

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Кафедра "Тракторы, автомобили
и энергетические установки"**

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

К лабораторной работе №14

УСТРОЙСТВО И РАБОТА ТОПЛИВНЫХ НАСОСОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

(Для студентов ИМ и ТС)

Курс: ТРАКТОРЫ И АВТОМОБИЛИ

**Раздел: УСТРОЙСТВО ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ
ТРАКТОРОВ И ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ**

КАЗАНЬ – 2020

УДК 629. 3+629.33
ББК 22.317

Составители: К.А.Хафизов, профессор кафедры «Тракторы, автомобили и энергетические установки»;
Р.Н.Хафизов, доцент кафедры «Тракторы, автомобили и энергетические установки»;
А.А.Нурмиев, ст. преподаватель кафедры «Тракторы, автомобили и энергетические установки»;
С.А. Сеницкий, доцент кафедры «Тракторы, автомобили и энергетические установки».

Рецензенты: профессор кафедры автомобильных двигателей и сервиса КГТУ-КАИ, д.т.н. Абдуллин А.Л.;
профессор кафедры эксплуатации и ремонта машин КазГАУ, д.т.н. И.Г.Галиев.

Печатается по решению методической комиссии ИМ и ТС (протокол № 7 от 29.03.2020 г), кафедры тракторы, автомобили и энергетические установки (протокол № 6 от 6.02.2020 г.).

Устройство и работа топливных насосов высокого давления дизельных двигателей: Учебно - методическое пособие для выполнения лабораторных и самостоятельных работ студентами очного и заочного обучения направления подготовки 35.03.06 «Агроинженерия» и 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства» / К.А.Хафизов, Р.Н.Хафизов, А.А.Нурмиев, С.А.Сеницкий. – Казань: Изд-во Казанского ГАУ, 2020. – 36 с.

Учебно - методическое пособие для выполнения лабораторных и самостоятельных работ студентами очного и заочного обучения направления подготовки 35.03.06 «Агроинженерия» и 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства», способствует формированию общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций. Содержат сведения для выполнения лабораторных работ по конструкции двигателей автомобилей и тракторов, а также задания для самостоятельной работы.

УДК 629. 3+629.33
ББК 22.317

© Казанский государственный аграрный университет, 2020 г.
© К.А.Хафизов, Р.Н.Хафизов, А.А.Нурмиев, С.А. Сеницкий.

СОДЕРЖАНИЕ

1 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ	4
2 УСТРОЙСТВО И РАБОТ ТОПЛИВНЫХ НАСОСОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ	6
2.1 Типы топливных насосов высокого давления	6
2.2 Состояние производства топливной аппаратуры	12
2.2.1 Обзор зарубежных производителей ТНВД.....	13
2.2.2 Отечественные производители ТНВД и производители стран СНГ	15
3 ТОПЛИВНЫЙ НАСОС УТН-5 (4УТНМ, 4УТНИ).....	16
3.1 Принцип работы топливного насоса УТН	16
3.2 Устройство насоса УТН	17
4 НАСОС НД 22/6Б	22
5 ТОПЛИВНЫЕ НАСОСЫ 4ТН и 6ТН	26
6 ТОПЛИВНЫЙ НАСОС КАМАЗ	29
7 ТОПЛИВНЫЙ НАСОС ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ COMMON RAIL ДВИГАТЕЛЕЙ Д-260.1S3А, Д-260.2S3А, Д-260.4S3А	34

1 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Тема: Устройство и работа топливных насосов высокого давления.

Цель работы: Изучить назначение, устройство и работу топливных насосов высокого давления рядных многоплунжерных типа 4ТН и УТН-5, КАМАЗ и распределительных типа НД-22/6Б.

Оборудование: Разрезы топливных насосов 4ТН, 6ТН, УТН-5, КАМАЗ, НД-21, НД-22, плакаты, планшеты.

Порядок изучения: Пользуясь методическим пособием, плакатами и разрезами насосов изучить устройство насосов и их работу. Разобраться, откуда внутрь гильзы поступает топливо, за счёт чего плунжер совершает возвратно-поступательное движение, как изменяется величина цикловой подачи, т.е. подача за один ход плунжера. Разобраться с назначением, устройством и работой нагнетательного клапана. Какую функцию выполняет разгрузочный пояска клапана. Понять, какие параметры трубок высокого давления влияют на величину хода разгрузки клапана (расстояние от посадочной кромки клапана до разгрузочного пояска). Разобраться, как в насосах распределительного типа один плунжер обеспечивает подачу топлива в два и более цилиндра. Рассмотреть кинематику привода плунжера. Чем отличается устройство и работа нагнетательного клапана насосов распределительного типа. Как изменяется цикловая подача топлива в насосах распределительного типа. Изучить устройство и работу автомата изменения угла подачи топлива. Разобраться, как смазываются трущиеся поверхности деталей насоса.

