружины рычаг 17 регулятора перемещает систему рычагов, муфту грузов и рейку в сторону увеличения подачи, и обороты коленчатого вала двигателя возрастают. Это происходит до тех пор, пока центробежная сила грузов не уравновесит силу натяжения пружины 4, т.е. до устойчивого режима работы двигателя. Таким образом, каждому положению рычага управления регулятором соответствует определенное число оборотов двигателя.

При уменьшении суммарного момента сопротивления движению автомобиля, частота вращения коленчатого вала двигателя увеличивается. В этом случае центробежная сила грузов возрастает. Грузы расходятся и, преодолевая усилие пружины регулятора, перемещают муфту грузов 23 и пяту 22. При этом система рычагов и рейка перемещаются в сторону уменьшения подачи (вправо) до тех пор, пока не установится число оборотов двигателя, заданное положением рычага управления, т.е. пока не наступит равновесие между центробежной силой грузов и силой пружины регулятора.

При увеличении суммарного момента сопротивления движению автомобиля частота вращения коленчатого вала уменьшается, следовательно, уменьшается и центробежная сила грузов регулятора. Усилием пружины 4 регулятора система рычагов, пята и муфта грузов переместятся влево и передвинут рейку влево, в сторону увеличения подачи. Подача топлива секциями увеличивается до тех пор, пока частота вращения коленчатого вала двигателя не достигнет величины, заданной положением рычага управления регулятором.

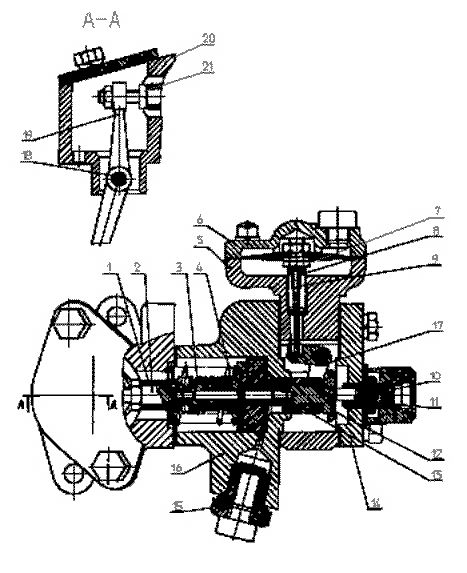
Остановка двигателя осуществляется поворотом скобы кулисы 15 вниз. При этом кулиса 21 и нижний конец рычага 20 рейки поворачиваются влево, рейка насоса выдвигается в крайнее положение, и подача топлива прекращается.

Отрицательный корректор (12, 13, 14, 16, 18) обеспечивает постепенное уменьшение цикловой подачи топлива при уменьшении частоты вращения кулачкового вала насоса от номинальной до 500 мин-1 и тем самым обеспечивает бездымную работу двигателя.

При частоте вращения кулачкового вала, соответствующей номинальной, центробежная сила грузов превышает усилие предварительной затяжки пружины 14 корректора, и пята через корректор 12 и втулку 16 упирается в главный рычаг регулятора.

При снижении частоты вращения кулачкового вала ТНВД усилие пружины корректора становится достаточным для преодоления силы грузов. При этом корректор 12 выдвигается из втулки 16 и, перемещая муфту грузов и систему рычагов, сдвигает рейку ТНВД в сторону уменьшения цикловой подачи топлива.

Частота вращения кулачкового вала, соответствующая моменту начала работы корректора, т. е. моменту начала выдвижения корректора из втулки, регулируется предварительным сжатием пружины 14. Чем меньше частота вращения кулачкового вала, тем больше величина выступания корректора из втулки и тем больше величина ограничения цикловой подачи топлива. При 500 мин-1 величина ограничения цикловой подачи топлива наибольшая, ее значение определяется максимальной величиной выступания корректора.



**Рис. 4. *Корректор по наддуву:***

*1 - гильза упора; 2 - упор; 3 - пружина гильзы; 4 - пружина поршня; 5 - корпус мембраны; 6 – крышка мембраны; 7 - контргайка штока мембраны; 8 - пружина; 9 - шток с мембраной; 10 - корпус пружины корректора; 11 - пружина корректора; 12 - золотник; 13 - поршень; 14 - крышка корректора; 15 – штуцер подвода масла; 16 - корпус корректора; 17 - рычаг; 18 - ось рычага; 19 - рычаг; 20 - проставка; 21 - регулировачный болт рычага.*

Регулятор частоты вращения оснащен корректором подачи топлива по наддуву для снижения теплонапряженности и дымности отработавших газов дизеля на малых частотах вращения и переходных режимах. Кроме того, корректор защищает двигатель в аварийных ситуациях, возникающих при отказах системы турбонаддува.

Принцип действия корректора по наддуву заключается в том, что при снижении давления наддувного воздуха, он воздействует на рейку топливного насоса, уменьшая подачу топлива.

