

И.И. Габитов, Л.В. Грехов, А.В. Неговора

Техническое обслуживание и диагностика топливной аппаратуры автотракторных дизелей

Рекомендуется Учебно-методическим объединением вузов Российской Федерации по образованию в области энергетики и электротехники в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению «Энергомашиностроение», специальности «Двигатели внутреннего сгорания»

Рекомендуется Учебно-методическим объединением вузов Российской Федерации по агроинженерному образованию в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальностям «Технология обслуживания и ремонта машин в агропромышленном комплексе» и «Механизация сельского хозяйства»

Москва
Легион-Автодата
2008

УДК 621.436

ББК 31.365

Габитов И.И., Грехов Л.В., Неговора А.В. Техническое обслуживание и диагностика топливной аппаратуры автотракторных дизелей: М.: Легион-Автодата, 2008. - 248 с.

ISBN 978-5-88850-353-9

(Код 3415)

Рецензенты: д.т.н., проф. МГТУ им. Н.Э.Баумана В.А.Марков
д.т.н., проф. МГАУ им. В.П.Горячкина С.Н.Девянин

Описана конструкция, работа, техническое обслуживание и диагностирование современных топливных систем отечественных и зарубежных автотракторных и комбайновых дизелей. Особое внимание уделено особенностям конструкций новейших систем топливоподачи с электронным управлением, современным технологиям диагностирования, технического обслуживания, ремонта топливной аппаратуры с использованием технологического оборудования, также оснащенного электронными системами управления. Описаны технологии испытаний и регулировки топливной аппаратуры и применяемое при этом оборудование, представлен обширный справочный материал по применению и регулировочным данным топливной аппаратуры.

Предназначено для студентов вузов, обучающихся по специальностям «Двигатели внутреннего сгорания», «Поршневые и комбинированные двигатели», «Технология обслуживания и ремонта машин в агропромышленном комплексе», «Механизация сельского хозяйства», а также инженерно-технических работников автотранспортных и сельскохозяйственных предприятий и организаций, занимающихся эксплуатацией автомобилей, тракторов и самоходных комбайнов.

В связи с дефицитом русскоязычной литературы по разделу знаний может стать особенно полезной при обслуживании транспортных дизелей, выполняющих экологические нормативы Евро-4...5 и Тир-2...3.

Ил. 256. Табл. 22. Библиогр. 46 назв.

© И.И.Габитов, Л.В.Грехов, А.В.Неговора

© Легион-Автодата, 2008.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОБЩИЕ ПО ТЕКСТУ СОКРАЩЕНИЯ	5
ВВЕДЕНИЕ	5
1. УСТРОЙСТВО И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ТОПЛИВОПОДАЮЩИХ СИСТЕМ	7
1.1. Влияние работы топливной аппаратуры на показатели дизеля и требования, предъявляемые к топливным системам	7
1.2. Линия низкого давления дизельной топливной системы	10
1.3. Системы непосредственного действия	18
1.3.1. Блочные топливные насосы высокого давления	18
1.3.2. Популярные отечественные насосы высокого давления и их автоматические регуляторы	28
1.3.3. Блочные и индивидуальные ТНВД с электронным управлением	39
1.3.4. Распределительные насосы с механическим и электронным управлением	42
1.3.5. Гидромеханические форсунки	60
1.3.6. Насос-форсунки	68
1.4. Аккумуляторные топливные системы с электронным управлением	74
1.4.1. Состав и устройство элементов систем Common Rail	74
1.4.2. Насосы высокого давления для аккумуляторной топливной системы Common-Rail	77
1.4.3. Электрогидравлические форсунки Common Rail	81
1.4.4. Управление впрыскиванием в системах Common Rail	89
1.4.5. Аккумуляторные системы с мультипликаторами давления	94
2. НАДЕЖНОСТЬ, ОСНОВНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ И ПРИЧИНЫ ОТКАЗОВ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ	100
2.1. Надежность топливной аппаратуры, количественные ее характеристики	100
2.2. Основные неисправности и причины отказов.	109
3. ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА	124
3.1. Технический сервис топливной аппаратуры	124
3.2. Специализированное предприятие по техническому сервису	128
3.3. Электронная сервисная информация и программное обеспечение	132
4. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И ДИАГНОСТИКА	138
4.1. Техническое обслуживание и диагностирование традиционной топливной аппаратуры	138
4.2. Электронные системы диагностики современных машин	142
4.2.1. Электронные блоки управления и системы диагностики	142
4.2.2. Стандарты интерфейса связи	144
4.2.3. Бортовая система диагностики	145
4.2.4. Технические средства диагностирования топливной аппаратуры машин, оборудованных бортовой системой диагностики	147
4.3. Диагностирование современных машин	151
4.3.1. Подключение диагностических средств к диагностической колодке или адаптеру	151
4.3.2. Диагностические коды неисправностей	153
4.3.3. Установка информационного обеспечения, подключение приборов и диагностирование	156
4.3.4. Алгоритмы проверки систем и исполнительных механизмов	159
4.4. Признаки неисправностей топливной аппаратуры по показателям работы дизеля	161