Контрольные вопросы:

1. Установить плунжер рядного насоса на максимальную и минимальную подачу топлива.
2. Назначение болта толкателя плунжера насоса 4ТН, УТН-5.
3. Как изменить количество подаваемого топлива каждой плунжерной парой рядного насоса 4ТН, УТН-5, КАМАЗ.
4. Назначение и работа перепускного клапана в головке топливного насоса УТН.
5. Роль нагнетательного клапана и его разгрузочного пояска рядных насосов.
6. Как установить и снять с насоса плунжерную пару.
7. Преимущества и недостатки насосов многоплунжерных и распределительного типа.
8. Основные детали насоса НД-22/6Б и их назначение и работа.
9. Как изменить цикловую подачу топлива в насосе типа НД.
10. Устройство и работа нагнетательного и обратного клапанов.

11. Какие насосы высокого давления называются распределительного типа и на каких марках двигателей они установлены?
12. Основные отличия насосов распределительного типа от насосов 4ТН и УТН, их преимущества и недостатки.
13. Как осуществляется возвратно-поступательное движение плунжера?
14. За счет чего происходит распределение топлива по трубопроводам высокого давления?
15. Изучить устройство плунжера и гильзы с головкой.
17. Принцип нагнетания и распределения топлива по форсункам на НД.
18. Как осуществляется изменение количества подаваемого к форсункам топлива на насосе НД?
19. Для чего служат нагнетательные и обратные клапаны на НД, где они устанавливаются?
20. Устройство и работа нагнетательного и обратного клапанов.
21. Устройство и работа автоматической муфты опережения впрыска топлива.

Самостоятельная работа: Задание приведено в рабочей тетради.

2 УСТРОЙСТВО И РАБОТ ТОПЛИВНЫХ НАСОСОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

2.1 Типы топливных насосов высокого давления. По количеству плунжеров различают два типа насосов: *многоплунжерные*, в которых на каждый цилиндр приходится один нагнетающий плунжер; *распределительного типа*, в которых один или несколько одновременно работающих плунжеров обслуживают все или группу цилиндров дизеля, для чего увеличивается цикличность работы плунжеров и вводится распределитель топлива.

Многоплунжерные насосы могут выполняться рядными, V-образными и барабанного типа. Преимущественное распространение нашли рядные насосы. Насосы барабанного типа, в которых нагнетающие секции расположены по окружности, а привод плунжеров осуществляется от косой шайбы или торцевого кулачкового профиля, нашли широкое распространение за рубежом. Конструкция V-образных насосов несколько сложнее, а стоимость изготовления больше стоимости изготовления рядных насосов. Их основным преимуществом является меньшая длина.

В АТД применяются рядные многоплунжерные насосы, выполняемые в основном по двум конструктивным схемам. В 1930—1950-е гг. были разработаны и применяются до сих пор насосы, в которых узлы плунжерных и клапанных пар устанавливаются в алюминиевом (чугунном) корпусе. В них равномерность чередования углов начала подачи топлива регулируется винтовыми парами, изменяющими высоту толкателей, а равномерность подач топлива — специальными втулками, связанными с рейкой насоса и разворачивающими плунжеры относительно окон втулок. Для регулировки корпуса имеется боковой люк вдоль всего корпуса, что снижает его жесткость.

В 1960-е гг. в связи с необходимостью повышения давлений нагнетания топлива вначале ведущими зарубежными фирмами, а позднее и в СССР были разработаны конструкции насосов с жестким цельным корпусом, получившие условное название «компакт». В насосах этого типа применяются вставные блочные нагнетающие секции с фланцем. Равномерность подач топлива регулируется поворотом фланца с корпусом секции, а равномерность чередования углов начала подач топлива — изменением высоты толкателя с помощью подбора толщины регулировочных шайб или других деталей секции.

Насосы распределительного типа имеют две принципиальные схемы. Согласно первой схеме плунжер совмещает в себе функции нагнетающего элемента и распределителя, периодически сообщая над плунжерное пространство насоса с форсунками цилиндров дизеля в соответствии с порядком их работы (рис. 1, а). Во второй схеме (рис. 1, б) распределитель выполнен в виде отдельного элемента, привод которого кинематически связан с приводным валом насоса. Распределитель чаще выполняется в виде цилиндрического вращающегося золотника.