Корректор подачи топлива по наддуву (рисунок 4) установлен на верхней части корпуса регулятора. К проставке 20 с помощью болтов крепятся корпус корректора 16, корпус мембраны 5 и крышка корректора 14. Внутри корпуса корректора расположена прецизионная пара поршень 13 и золотник 12. Через упор 2 поршень поджимается пружиной 4 к корпусу корректора. На упоре установлена гильза 1 упора, которая пружиной 3 постоянно поджимается к регулировочному болту 21 рычага 19. Рычаг установлен на оси 18 в проставке. На одном конце рычага расположен регулировочный болт с гайкой, а другой конец при работе корректора непосредственно воздействует на рейку ТНВД.

В корпусе мембраны располагается выполненная из специальной ткани мембрана в сборе со штоком 9, закрытая крышкой 6. В крышке выполнено отверстие для подвода воздуха от впускного коллектора двигателя. Рычаг 17, установленный на оси, служит для передачи движения от штока к золотнику 12. В золотник упирается пружина корректора 11. Для изменения ее предварительного сжатия в крышку 14 корректора ввернут корпус 10 пружины. На корпус навернута контргайка и колпачок. В корпус корректора ввернут штуцер 15 подвода масла из системы смазки двигателя.

Уплотнение сопряженных корпусных деталей корректора по наддуву осуществляется с помощью паронитовых прокладок.

При неработающем двигателе давление масла в системе смазки и воздуха во впускных коллекторах отсутствует. Пружина 4 поджимает поршень 13 с упором 2 к корпусу корректора 16. Пружина корректора 11 поджимает золотник 12 и шток 9 с мембраной до упора в крышку мембраны. При пуске двигателя масло из системы смазки двигателя через ввертыш 15 начинает поступать в поршневую полость корректора и через открытые сливные окна поршня, осевые каналы золотника и упора сливается в полость регулятора.

При выходе двигателя на режим холостого хода рейка ТНВД перемещается из стартового положения в сторону уменьшения подачи. Вслед за рейкой под действием пружины 3 перемещается гильза 1, поворачивая рычаг 19. Перемещение гильзы относительно упора приводит к перекрытию сливных окон упора, в результате чего свободный слив прекращается, давление масла в подпоршневой полости увеличивается; и поршень начинает перемещаться влево в свое рабочее положение. Перемещение поршня продолжается до момента открытия сливных окон поршня торцовой рабочей кромкой золотника.

При работе двигателя под нагрузкой и увеличении частоты вращения коленчатого вала давление воздуха в полости мембраны увеличивается. Мембрана деформируется, шток перемещает рычаг 17 корректора, который в свою очередь сдвигает золотник корректора вправо. При этом площадь проходного сечения, через которые происходит перетекание масла из подпоршневой полости в осевой канал поршня увеличивается, давление масла в подпоршневой полости уменьшается, и поршень вместе с упором под действием пружины смещается вправо, восстанавливая свое положение относительно золотника. Вслед за поршнем и упором под действием стартовой пружины, перемещается рейка ТНВД. Таким образом, увеличение давления воздуха в полости мембраны приводит к увеличению цикловой подачи топлива. Перемещение рейки сопровождается поворотом рычага 19, при этом величина перемещения рейки и изменения цикловой подачи определяется величиной перемещения поршня и упора.

При уменьшении частоты вращения коленчатого вала давление турбокомпрессора падает, уменьшается давление в полости мембраны, золотник 12 под действием пружины 11 смещается влево и рабочая кромка торцевой поверхности золотника перекрывает сливные окна поршня. В подпоршневой полости давление масла растет, поршень сдвигается влево до момента открытия сливных окон и через упор 2 и рычаг 19 сдвигает рейку в сторону уменьшения подачи.

Таким образом, изменение давления воздуха в полости мембраны приводит к изменению положения золотника, поршень автоматически отслеживает положение золотника и обеспечивает соответствующее перемещение рейки ТНВД. Величина перемещения рейки и изменение цикловой подачи определяется величиной перепада давления в полости мембраны и характеристикой пружины корректора.

При увеличении давления наддува около 0,06 МПа (0,6 кГс/см2) ограничение подачи корректором снимается.

При останове двигателя корректор обеспечивает автоматическое включение пусковой подачи. Демонтаж исправного корректора по наддуву вместе с проставкой 20 в эксплуатации не рекомендуется, так как затем возможна неправильная установка рычага 19 относительно рейки, ведущая к разносу двигателя.

В случае необходимости демонтажа (например, при ремонте) при последующей установке корректора на регулятор отвести скобой кулисы двигателя рейку насоса в положение выключенной подачи и вставить корректор проставкой в корпус регулятора. Затем отпустить скобу кулисы. После этого необходима проверка регулировки корректора по наддуву, а также проверка регулятора на выключение подачи топлива.