5. ИСПЫТАНИЕ И РЕГУЛИРОВКА ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ	165
5.1. Оборудование для испытаний топливной аппаратуры дизелей	165
5.2. Контрольно-регулирующие показатели дизельной топливной аппаратуры	186
5.3. Регулирование ТНВД Ногинского завода ТА (серия УТН)	187
5.4. Регулирование ТНВД Алтайского завода ТА (серия ТН)	190
5.5. Регулирование ТНВД Чугуевского завода ТА (серия НД)	192
5.6. Регулирование ТНВД Ярославского завода ТА (серия 43 ЯМЗ)	194
5.7. Регулирование ТНВД Ярославского завода ДА (серия 33 КАМАЗ)	196
5.8. Регулирование ТНВД Ярославского завода ДА (серия «Компакт 40»)	199
5.9. Регулирование ТНВД Ярославского завода ДА (серия «Компакт 32»)	200
5.10. Регулирование ТНВД Челябинского ТЗ (серия КДМ)	202
5.11. Регулирование ТНВД распределительного типа (серия VE)	204
5.12. Регулирование ТНВД фирмы Bosch с электронным управлением (серия VP)	206
5.13. Регулирование агрегатов топливных систем типа Common Rail	207
5.14. Оценка качества работы и регулировка форсунок	209
5.15. Установка топливного насоса на двигатель и проверка угла опережения впрыскивания топлива	212
ЛИТЕРАТУРА	219
СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ И РЕГУЛИРОВОЧНЫЕ ТАБЛИЦЫ	221

Датчик подъема иглы форсунки может отсутствовать. С использованием сигналов датчиков температуры и давления воздуха рассчитывается расход и коэффициент избытка воздуха. Это позволяет предотвратить дымление на рабочих режимах дизеля, включая работу на высоте до 4000 м над уровнем моря при минимальной потери мощности. Отключение подачи на режиме принудительного холостого хода обеспечивает торможение двигателем. Она снабжена функциями самодиагностики, сигналы о неисправностях подаются на приборный щиток и запоминаются.

Индивидуальные ТНВД с электроуправляемым клапаном на сливе (ТНВД с клапанным управлением) конструктивно относительно просты: не имеют привычной рейки, механизма поворота плунжера, плунжер лишен усложненной золотниковой части, как правило, отсутствует нагнетательный клапан (рис. 1.43). В такой ТА используется обычная форсунка, сохраняются привычные компоновочные решения, приемы обслуживания и регулировки. Впрыскивание в таких ТНВД начинается энергично, имеется четкая отсечка, и этот способ регулирования даже обеспечивает некоторое повышение давления впрыскивания, оставляет возможность индивидуальной подачи по цилиндрам, а, возможно, и осуществления двухфазного впрыскивания.



Рис. 1.43. Компоновка, внешний вид и разрез индивидуального ТНВД фирмы R.Bosch для дизелей грузовых автомобилей [27] с быстродействующим электромагнитным клапаном слива: 1 - толкатель; 2 - плунжер; 3 - полости подкачки и слива; 4 – канал отсечки; 5 - каналы высокого давления; 6 - каналы низкого давления; 7 - клапан управления сливом; 8 - электромагнитный привод.