Распределительные насосы принято делить на две основные группы: плунжерные (чаще одноплунжерные) и роторные. Плунжерные насосы реализуют первый (рис. 1, а) и третий (рис. 1, б) типы привода, а роторные — второй тип (рис. 1, б).

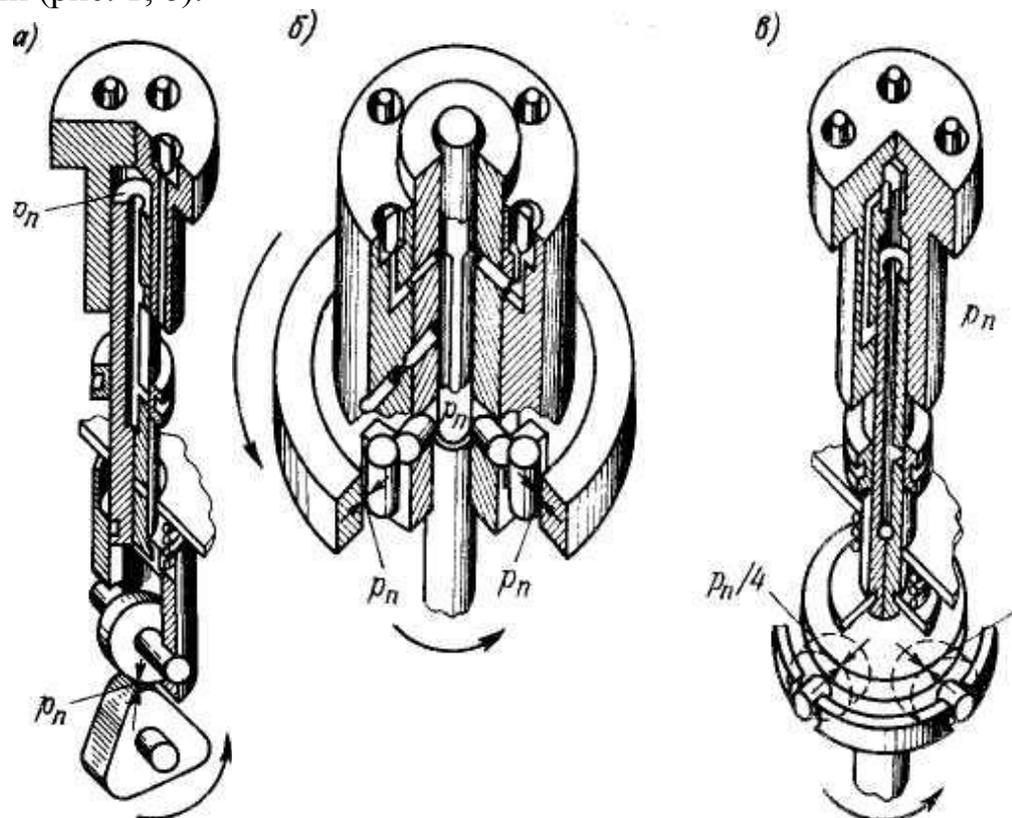


Рисунок 1 - Схемы приводов насосов распределительного типа:
 а — плунжерного с внешним цилиндрическим кулачковым профилем;
 б — роторного с внутренним цилиндрическим кулачковым профилем;
 в — плунжерного с торцевым кулачковым профилем

По способу создания давления различают топливные насосы непосредственного действия, в которых топливо нагнетается плунжером через нагнетательный трубопровод к форсунке, и аккумуляторного типа, в которых плунжер вначале подает топливо в аккумулятор, из которого оно затем поступает к форсунке. Возможны два варианта аккумуляторных систем: с аккумулятором большой емкости, когда топливо одним или несколькими плунжерами нагнетается в резервуар, из которого поступает к управляемым закрытым форсункам, и с поршневым аккумулятором малой емкости, работающим синхронно с нагнетающим плунжером. В этом случае в начале хода нагнетающего плунжера топливо поступает в аккумулятор, затем после накопления в аккумуляторе энергии межплунжерное пространство соединяется с форсункой.

Возможны варианты систем, когда в начале подачи топливо одновременно подается в аккумулятор и к форсунке, а затем по мере падения скорости плунжера интенсивность подачи топлива поддерживается энергией

аккумулятора. Преимуществом аккумулярующих систем является незначительное изменение показателей процесса топливоподачи в широком диапазоне режимов работы дизеля. Однако ввиду сложности конструкции аккумулярующих систем они не получили распространения в АТД. В этих системах трудно реализовать высокие давления нагнетания топлива.