Основные регулировки, предусмотренные конструкцией регулятора частоты вращения:

1. Минимальная частота вращения холостого хода регулируется болтом 7 (рисунок 1) и корпусом буферной пружины 9 (рисунок 3).

2. Максимальная частота вращения холостого хода (начало выброса рейки) регулируется болтом 4 (рисунок 1).

3. Номинальная мощность (подача) регулируется болтом 10, подрегулируется винтом 19 (рисунок 3).

4. Предварительное натяжение пружины регулятора (разность оборотов, соответствующих полному выключению и началу выключения подачи топлива) регулируется винтом 7 (рисунок 3).

5. Подача топлива при 500 мин-1 регулируется гайкой обратного корректора 12 (рисунок 3).

6. Предварительное натяжение пружины обратного корректора (обороты начала срабатывания корректора) регулируется корпусом корректора 13 (рисунок 3).

К особенностям регулировки следует отнести то, что для обеспечения уменьшенного усилия на рычаге управления, рычаг пружины, при регулировке частоты вращения начала действия регулятора, должен быть максимально приближен к упору в корпусе регулятора, ограничивающему его поворот. Подрегулировку начала действия регулятора производить винтом двуплечего рычага.

**2.3. Ремонт топливного насоса высокого давления и форсунок**

Прецизионные детали (корпус распылителя с иглой, гильза с плунжером, нагнетательный клапан с седлом и шток со втулкой) не разукомплектовывают. Детали моют в керосине (прецизионные детали отдельно). Нагар с поверхности форсунок удаляют в моечных ультразвуковых установках. Отверстия в распылителях прочищают специальными приспособлениями — чистиками. После мойки и чистки детали обдувают сжатым воздухом или вытирают чистыми салфетками, дефектуют и сортируют согласно техническим условиям. Корпус топливного насоса высокого давления (ТНВД) изготавливают из сплава алюминия АЛ9. Обломы и трещины, захватывающие отверстия под штуцера и подшипники и находящиеся в труднодоступных местах, являются выбраковочными признаками. Все остальные трещины и обломы устраняют наплавкой или заваркой в среде аргона. Износ отверстий под толкатели плунжеров устраняют обработкой под ремонтный размер.

При размере этого отверстия более допустимого корпус бракуют. Износ отверстия под подшипники державки грузиков устраняют гальваническим натиранием или постановкой ДРД. Износ отверстий под ось промежуточной шестерни, под ось рычага реек и под ось рычага пружины устраняют постановкой ДРД с последующим развертыванием до размеров рабочего чертежа.

Детали плунжерной пары изготавливают из стали 25Х5МА. Такой дефект, как заедание плунжера во втулке, является выбраковочным признаком. Заедание отсутствует, если плунжер будет свободно опускаться в разных положениях по углу поворота во втулке при уста новке пары под углом 45°. Износ рабочих поверхностей плунжерной пары, как и следы коррозии на торцовой поверхности втулки, что ведет к потере герметичности, устраняют перекомплектовкой.

Для этого сам плунжер и его втулку притирают и доводят до нужной шероховатости Rz0,8 при допустимой овальности 0,2 мкм и конусности 0,4 мкм. Затем плунжеры разбивают на размерные группы (интервал 4 мкм) и подбирают по соответствующим втулкам. Далее плунжер и втулку притирают, промывают в бензине и больше не обезличивают. Затем плунжерную пару проверяют, как указано выше.

Нагнетательный клапан в сборе с седлом изготавливают из стали ШХ-15, НКС 58...64. Риски, задиры, следы износа и коррозия на конусных поверхностях, на направляющей поверхности и на торце седла, на разгрузочном пояске клапана устраняют притиркой на плите притирочными пастами. При этом седло клапана крепят в цанговой державке за резьбовую поверхность. Шероховатость торцовой поверхности седла должна соответствовать Rа 0,16 мкм, а направляющего отверстия и уплотняющего конуса Rа 0,08 мкм. После подбора и притирки клапанную пару не обезличивают. Отсутствие заедания клапана в седле определяется его свободным перемещением под действием собственного веса в разных положениях по углу поворота после выдвижения клапана из седла на 1/3 длины.

Распылитель форсунки в сборе состоит из корпуса, который изготавливают из стали 18Х2Н4ВА, НRС 56...60, и иглы из стали Р18, НRС 60...65. Основные дефекты: риски и следы износа на торцевой поверхности корпуса распылителя, на направляющей, на конусных поверхностях иглы и корпуса и износ сопловых отверстий. Корпус распылителя с увеличением сопловых отверстий и со следами оплавления носика бракуют. Сопловые отверстия контролируют калибром (если калибр проходит хотя бы в одно из отверстий, корпус распылителя бракуется).

Риски и следы износа на торцевой поверхности корпуса распылителя устраняют путем притирки и доводки до зеркального блеска на плите, применяя соответствующие притирочные пасты в зависимости от глубины рисок. Риски и следы износа на направляющей и конусной поверхности отверстий в корпусе удаляют при помощи притиров, доводя поверхность до требуемой геометрической формы и шероховатости и затем сортируют по диаметру на группы.