Ввиду специфичности процессов в новых элементах ТНВД необходимо со вниманием относиться к нарушениям нормальной ЛНД, работы клапанов. ЛНД важна не столько потому, что обуславливает скорость изменения давления нагнетания, сколько потому, что через нее и клапан производится наполнение плунжерной полости. Любая нестандартная замена элементов ЛНД (топливопроводов, дополнительных клапанов и жиклеров) может изменить отлаженный процесс. Типичные дефекты при этом: перегрев элементов ЛНД, повышенное пенообразование, и, как следствие, нестабильность подачи, ее уменьшение (потеря мощности).

Быстродействующий клапан управления - единственно сложный и нетрадиционный элемент ТНВД. Такие клапаны используются также в распределительных ТНВД и насос-форсунках. В высокооборотном дизеле он должен срабатывать в обе стороны за время 0,1...0,2 мс. Это оказывается возможным не только при малых массах и усилиях электромагнита более 250 Н, но и гидравлической разгруженности клапана, т.е. равной нулю равнодействующей от значительных гидравлических сил.

На рис. 1.44 представлен клапан наиболее популярной геометрии. Для разгрузки от сил высокого давления в центральной камере, сообщенной с плунжерной полостью, используют разгружающий стебель клапана с прецизионным сопряжением с седлом. Казалось бы, с негерметичностью такого клапана можно было бы мириться: утечки много меньше полезной подачи. Однако, эти утечки ухудшают параметры малых подачи и приводят к перегреву клапана.

Он отличается повышенной работоспособностью привода плунжеров, использованием автоматических шариковых впускных клапанов, компоновкой совместно с подкачивающим шестеренчатым насосом, регулированием производительности дросселированием на всасывании, отличающимся высоким КПД. ТНВД CP-3.4 для двигателей грузовиков смазывается маслом. В настоящее время во всех конструкциях ТНВД CR регулирование производительности производится путем дросселирования на впуске. В ТНВД фирмы Denso поток топлива дополнительно дросселируется на выходе из насоса.

Для облегчения ТНВД фланцевая часть корпуса отлита из алюминиевого сплава, для обеспечения работоспособности толкателя и сохранения прочности другая (насосная часть) – из чугуна. Масса насоса 6,6 кг. Из специальных антифрикционных материалов выполнены детали втулки эксцентрика. Если три ее скоса достаточно твердые, то вкладыш подшипника качения – фторобронзовый (шаровидная бронза диспергирована во фторопласте). Он достаточно мягкий, легко царапается и повреждается при попадании в зазор абразива, при наличии повреждений на поверхности эксцентрика, при надевании на вал с перекосом.

Близкие конструктивные решения применены в **ТНВД фирмы Siemens** (рис. 1.100). Он отличается малыми габаритами, массой (4,5 кг), наличием двух встроенных клапанов управления (рис. 1.93) и предназначался для нагнетаний топлива под давлением до 150 МПа. Основная часть корпуса выполнена – литьем из чугуна (рис. 1.100,б), фланцевая – из алюминиевого сплава (рис. 1.95,в). Шариковые клапаны в головке насосной секции – неподпружиненные, в корпусе-корсете. Втулка плунжера заодно с головкой (рис. 1.100,г).

Клапан регулятор расхода, приводимый в действие пропорциональным электромагнитом, управляется микроконтроллером широтно-импульсной модуляцией, изменяющей среднее значение тока, подаваемого в обмотку электромагнита. Характер регулирования подачи отличается от системы EDC16C3 фирмы R.Bosch. Если в той величина управляющего воздействия регулятора обратно пропорциональна подаче топлива (при отсутствии управляющего сигнала клапан открыт), то в системе SID 801 фирмы Siemens величина управляющего воздействия регулятора прямо пропорциональна подаче топлива.