Стабилизацию показателей процесса впрыскивания при работе в различных режимах обеспечивают также топливные насосы с гибким приводом плунжеров: пружинным, гидравлическим, газовым или пневмогидравлическим. Однако они также не имеют широкого применения в АТД: пружинный — из-за сложности конструкции и ненадежности ее при интенсивном впрыскивании, газовый и гидравлический — вследствие того, что они усложняют конструкцию дизеля, хотя последний перспективен для привода насос - форсунок.

подавляющее распространение в топливных насосах АТД нашел жесткий механический привод в виде кулачковых механизмов. В V-образных насосах возможны два варианта привода. В первом варианте один кулачок обслуживает два плунжера (левого и правого блоков), а угол развала головок насоса должен соответствовать углу развала цилиндров, что исключает унификацию корпусов насоса для семейства дизелей с различными углами развала блоков. Согласно второй схеме, каждый плунжер обслуживается своим кулачком, и вал имеет число шайб, соответствующее числу плунжеров насоса. В этом случае несколько увеличивается длина насоса, однако создается возможность для унификации корпусов.

В насосах распределительного типа применяются механизмы кулачковых приводов трех типов (см. рис. 1). Во втором типе привода чаще применяется конструктивная схема, при которой шайба с кулачковым профилем неподвижна, а ротор с размещенными в нем плунжерами вращается. Наименьшую массу возвратно-поступательно движущихся частей имеет второй тип (см. рис. 1) кулачкового привода. Достоинством торцевого привода является простота осуществления вращательного движения плунжера-распределителя от соосного приводного вала.

Схема с внешним кулачковым профилем требует для осуществления вращательного движения плунжера специальной кинематической передачи, обычно зубчатой. Второй вариант привода предопределяет необходимость в специальном распределителе топлива между отдельными штуцерами насоса. Первый вариант позволяет просто осуществить привод нескольких плунжеров за счет установки на одном валу рядом стоящих кулачковых шайб. Легче осуществить регулирование угла опережения впрыскивания при использовании второго и третьего типов приводов, в которых угол изменяется разворотом кулачковой шайбы или траверсы с толкателями.

В первом варианте привода с внешним кулачковым профилем за счет больших радиусов дугового профиля и ролика удается добиться меньших контактных напряжений между рабочими профилями; во втором варианте напряжения, как правило, бывают более высокими. В торцевой кулачковой шайбе можно снизить действующие напряжения за счет применения в

толкателе нескольких опорных роликов.

В АТД получили подавляющее распространение насосы с полным наполнением надплунжерного пространства и с регулированием подачи топлива отсечкой. В ряде моделей насосов распределительного типа (роторных) применяется регулирование подачи топлива степенью заполнения надплунжерного пространства.

Системы с полным наполнением надплунжерного пространства менее чувствительны к изменению условий на всасывании, чем системы с частичным наполнением путем дросселирования топлива на впуске. В последних на цикловую подачу влияет уровень давлений перед дросселем, который может изменяться как вследствие загрязнения топливных фильтров, так и в пределах одного цикла из-за колебательных явлений, возникающих в питающем контуре системы. Поэтому системы с дросселированием топлива на впуске обеспечивают, как правило, менее стабильную часовую подачу топлива, чем схемы насосов с полным наполнением дозированием отсечкой топлива.

При изменении подачи отсечкой за счет смещения ГНН, а также в схемах с дросселированием топлива на впуске с уменьшением V_n уменьшается угол опережения впрыскивания. Такое автоматическое корректирование угла следует признать положительным, так как это приводит к уменьшению периода индукции при работе на частичных нагрузочных режимах и соответственно к уменьшению жесткости процесса сгорания без ухудшения топливной экономичности.

Малой чувствительностью к сопротивлению нагнетательного тракта обладают системы, в которых конец подачи определяется остановкой плунжера, так как практически все топливо, подаваемое плунжером, выталкивается в нагнетательный тракт независимо от его сопротивления.

С точки зрения формирования характеристики впрыскивания заслуживают предпочтение схемы дозирования с отсечкой топлива в конце подачи, так как они обеспечивают получение короткого форсированного впрыскивания с необходимыми фронтами изменения давления. В схемах с остановкой плунжера в конце подачи формирование импульса давления в насосной секции протекает при низких скоростях плунжера, вплоть до его полной остановки.