Иглу обрабатывают на соответствующем притире, закрепляя ее через обойму в патроне токарного станка, а притир при помощи оправки держат в руках. При обработке корпуса притир закрепляют в патроне станка, а корпус держат в руках (частота вращения шпинделя 200-..350 мин-1, притирку заканчивают при появлении на корпусе притира пояска шириной до 0,5 мм). Иглы сортируют на группы по диаметру направляющей поверхности, подбирают по соответствующим группам корпусов распылителей и доводят притиркой сопряженных деталей после нанесения тонкого слоя пасты сначала на цилиндрическую поверхность иглы, затем на конусную (предварительно промыв и смазав дизельным топливом цилиндрическую поверхность).

Притирку и доводку производят тремя пастами: притирку — пастой 28 мкм (светло-зеленого цвета), доводку — пастой 7 мкм (темно-зеленого цвета), освежение — пастой 1 мкм (черного цвета с зеленым оттенком). После каждого процесса притирки и доводки детали необходимо тщательно промывать в чистом дизельном топливе.

Сопряжение корпус распылителя — игла после ремонта должно соответствовать следующим техническим требованиям: расстояние между торцом иглы и корпуса должно быть в пределах, определяемых техническими условиями; этот размер обеспечивается доводкой торца; игла после тщательной ее промывки и смазки дизельным топливом, выдвинутая на 1/3 длины из корпуса, наклоненного на угол 45°, должна плавно без задержек опускаться до упора под действием собственной массы (проверка плотности, качества распыливания и герметичности запорного конуса производится при испытании форсунки в сборе).

Все непрецизионные детали восстанавливают ранее рассмотренными способами: трещины на корпусе — заваркой по технологии, применяемой при сварке деталей из алюминиевого сплава; резьбу с повреждениями более двух ниток — заваркой и нарезанием резьбы по рабочему чертежу, а также нарезанием ремонтной резьбы или постановкой ввертышей; изношенные опорные шейки вала — шлифованием под ремонтный размер или хромированием с последующим шлифованием под размер рабочего чертежа.

После сборки приборы системы питания высокого давления прирабатываются, регулируются и испытываются на стендах СДТА-1, СДТА-2. Форсунки испытывают на герметичность, на начало впрыскивания и качество распыливания, на пропускную способность, по которой форсунки разбиваются на четыре группы (0, 1, 2, 3) с клеймением их по наружной поверхности соединения со штуцером.

ТНВД испытывают на начало подачи топлива секциями, на герметичность, на производительность и равномерность подачи топлива. Насосы испытывают и регулируют на определенных режимах.

Номинальный режим: начало действия регулятора; цикловая подача топлива или производительность секции (насоса) при номинальной частоте вращения кулачкового вала; неравномерность подачи топлива между секциями насоса; угол начала нагнетания топлива и чередование подачи по секциям насоса; угол начала впрыскивания топлива и чередование его подачи по секциям насоса.

Режим перегрузки (максимального крутящего момента): цикловая подача топлива или производительность секции (насоса) при частоте вращения кулачкового вала, соответствующей максимальной частоте вращения коленчатого вала на холостом ходу двигателя; частота вращения кулачкового вала в момент полного автоматического выключения регулятором подачи топлива секциями насоса.

Пусковой режим: цикловая подача топлива или производительность секции (насоса) при пусковой частоте вращения; частота вращения кулачкового вала насоса в момент автоматического выключения обогатителя.

В топливных насосах отдельных марок дополнительно контролируют цикловую подачу на частоте вращения кулачкового вала, соответствующей минимальной частоте вращения коленчатого вала на холостом ходу двигателя.

Испытание и регулирование топливного насоса проводят на стенде КИ-921 МТ, укомплектованном набором стендовых форсунок. Перед испытанием подключают насос к системе топливо-подачи стенда и заливают свежее масло в корпус насоса и регулятора до верхних меток указателей уровня.

Если проводилась замена плунжерных пар или восстанавливалось какое-либо соединение в насосе или регуляторе, то перед регулировкой насос обкатывают на стенде с полной подачей топлива в течение 10... 15 мин без форсунок, а затем 20...30 мин с форсунками при частоте вращения кулачкового вала 800...850 мин-1.

В процессе обкатки следят за возможным появлением стуков, местных нагревов, подтеканий топлива, масла и других неисправностей. Устранив обнаруженные неисправности, приступают к регулировке насоса.

**3. Технико-экономическая часть**

Диагностирование системы питания дизельных двигателей включает в себя проверку герметичности системы и состояния топливных и воздушных фильтров, проверку топливо подкачивающего насоса, а также насоса высокого давления и форсунок.