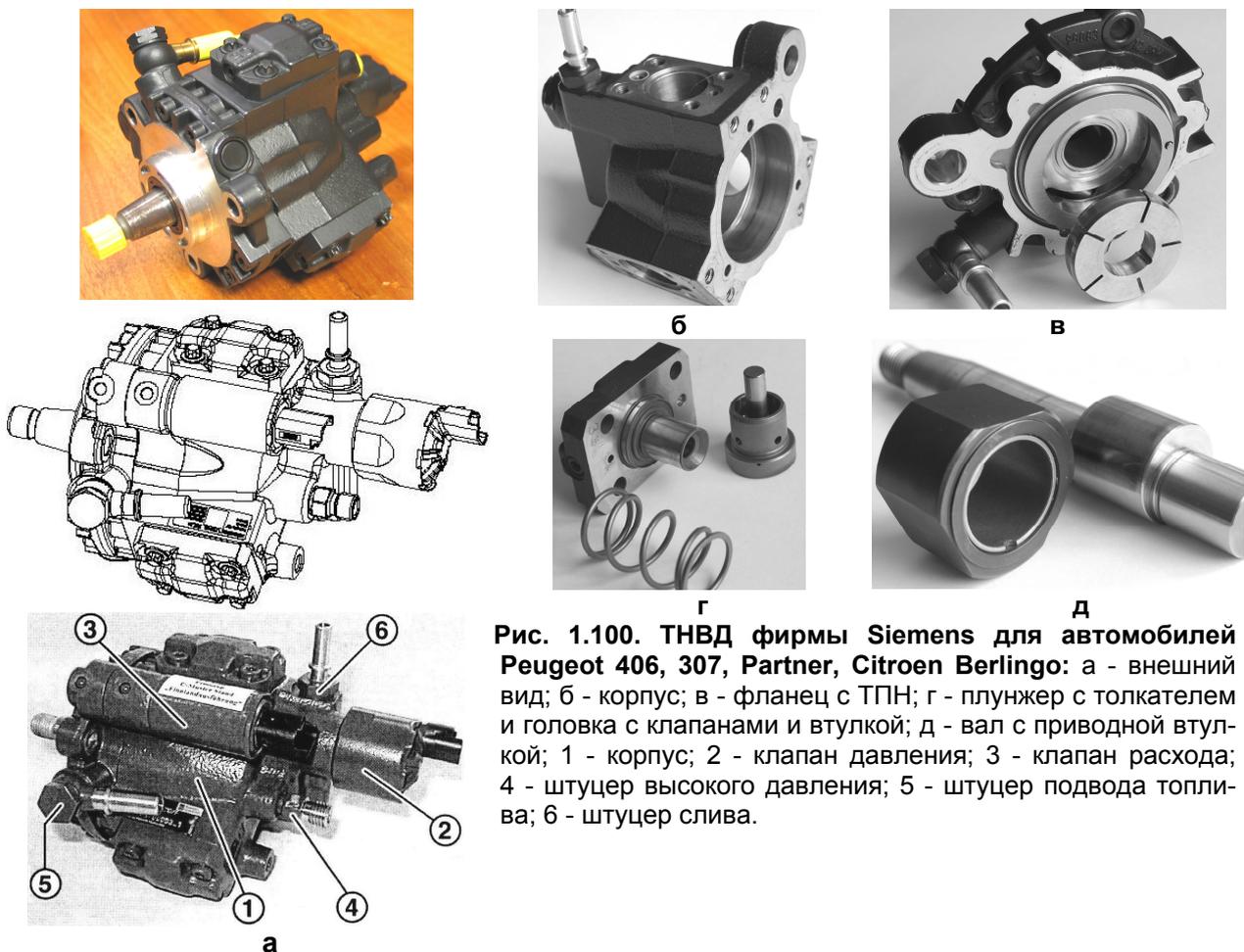


Рис. 1.100. ТНВД фирмы Siemens для автомобилей Peugeot 406, 307, Partner, Citroen Berlingo: а - внешний вид; б - корпус; в - фланец с ТПН; г - плунжер с толкателем и головка с клапанами и втулкой; д - вал с приводной втулкой; 1 - корпус; 2 - клапан давления; 3 - клапан расхода; 4 - штуцер высокого давления; 5 - штуцер подвода топлива; 6 - штуцер слива.