В рабочем цикле с отсечкой в начале и в конце подачи топлива закрытие наполнительных окон (ГНН) и открытие отсечных окон (ГКН) осуществляется кромками плунжера при его нагнетающем ходе. Это позволяет разогнать плунжер до требуемых высоких скоростей к началу геометрически активного хода, увеличить давление нагнетания и обеспечить быстрое падение давлений в конце подачи вследствие резкого открытия отсечных окон.

Наряду с изложенными преимуществами этому традиционному циклу присущ ряд недостатков. Перекрытие наполнительных окон плунжером при своем поступательном движении (рис. 2) приводит к защемлению топлива, загрязненного абразивом, в надплунжерном пространстве, которое в период

перекрытия торцом плунжера 2 наполнительных окон 1 устремляется в образуемую при этом щель и вызывает гидроэрозионный износ уплотняющих поверхностей втулки и плунжера.

Анализ изношенных в эксплуатации, а также в процессе ускоренных испытаний плунжерных пар показал, что суммарный износ поверхностей в районе наполнительных окон может составлять 12—18 мкм, в то время как в зоне отсечных отверстий всего 2—5 мкм. Повышенный износ поверхностей втулки и плунжера в зоне наполнительных окон приводит к уменьшению подачи топлива на режиме пуска, что ограничивает срок службы насоса. Это особенно проявляется в насосах распределительного типа, так как в них плунжер совершает несколько рабочих ходов за один оборот приводного вала. Поэтому при использовании насосов распределительного типа предъявляются повышенные требования к системе фильтрации топлива.

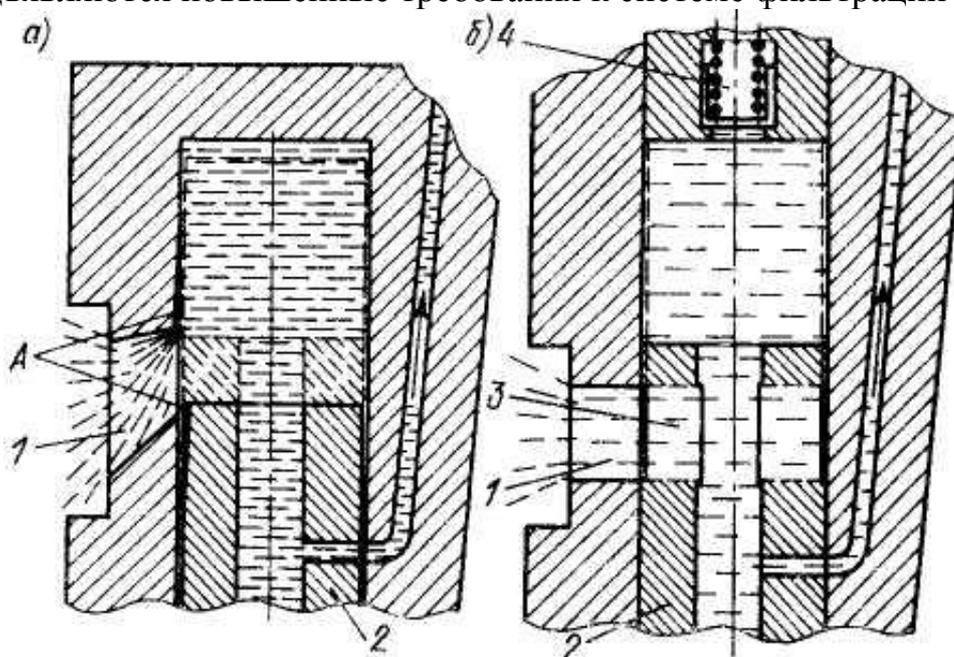


Рисунок 2 - Схемы работы нагнетающих секций при обычном (а) и новом (б) рабочем цикле:

1 — наполнительное окно втулки; 2 — плунжер; 3 — наполнительное окно плунжера; 4 — поршень; А — зоны износов

Активный ход плунжера составляет в топливных насосах АТД 1,0—5,0 мм (большие значения относятся к режиму пуска), а общий ход плунжера равен 6—15 мм. Таким образом, полезно используется только 15—30% хода плунжера.

При перекрытии наполнительных окон плунжер выталкивает топливо в питающую полость, в которой возникают колебательные процессы, распространяющиеся в системе низкого давления. Это приводит к снижению пропускной способности питающего тракта. Особенно эти явления проявляются в насосах с малыми объемами полости питания, например, в насосах распределительного типа. Незначительная степень использования общего хода плунжера для подачи топлива к форсунке вызывает увеличение мощности, необходимой для привода топливного насоса вследствие

дополнительных затрат энергии на дросселирование в дополнительных окнах на вспомогательных участках хода плунжера.