Герметичность системы питания, дизельного двигателя имеет особое значение. Так, подсос воздуха во впускной части системы (от, бака до топливоподкачивающего насоса) приводит к нарушению работы топливоподающёй аппаратуры, а негерметичность части системы, находящейся под давлением (от топливо подкачивающего насоса до форсунок) вызывает подтекание и перерасход топлива.

Впускную часть топливной магистрали проверяют на герметичность с помощью специального прибора-бачка. Часть магистрали; находящуюся под давлением, можно проверять опрессовкой ручным топливоподкачивающим насосом или визуально при работе двигателя на частоте вращения холостого хода.

Состояние топливных и воздушных фильтров проверяют визуально.

Топливоподкачивающий насос и насос высокого давления проверяют на стенде дизельной топливоподающей аппаратуры СДТА. При испытаниях и регулировке на стенде исправный топливоподкачивающий насос должен иметь определенную производительность при заданном противодавлении и давление при полностью перекрытом топливном канале (стенда производительность должна быть не менее 2,2 л/мин при противодавлении 150-170 кПа и давлении при полностью перекрытом канале 380 кПа). Топливный насос высокого давления проверяют на начало, равномерность и величину подачи топлива в цилиндры двигателя. Для определения начала подачи топлива применяют моментоскопы - стеклянные трубки с внутренним диаметром 1,5-2,0 мм, устанавливаемые на выходном штуцере насоса, и градуированный диск (лимб), который крепится к валу насоса. При проворачивании вала секции насоса подают топливо в трубки моментоскопов. Момент начала движения топлива в трубке первого цилиндра фиксируют по градуированному диску. Это положение принимают за 0° - начало отсчета. Подача топлива в последующие цилиндры должна происходить через определенные углы поворота вала в соответствии с порядком работы цилиндров двигателя. Для двигателя 740 автомобиля КамАЗ порядок работы цилиндров 1 - 5 - 4 - 2 - 6 - 3 - 7 - 8, подача топлива в пятый цилиндр (секцией насоса 8) должна происходить через 45°, в четвертый (секцией 4) - 90°, во второй (секцией 5) - 135°, в шестой (секцией 7) - 180°, в третий (секцией 3) - 225°, в седьмой (секцией 6). - 270° и восьмой (секцией 2) - 315°. При этом допускается неточность интервала между началом подачи топлива каждой секцией относительно первой не более 0,5°.

Количество топлива, подаваемого в цилиндр каждой из секцией насоса при испытании на стенде, определяют с помощью серных мензурок, Для этого насос устанавливают на стенд и зал насоса приводится во вращение электродвигателем стенда. Испытание проводится совместно с, комплектом исправных и отрегулированных форсунок, которые соединяются с секциями насоса трубопроводами высокого давления одинаковой длины (600±2 мм). Величина цикловой подачи (количество топлива, подаваемого секцией за один ход плунжера) для двигателя 740 КамАЗ должна составлять 72,5-75,0 мм3/цикл. Неравномерность подачи топлива секциями насоса не должна превышать 5%.

Форсунки дизельного двигателя проверяют на стенде НИИАТ-1609 на герметичность, давление начала подъема иглы и качество распыливания топлива. Стенд состоит из топливного бачка, секции топливного насоса высокого давления и манометра с пределами измерения до 40 МПа. Плунжер секции насоса приводится в движение вручную с помощью рычага. Для проверки форсунки на герметичность затягивают ее регулировочный винт, после чего с помощью секции насоса стенда создают в ней давление до 30 МПа и определяют время падения давления от 30,0 до 23,0 МПа. Время падения давления для изношенных форсунок не должно быть менее 5 с. Для форсунок с новым распылителем оно составляет не менее 20 с. На том же приборе проверяют давление начала подъема иглы форсунки. Для этого в установленной на стенд форсунке с помощью секции насоса прибора повышают давление и определяют величину его, соответствующую началу впрыска топлива. У двигателей 740 КамАЗ впрыск топлива должен начинаться при 17,6 МПа

На работающем двигателе давление начала подъема иглы можно определить с помощью максиметра, который по принципу действия аналогичен форсунке, но регулировочная гайка имеет микрометрическое, устройство с нониусной шкалой, позволяющее точно фиксировать давление начала подъема иглы. Этот прибор устанавливают между секцией топливного насоса высокого давления и проверяемой форсункой. Добиваясь одновременности впрыска топлива форсункой и максиметром, по положению микрометрического устройства определяют, при каком давлении он происходит.

На приборе НИИАТ-1609 проверяют и качество распыливания топлива форсункой. Топливо, выходящее из сопел распылителя, должно распыливаться до туманообразного состояния и равномерно распределяться по всему конусу распыливания.