Таблица 2.1. Характеристики отказов

Группа сложности	Характеристики отказов
1	Устраняемые ремонтом или заменой деталей, расположенных снаружи узлов и агрегатов (устранение отказов производится без разборки этих агрегатов и узлов); устранение отказов требует внеочередного проведения ТО-1 и ТО-2; учитываемые как отказы, вызывающие предельное изменение параметров топливоподачи; все отказы топливных фильтров и форсунок, в том числе отказы, устраняемые ремонтом и заменой форсунки и топливных фильтров, требующих разборки узлов, но не вызывающих предельного состояния (подгруппа 1 а), и отказы, вызывающие предельное состояние форсунок и фильтров (подгруппа 1 б).
2	Устраняемые ремонтом или заменой легкодоступных узлов и агрегатов или их деталей (нагнетательного клапана, плунжерной пары); устраняемые вскрытием внутренних полостей основных узлов, но без их разборки (замена пружин регулятора); требующие внеочередного проведения операций, предусмотренных ТО-3.
3	Устраняемые при полной разборке аппаратуры (поломка кулачкового вала, подшипников, трещины корпуса).

Сохраняемость топливной аппаратуры характеризует ее свойство сохранять обусловленные эксплуатационные показатели в течение и после срока хранения и транспортирования, установленного технической документацией.

Для различных объектов и условий их эксплуатации относительная значимость этих свойств также различна. Для неремонтируемых объектов надежность включает в себя в основном их безотказность, в то время как для ремонтируемых объектов одним из важнейших свойств, составляющих надежность, является ремонтпригодность.

Надежность топливной аппаратуры дизелей в эксплуатации определяется как общими (безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость, комплексные показатели), так и присущими только ТА показателями: стабильностью исходных конструктивно-регулируемых параметров.

Количественные характеристики надежности, называемые критериями, характеризуют различные ее составные части с количественной стороны. Численные значения критериев также называют параметрами или показателями надежности.

В связи с тем, что процессы накопления неисправностей и появления отказов изделий носят по своей физической природе случайный характер, показатели надежности являются вероятностными величинами и определяются на основе правил теории вероятностей и математической статистики.

Основным показателем надежности топливной аппаратуры является ее ресурс в моточасах или срок службы в годах (для комбайновых двигателей). Для автомобилей ресурс может оцениваться также в километрах пробега. В течение заданного периода эксплуатации топливная аппаратура должна обеспечивать нормальную работу дизеля без выхода из строя своих основных деталей, изменения основных показателей процесса топливоподачи, восстановление которых невозможно осуществить регулировкой аппаратуры.

В соответствии с ГОСТ 10578 – 96, ГОСТ 10579 – 88, ГОСТ 14146 – 88, ресурс до капитального ремонта топливных насосов, форсунок и плунжерных пар автотракторных дизелей (срок службы – для комбайновых) должен быть не менее ресурса до капитального ремонта дизелей, для которых они предназначены. Ресурс распылителей тракторных и комбайновых дизелей должен быть не менее 0,5 ресурса форсунок, а автомобильных дизелей – не менее 3500ч.

В соответствии с перспективными отраслевыми требованиями для тракторных дизелей ресурс ТНВД должен составлять 10000÷12000ч, форсунок – 12000÷18000ч (распылителей – 6000ч), фильтров грубой и тонкой очистки – 12000÷18000ч, фильтрующих элементов для насосов диаметром плунжера до 12мм – 1500ч, а для автомобильных дизелей – 500ч [31].

Доверительная вероятность обеспечения показателей ресурса составляет 90%. Номенклатуру и значения показателей надежности устанавливают в технических условиях. В