Изложенные особенности присущи рядным многоплунжерным насосам и большинству применяемых плунжерных насосов распределительного типа, в которых рабочий процесс полностью заимствован от рядных многоплунжерных насосов, хотя наличие вращающегося распределителя в них позволяет по-новому организовать рабочий цикл в насосной секции.

Главными достоинствами насосов распределительного, типа по сравнению с традиционными рядными многоплунжерными насосами являются меньшее число деталей, существенно меньшая масса (в 1,5—2 раза) и габаритные размеры (в 1,5—2,5 раза). Удельная масса насосов распределительного типа составляет 45—85 г на 1 м³ V_{ц.н.}, в то время как у рядных насосов — 75—125 г/мм³. В насосах распределительного типа более просто реализуются автоматические устройства: в большинстве моделей автомат угла опережения впрыскивания органически встраивается в конструкцию насоса. Кроме того, в насосах этого типа существенно меньше требуется перестановочное усилие органа, управляющего подачей топлива, что позволяет упростить конструкцию механического регулятора, облегчить оснащение насоса другими корректирующими устройствами (положительным и отрицательным корректорами скоростной характеристики, вязкостным и высотным корректорами и др.) и использовать для прямого управления подачей топлива электрические, исполнительные механизмы и электронные схемы регулирования. Поскольку в насосах распределительного типа один плунжера зачастую и один нагнетательный клапан обслуживает все или группу цилиндров дизеля, в них обеспечивается большая стабильность в эксплуатации степени неравномерности подачи топлива. У этих насосов меньшая протяженность, а соответственно и большая жесткость корпуса и деталей кулачкового привода, что создает предпосылки для организации интенсивного впрыскивания в них топлива.

Рядные многоплунжерные золотниковые насосы, созданные для быстроходных дизелей впервые еще в 1927 г. фирмой «Р. Бош», имели до 1960—1970-х гг. подавляющее распространение в АТД. В конце 1940-х и начале 1950-х гг. вначале в США, а затем и в Европе было организовано массовое производство насосов распределительного типа.

На основе непрерывного совершенствования их конструкции и технологии производства (некоторые элементы насосов распределительного типа требуют более высокой точности изготовления) масштабы производства насосов распределительного типа непрерывно возрастали, и в настоящее время они находят преимущественное распространение за рубежом (85%) на легковых автомобилях и легких грузовиках (до 3,5 т). В сельскохозяйственной технике применяемость насосов распределительного типа достигла 60%, а на тяжелых грузовиках, промышленных и судовых дизелях — 30—35%.

В СССР производство насосов распределительного типа для тракторных и комбайновых дизелей достиг 35%, в автомобилестроении насосы

распределительного типа начали применяться в последние годы.

2.2 Состояние производства топливной аппаратуры

Топливная аппаратура начала выпускаться в СССР в предвоенные годы для дизеля С-65. Массовое производство ее для тракторных дизелей было организовано в послевоенный период. В 1947 г. Ногинский завод топливной аппаратуры (НЗТА) начал выпускать разработанный НАТИ насос типа 4ТН для дизеля КД-35. В дальнейшем производство насосов этого типа было организовано на ХТЗ и Алтайском моторном заводе (АМЗ). Совместно с ЦНИТА в 1963 г. НЗТА разработал и начал серийное производство насосов типа УТН-5, имеющих меньшие габаритные размеры и металлоемкость, чем насосы семейства 4ТН

В 1967 г. на Вильнюсском заводе топливной аппаратуры (ВЗТА) было организовано серийное производство насосов распределительного типа семейства НД21, разработанных ЦНИТА, а в 1972 г. на ВЗТА и позднее на ЧЗТА — двухплунжерных насосов распределительного типа НД22. В конце 1970-х — начале 1980-х гг. были разработаны малогабаритные конструкции рядных многоплунжерных насосов МТНМ типа «компакт», модернизированные конструкции насосов УТНМ, НДК, НДУ, НДМ, НДР, НД24, а также конструкции рядных насосов типа «компакт» НТД-27, НТД-32 и НТД-40. В 1980-е гг. ЦНИТА были разработаны новые конструкции насосов распределительного типа с приводом плунжера от торцевого кулачкового профиля — НДСПМ для легких автомобильных и НДСПА для тракторных дизелей.