Перспективным методом диагностики топливной аппаратуры дизелей является измерение давления топлива и виброакустического импульса в звеньях топливоподающей системы. Для измерения давления между трубкой высокого давления и форсункой системы питания дизеля устанавливают датчик давления. Для измерения виброимпульсов на грани нажимной гайки трубки высокого давления монтируется соответствующий вибродатчик. Осциллограммы, полученные на исправном и неисправном комплектах топливной аппаратуры, различаются (главным образом по амплитудам). Сравнение осциллограмм проводится путем оценки их амплитудно-фазовых параметров. Возможно и визуальное сравнение.

Осциллографический метод позволяет оценить: углы опережения, начала подачи, впрыска, техническое состояние форсунок, нагнетательного клапана и автоматической муфты опережения впрыска. Следует отметить, что измерение изменения давления, хотя и обладает высокими информативностью и точностью, менее пригодно в условиях эксплуатации, чем виброметод из-за своей нетехнологичности (необходима разборка). Метод диагностики топливной аппаратуры по параметрам вибрации более универсален, технологичен (не требует разборки) и достаточно информативен.

Достоверность определения технического состояния топливной аппаратуры не менее 90%. Трудоемкость диагностирования одного комплекта аппаратуры около 0,3 ч.

**4. Охрана труда**

При эксплуатации автомобилей в почву и водоемы могут попасть неф­тепродукты: дизельное топливо, масло, бензин.

Попадая в водоемы, они не только покрывают поверхность пленкой, но и распространяются по всей толще воды, отлагаясь вместе с илом на дне. Наличие в 1 л воды 0,1 мг нефтепродуктов придает рыбе неустранимый впоследствии привкус нефти и спе­цифический запах. При больших количествах нефтепродуктов в воде она погибает.

Присутствие нефтепродуктов в почве губительно действует на растения.

Чтобы предупредить загрязнение окружающей среды нефтепро­дуктами, необходимо соблюдать следующие меры предосторожно­сти. Нельзя мыть детали машин топливом. Сливать отстой топлива из топливных баков и фильтров следует в только приготовленную тару. При прокачке топлива во время удаления воздуха из системы питания дизеля нужно его сливать в какую—либо емкость.

На нефтескладах, пунктах ТО и в ремонтных мастерских нужно собирать отработанные нефтепродукты в резервуары или бочки в специально отведенных местах с соответствующими указателями.

Нельзя допускать работу двигателя с повышенным дымлением и содержанием СО и СИ выше допустимой нормы.

**5. Экологическая часть**

Техника безопасности на автотранспорте. На автотранспортных предприятиях имеется служба безопасности. Все водители, поступающие на работу, вначале проходят вводный инструктаж по технике безопасности, а затем на рабочем месте. При выполне­нии работ с повышенной опасностью проводят повторные инст­руктажи через определенные промежутки времени. Водитель дол­жен строго соблюдать правила техники безопасности при эксплу­атации и ТО автомобиля.

Меры предосторожности при эксплуатации автомобиля.

Конструк­ция современных автомобилей обеспечивает безопасную работу на них. Но во избежание несчастных случаев надо знать и соблюдать следующие правила безопасности.

Водителям необходимо знать и выполнять Правила дорожного движения.

К работе на автомобиле допускают лиц не моложе 18 лет, про­шедших специальную подготовку и имеющих соответствующее удо­стоверение.

Перед пуском двигателя следует убедиться, что рычаг переклю­чения передач находится в нейтральном положении. Перед троганием с места водитель должен осмотреться, включить соответству­ющий сигнал и плавно начинать движение.

При экстренном торможении необходимо учитывать состояние дороги: на скользкой дороге надо тормозить двигателем во избежа­ние заноса. При ухудшении дорожных условий нужно снижать ско­рость движения.

На автомобилях с пневматическим приводом тормозов нельзя на спуске останавливать двигатель, так как запас воздуха в воздуш­ных баллонах может обеспечить небольшое число кратковремен­ных торможений.

При эксплуатации автомобиля на линии водитель отвечает за соблюдение правил безопасности всеми лицами, связанными с работой на нем. Погрузку и разгрузку нужно выполнять с примене­нием механизмов, предназначенных для этой цели. Никто не дол­жен находиться в радиусе вылета стрелы погрузочного механизма. Если при выполнении транспортной работы создаются условия, не соответствующие требованиям техники безопасности, водитель обязан прекратить работу, сообщить об этом администрации АТП и без разрешения не возобновлять ее.

Меры предосторожности при ТО.

В условиях АТП важное значе­ние имеют мероприятия, устраняющие вредное влияние отрабо­тавших газов, этилированного бензина, кислот и других вредных материалов на здоровье работающих при ТО и ремонте автомоби­ля, погрузочно-разгрузочных работах. Помещения, где выполняют ТО и ремонт автомобилей должны быть хорошо освещены и содер­жаться в чистоте. В темное время суток можно проводить ТО только при хорошем искусственном освещении, применяя при этом пере­носные электрические лампы напряжением не выше 36 В.