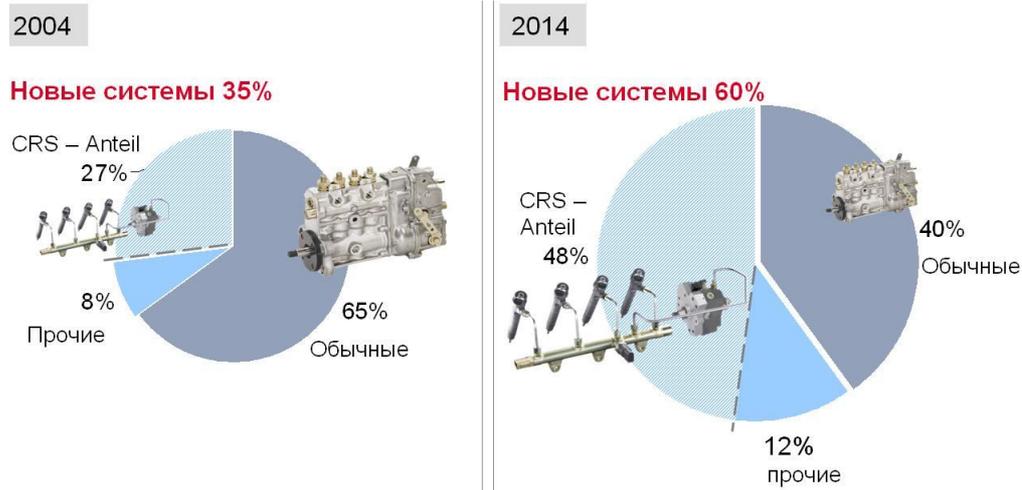


Рис.3.2. Прогноз применения различных видов топливной аппаратуры в технике по оценке фирмы R.Bosch.

Опыт эксплуатации тракторов и комбайнов техники в машинно-технологических станциях в Республике Башкортостан в 1998...2007 гг. (в 2007 г в МТС «Башкирская» парк импортных комбайнов CNH и John Deere составлял порядка 1 тыс.) показал, что традиционная система ТО и ремонта ТА оказалась практически не готовой к проведению качественного технического сервиса зарубежной ТА. К тому же многомарочность применяемой в импортных машинах ТА существенно осложняла организацию и повышала себестоимость ТО и ремонта [7].

Переход предприятий на рыночные условия хозяйствования и особенности эксплуатации дорогостоящей импортной и отечественной техники потребовали реформирование организации работы обслуживающих предприятий с разграничением полномочий по организации технического сервиса для:

- крупных предприятий и организаций с числом эксплуатируемой техники от нескольких десятков и выше (МТС, автопредприятия и др.);
- клиента, во владении которого находятся от одного до нескольких единиц техники (фермерские хозяйства, автовладельцы).

Например, машинно-тракторный парк МТС характеризуется наличием сложной, высокопроизводительной разномарочной техники, посредством которой обслуживаются большие территориальные зоны. Высокая вероятность нахождения техники в удалении от пунктов ТО и ремонтных цехов в период напряженных сельскохозяйственных работ, неравномерная годовая загрузка машин, временный характер работы механизаторов и т.п. обуславливают особенности технического сервиса в МТС.

Как правило, в МТС организуется сервисное обслуживание техники, в том числе и топливной аппаратуры, с разграничением функций различных структур на каждой ступени инженерно-технической службы вплоть до механизатора:

- механизатор выполняет простейшие операции по ежедневному уходу, замене или очистке фильтров, заправке топливом, замена и мелкий ремонт быстроизнашивающихся деталей и т.п.;
- техник-механик или мастер-наладчик производит снятие и установку сложных агрегатов, электронную настройку, эксплуатационные регулировки и т.п.;
- сервисный инженер или соответствующая служба дилера устраняет сложные отказы, проводит диагностирование и регулировку установленных агрегатов или оборудования и т.п.

Устранение отказов техники, находящейся на гарантийном обслуживании, входит в обязанность исключительно дилера или самой фирмы-производителя.

технический сервис современной топливной аппаратуры наиболее эффективно организуется и производится через дилерскую систему сервиса и дилерскую систему фирменного сервиса.

Дилерская система сервиса предусматривает проведение ТО и устранение отказов дилером. Предприятие может выступать одновременно дилером нескольких фирм-производителей, названия которых могут не отражаться в его наименовании. Эти пред-

Угол начала подачи топлива ТНВД определяют по моменту начала движения топлива в моментоскопе, присоединенном к нагнетательной секции насоса. При этом необходимо, чтобы в головке ТНВД поддерживалось избыточное давление в пределах $0,04 \pm 0,1$ МПа.