Для автомобильных дизелей ТА, включающая насос-форсунки, выпускается с 1948 г. на Ленинградском карбюраторном заводе (ЛКЗ) для двухтактных дизелей ЯАЗ. В 1962 г. на Ярославском заводе топливной аппаратуры (ЯЗТА) было организовано производство топливных насосов, разработанных ЯМЗ при участии ЦНИТА для семейства четырехтактных автомобильных дизелей ЯМЗ.

В дальнейшем ЯЗТА совместно с ЯМЗ были разработаны новые конструкции насосов V-образного типа для дизелей КАМАЗ, типа «компакт» с расстоянием между секциями 40 мм для мощных дизелей ЯМЗ-340, с расстоянием между секциями 32 мм для изделий ЗИЛ, ГАЗ, УралАЗ и размерности М (расстояние между секциями 24 мм) для малолитражных дизелей. На автомобильных дизелях в основном применяются многодырчатые закрытые форсунки с верхним и нижним расположением пружины.

Согласно отечественным и зарубежным прогнозам, поршневой двигатель внутреннего сгорания сохранится в качестве основной энергетической установки автомобильного транспорта, и предпочтение будет отдаваться наиболее экономичному двигателю – дизелю.

Так в последние годы (начиная примерно с 90-х гг.) в ряде странах Западной Европы и в том числе и в России наблюдается явная тенденция к

увеличению выпуска автомобилей с дизелем. В качестве подтверждения такого положения следует отметить: ч

- численность парка автомобилей с дизелем в мире превышает 50 млн. шт. и их количество продолжает увеличиваться;
- в РФ эксплуатируемый автомобильный парк с дизелем составляет более 3,5 млн. шт. и наблюдается тенденция к его увеличению;
- растет суммарная мощность дизельных энергетических установок, используемых в качестве резервных и аварийных источников электропитания на объектах экономики.

Несомненным является то, что наиболее перспективными являются дизели с системой впрыска топлива типа Common Rail, примером такого двигателя является КамАЗ 740.63-400. Однако по утверждениям производителя до сегодняшнего времени данный тип двигателей используется только на одиночных автомобилях, автомобильных тягачах, автобусах и специальных машинах. Это определяется рядом обстоятельств, в частности высокой стоимостью двигателя, отсутствием запасных частей и опытных специалистов по обслуживанию и ремонту данных систем топливоподачи, т.к. на данный двигатель устанавливается аппаратура фирмы

BOSCH (Германия). Как утверждают специалисты ОАО «КамАЗ

– Дизель», альтернативных отечественных поставщиков аналогичных перспективных систем топливоподачи на сегодня – нет. Все попытки создать подобные отечественные системы на данный момент не привели к положительному результату. Учитывая сложившуюся геополитическую обстановку и возможное увеличение экономических санкций против нашей страны можно смело утверждать, что на ближайшую обозримую перспективу классический вариант топливной аппаратуры разделенного типа останется основным для установки на дизели отечественного производства.

2.2.1 Обзор зарубежных производителей ТНВД

Своим появлением топливный насос высокого давления (ТНВД) обязан мировому нефтяному кризису 70-х годов, который, в свою очередь, стал стимулом для более активного производства легковых дизельных двигателей.

Как раз в это время на мировом рынке определяются лидеры производства топливной аппаратуры — компания «Bosch» (Германия) и компания «SAV» (Великобритания, активное производство во Франции, Корее, Бразилии и т.д.), которые и на сегодняшний день являются крупнейшими производителями. Именно эти компании откликнулись на появившиеся потребности рынка. Им принадлежат первые разработки ТНВД распределительного типа. Конструктивно топливные насосы двух ведущих

компаний отличались, но по эксплуатационным качествам походили друг на друга.

В начале 70-х годов происходит внедрение разработанной конструкции в серийное производство. Однако, компания «CAV» на полшага опережает компанию «Bosch», так как именно они с конца 60-х годов первыми начинают разработку, производство и внедрение в эксплуатацию распределительного насоса роторного типа. Преимуществом роторных насосов компании «CAV» является возможность их использования для среднеоборотных двигателей легких грузовиков, а также строительной техники.

В 80-е годы компания «CAV» меняет на название «Lucas». В конце 90-х гг. в связи с покупкой крупным американским холдингом «Delphi» название снова меняется на одноименное. В виду дорогостоящего производства ТНВД «Lucas» отказывается от продолжения своей деятельности. «Delphi» начинает производство ТНВД уже под своей маркой. К этому времени им принадлежит разработка двух новых модификаций - DPC и DPS. Эти разработки позволили решить проблему гибкой коррекции внешней скоростной характеристики. Модификации производятся и сегодня для легковых дизелей. Предыдущая же модель (DPA) обслуживает сельскохозяйственную и строительную технику. ТНВД с электронным управлением EPIC, широко используемый сегодня на автомобилях Ford-Transit, Peugeot, FIAT и Mercedes, — еще один продукт, разработанный компанией «Lucas» («Delphi»).