Безопасность работы во многом зависит от исправности приме­няемого инструмента. При разборке узлов и механизмов нельзя применять ключи, не соответствующие размерам гаек, с установ­кой подкладок в зев ключа; наращивать ключ другим ключом; уда­рять молотком по ключу при отвертывании гаек; отвертывать гайки молотком и зубилом. Ручки молотков и кувалд должны быть глад­кими, овальными и без трещин. Рукоятка должна прочно удержи­вать молоток (или кувалду) для чего в торец рукоятки вбивают клин из мягкой стали. Бойки молотков и кувалд должны быть без заусенец и трещин, с гладкой, слегка выпуклой поверхностью. Отвертку для работы выбирают такую, чтобы ширина ее рабочей части была равна диаметру головки винта.

Нельзя становиться на подвижные, особенно круглые детали, так как с них легко можно упасть. Чтобы не споткнуться, на полу у мест для проведения ТО не должны валяться посторонние предметы.

Стойкость деталей проверяют с помощью оправки - металли­ческого стержня. Ни в коем случае нельзя использовать для этих целей свой палец. Чтобы предохранить руки от ранения при пере­носке крупных деталей при разборочно-сборочных операциях, надевают рукавицы.

Запрещается устранять неисправности, регулировать, смазывать и очищать автомобиль при работающем двигателе.

Хранение топлива, смазочных материалов и специальных жид­костей допускается только в специальной таре. Этилированный бензин содержит тетраэтилсвинец, вызывающий тяжелые отравления организма человека. Запрещается использовать этилированный бен­зин для мытья рук и деталей, а также засасывать его ртом из шлан­га. Попавший на кожу этилированный бензин обезвреживают про­мыванием участка кожи керосином или теплой водой с мылом. При попадании этилированного бензина в глаза, необходимо промыть их 2%-м раствором пищевой соды или теплой водой и обратиться в лечебное учреждение.

Следует помнить, что антифриз - это ядовитая жидкость и при попадании в желудок и кишечник она вызывает отравление. Запреща­ется переливать жидкость без резиновых перчаток, засасывать ртом в шланг, а также курить и принимать пищу во время работы с ним.

Электролит приготавливают в сосудах из кислотостойкого мате­риала. Нельзя применять для этой цели стеклянные банки, кото­рые могут разбиться. Следует помнить, что пары серной кислоты вредно действуют на здоровье человека. Помещение, где выполня­ют работы с аккумуляторами, должно хорошо вентилироваться. При составлении электролита серную кислоту заливают в воду тонкой струей при непрерывном помешивании. Нельзя лить воду в серную кислоту во избежание бурной реакции, кипения и выплескивания раствора из сосуда. Следует остерегаться попадания электролита и кислоты на одежду и тело, так как возможен ожог кожи. Перено­сить аккумуляторные батареи на руках не разрешается, для пере­носки их рекомендуется использовать тележки с гнездами либо специальные приспособления.

При сливе горячего масла из поддона двигателя нужно остере­гаться, чтобы не обжечь руки. Работа двигателя в закрытых поме­щениях допускается только для заезда и выезда автомобиля.

Противопожарные меры.

Чтобы предупредить возникновение по­жаров, надо соблюдать следующие основные правила.

Нельзя курить и разводить огонь около мест заправки, пользо­ваться отрытым огнем при проверке наличия топлива в бочках и баках, отвертывать пробки у металлических бочек из-под бензина ударами металлических предметов.

Масло и топливо, попавшие на поверхность автомобиля, надо удалять ветошью, а промасленную ветошь складывать в металли­ческие ящики с крышками.

Необходимо периодически осматривать состояние электропро­водки и электрооборудования, так как электрическая искра может быть причиной пожара. Если воспламенится электрическая про­водка из-за короткого замыкания, то нужно немедленно выклю­чить потребители тока или разъединить электропроводку, а потом тушить огонь обычными способами.

Запрещается в холодное время года подогревать двигатель от­крытым пламенем.

В случае воспламенения нефтепродуктов пламя тушат огнету­шителем, засыпают землей или песком, прикрывают брезентом, войлоком. Запрещается тушить загоревшиеся нефтепродукты водой, так как они всплывают на поверхность и, окруженные свежим воз­духом, горят еще сильнее.

При эксплуатации газобаллонных автомобилей следует помнить, что сжиженные газы обладают повышенными по сравнению с жид­кими топливами пожаро- и взрывоопасными свойствами.