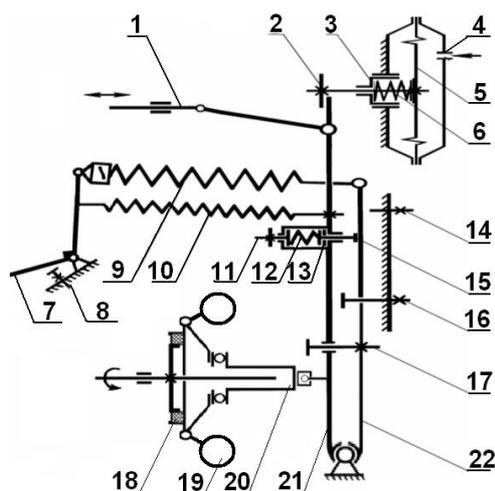


Рис.5.32. Схема регулятора частоты вращения ТНВД 4УТНИ: 1 - рейка ТНВД; 2 - регулировочный упор штока пневмокорректора; 3 - регулировочный стакан пружины; 4 - штуцер подачи воздуха; 5 - мембрана; 6 - пружина; 7 - рычаг управления; 8 - болт регулировки скоростного режима; 9 - пружина регулятора; 10 - пружина пускового обогатителя; 11 - винт регулировки предварительного натяжения пружины корректора; 12 - пружина корректора; 13 - регулировочная шайба хода штока корректора; 14 - винт буферной пружины холостого хода; 15 - шток корректора; 16 - болт номинальной подачи; 17 - болт ограничения пусковой подачи; 18 - демпфер; 19 - груз регулятора; 20 - муфта грузов регулятора; 21 - основной рычаг; 22 - промежуточный рычаг.

С 2003 года ТНВД производства Ногинского ЗТА (серии 4УТНИ, 4УТНМ-Т и 4УТНИ-Т) оснащаются кулачковым валом с несимметричным (эксцентриковым) профилем кулачка приводного вала. Для данных ТНВД при регулировке геометрического угла начала подачи топлива необходимо оценить величину хода плунжера от начала его подъема до начала нагнетания топлива.

Для этого выворачивают нажимной штуцер подвода топлива первой секции ТНВД, вместо нагнетательного клапана ставят специальное приспособление, представляющее собой индикаторную головку часового типа.

Поворачивая привод стэнда, определяют нижнее положение плунжера, затем, вращая «по ходу» кулачковый вал, по показаниям шкалы индикаторной головки установите ход плунжера $4,0 \pm 0,05$ мм (для всех серий при использовании плунжерной пары диаметром 10 мм). Фиксируют соответствующее этому положению кулачкового вала значение угла на градуировочном диске стэнда.

Снимают специальное приспособление и монтируют нагнетательный клапан, пружину и нажимной штуцер. Крепят на проверяемую секцию моментоскоп. Для двухрычажных ТНВД 4УТНИ-Т при проверке начала подачи топлива совмещают рычаг останова с меткой на корпусе регулятора. Вращая привод стэнда по часовой стрелке заполняют его топливом и находят положение кулачкового вала при котором начинается подача топлива. Соответствующее ему значение угла по градуировочному диску должно совпадать с зафиксированным ранее. При необходимости регулируют угол начала подачи топлива, заворачивая или выворачивая регулировочный болт толкателя ТНВД.

Начало подачи топлива следующей секции (согласно порядку работы секций) должно происходить через 90° поворота кулачкового вала ТНВД относительно первой секции. Регулировочные болты толкателей фиксируют контргайками.

Для проверки угла у ТНВД с симметричным профилем кулачка определяют начало подачи топлива по моментоскопу при вращении кулачкового вала «по ходу» и «против хода». В момент начала движения топлива фиксируют показания на градуированном диске стэнда. Число градусов, заключенное между полученными двумя делениями на градуированном диске стэнда, при делении пополам должно совпадать с табличным значением геометрического угла начала подачи топлива (для серии 4УТНМ угол равен 57°).

В случае несоответствия полученного значения с табличным, производят регулировку заворачивая или выворачивая болт толкателя. Выворачивание болта приводит к увеличению угла геометрического начала подачи топлива.

Для правильной работы регулятора необходимо до его регулировки выставить определенные конструктивные размеры. В случае ТНВД серии УТН таким размером является вылет рейки (расстояние от торца рейки **1** до привалочной плоскости насоса). При этом рычаги **21** и **22** должны быть сжаты до утопания штока **15** и упираться в болт **16**. Вылет рейки должен быть $24 \pm 0,5$ мм. При несоответствии положение рейки регулируют болтом **16**.