**6. Выводы и предложения**

В настоящее время в мире используются в основном два типа топливных систем для дизельного двигателя: насос-форсунки и система Common-Rail. На грузовиках “Вольво”, “Скания”, ИВЕКО уже более десяти лет устанавливаются насос-форсунки, которые полностью вытеснили рядные насосы. На “Мерседесах” и “Рено” используют систему Common-Rail. Обе системы являются передовыми и постоянно совершенствуются. Основная цель создания таких систем — повышение давления впрыска топлива в цилиндр, которое, в свою очередь, улучшает его распыливание, а следовательно, сгорание. Оптимизация процесса сгорания топлива позволяет уменьшить его расход и, главное, “запихнуть” двигатель во все более ужесточающиеся экологические нормы. Поговорим о системе “насос-форсунка”. Статистика эксплуатации грузовиков “Вольво” в России показывает высокую надежность этой системы. Нередко система работает до 500 000 км. Причем отказ работы всей системы — это большая редкость. В изношенном состоянии машина может пройти еще до 10 000 км, чтобы добраться до пункта назначения, чего нельзя сказать о реечных насосах. При заклинивании одного из плунжеров насос не работает, так как все плунжеры связаны рейкой. Насос-форсунки работают независимо друг от друга, и при выходе одной-двух из строя машина будет двигаться, их просто отключит компьютер, а автомобиль дойдет до пункта назначения и сервиса. Выявить изношенность насос-форсунок можно задолго до полного их отказа. Первым, как правило, выходит из строя распылитель форсунки, так как он находится в камере сгорания и является наиболее нагруженным узлом в системе — температурная нагрузка, высокие давления (до 1500 кг/кв. см) в момент впрыска. Корпус распылителя может даже расколоться, в этом случае компьютер высвечивает неисправность и отключает сигнал на форсунку — мотор начинает “троить”. В основном же изнашиваются отверстия в распылителе (увеличивается их диаметр), и подача топлива в цилиндр происходит при сниженном давлении. При этом наблюдается перерасход топлива и, выражаясь на профессиональном сленге, “Вольво” превращается в КамАЗ. Если машина все же хорошо “тянет”, значит, остальные составляющие системы — плунжерная пара и клапан управляющей подачи — изношены не критично. В этом случае можно обойтись заменой распылителя и проехать до капитального ремонта насос-форсунок еще тысяч сто километров. Если же машина дымит и не “тянет” (“зависает” на подъемах), то, как показывает практика, изношены все составляющие насос-форсунки (давление впрыска падает), идет существенный перерасход топлива. В этом случае необходим капитальный ремонт форсунки либо замена ее на новую.

**7. Литература**

1. Архангельский В. М. Автомобильные двигатели / В. М. Архангельский. М.: Машиностроение, 2006.

2. Автомобильные и тракторные двигатели: В 2 ч. Конструкция и расчет двигателей: Учебник для вузов / Под ред. И. М. Ленина. 2-е изд., доп. и перераб. - М.: Высшая школа, 2007.

3. Автомобильные и тракторные двигатели. (Теория, системы питания, конструкции и расчет): Учебник для вузов по специальности “Автомобили и тракторы” / Под ред. И. М. Ленина. М.: Высшая школа, 2006.

4. Вырубов Д. Н. Двигатели внутреннего сгорания: теория поршневых и комбинированных двигателей / Д. Н. Вырубов и др. М.: Машиностроение, 2006.

5. Двигатели внутреннего сгорания: Устройство и работа поршневых и комбинированных двигателей: Учебник для студентов вузов / Под ред. А. С. Орлина, М. Г. Круглова. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 2005.

6. Двигатели внутреннего сгорания / Под ред. д-ра техн. наук проф. В. Н. Луканина. М.: Высшая школа, 2006.

7. Конструкция и расчет автотракторных двигателей: Учебник для высших технических учебных заведений / Под ред. проф. Ю. А. Степанова. М.: Машгиз, 2007.

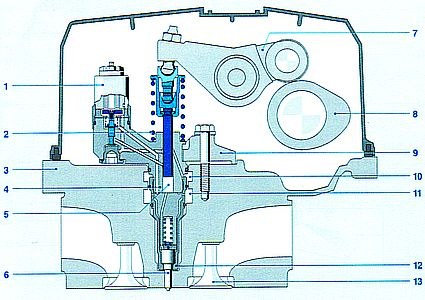
8. Колчин А. И. Расчет автомобильных и тракторных двигателей / А. И. Колчин, В. П. Демидов. М.: Высшая школа, 2006.

9. Лесные машины: Учебник для вузов / Под ред. д-ра техн. наук проф. Г. М. Анисимова. М.: Лесная промышленность, 2008.

10. Росс Твег. Системы впрыска бензина. Устройство, обслуживание, ремонт: Практ. пособие / Росс Твег. М.: Издательство “За рулем", 2008.

11. Хачиян А. С. Двигатели внутреннего сгорания / А. С. Хачиян и др. М.: Высшая школа, 2005.

**8. Графическая часть**



**Насос-форсунка в блоке цилиндров двигателя:**

*1 — электромагнитный клапан высокого давления; 2 — возвратная пружина; 3 — головка блока цилиндров; 4 — корпус насос-форсунки; 5 — камера высокого давления; 6 — распылитель; 7 — коромысло; 8 — кулачок привода; 9 — прижимная скоба; 10 — канал обратного слива топлива; 11 — канал подачи топлива; 12 — гайка распылителя; 13 — клапан двигателя.*