Что касается компании «Bosch», то их модель ТНВД EP/VA со сложным гидравлическим регулятором заменяет модель ТНВД EP/VE (одноплунжерный насос для торцевых шайб), который становится основой производства компании ТНВД, применяемых для легковых дизелей. В процессе совершенствования самих двигателей, происходит совершенствование и конструкция ТНВД: он приобретает корректор внешней скоростной характеристики и корректор по наддуву. Модель ТНВД EP/VE оказалась хорошей площадкой для будущих экспериментов и доработок по совершенствованию. К концу 80-х годов его снабжают электронным управлением подачи топлива, незаменимым для двигателей непосредственного впрыска, форсированных турбонаддувом. ТНВД EP/VE производится по лицензии в Японии фирмами «Nippondenso» и «Zelex». Первая из них обслуживает такую крупную корпорацию как Toyota. Продукция «Zelex» применяется на большинстве японских дизелей и не имеет существенных отличий от ТНВД производства Bosch. ТНВД марок «Bosch» и «CAV» («Lucas», «Delphi») надежны в использовании в сочетании с качественным топливом и своевременным техническим обслуживанием (каждые 70 тысяч км пробега).

Еще одним крупным производителем ТНВД является компания «Motorpal» (Чехия), основанная в 1946 г. ТНВД производства «Motorpal» используются в автомобильных, тракторных, железнодорожных и судовых

двигателях; для приводов строительных механизмов. MOTORPAL сегодня выпускает различные тип насосов (M, A, B, Z) и их модификации.

2.2.2 Отечественные производители ТНВД и производители стран СНГ.

Говоря об отечественных производителях, то на сегодняшний день самыми крупными являются: ОАО «Ярославский завод дизельной аппаратуры», ОАО «Ногинский завод топливной аппаратуры», ОАО «Алтайский завод топливных насосов», «РААЗ АМО ЗИЛ».

ОАО «Ярославский завод дизельной аппаратуры», г. Ярославль. Специализация - производство ТНВД для автотракторных дизельных двигателей, а также производство ТНВД для дизелей на большегрузные автомобили. Завод выпускает ТНВД, а также комплектующие для производителей дизельных двигателей как в России, так и в странах СНГ. Завод входит в состав холдинга «РусПромАвто» (с 2002 г.) и в состав дивизиона «Силовые агрегаты» «Группы ГАЗ» (с 2006 г.).

Ярославский завод дизельной аппаратуры «Группы ГАЗ» начал серийное производство электронно-управляемых топливных насосов высокого давления экологического стандарта «Евро-5». В конструкцию насосов заложена возможность доведения до норм «Евро-6». Инвестиции в проект составляют около 500 млн рублей, из которых 200 млн рублей — льготное заемное финансирование Фонда развития промышленности.

Мощность первой очереди производства — до 70 тысяч топливных систем в год.

Топливные насосы ЯЗДА — это первая отечественная разработка топливных систем Common Rail экологического класса «Евро-5». Системы Common Rail используются в двигателях, применяемых в автомобиле-, тракторо- и судостроении, а также в сельскохозяйственном и специальном машиностроении.

К 2021 году компания планирует занять до 70% российского рынка систем этого типа, а также выйти на зарубежные рынки.

Двигатели ЯМЗ-530 стандарта «Евро-5» с насосами типа Common Rail производства ЯЗДА будут устанавливаться на среднетоннажные автомобили «ГАЗон NEXT», автобусы ПАЗ и ЛиАЗ, промышленные установки, дорожную технику. Ярославские насосы в составе топливной аппаратуры типа Common Rail прошли сертификационные испытания в двигателях КАМАЗ.

ОАО «Ногинский завод топливной аппаратуры» (г. Ногинск) производит 7 моделей ТНВ в 66-ти модификациях. Основные отечественные потребители: Минский, Алтайский, Липецкий, Ташкентский моторные заводы, Владимирский моторо-тракторный завод. Основные зарубежные потребители: Австрия, Греция, Индия, Египет, Ирландия, Венгрия, Великобритания, Монголия, Куба, Судан, Канада и США)

ОАО «Алтайский завод топливных насосов», г. Барнаул. Специализация — производство ТНВД для дизелей средней размерности

сельскохозяйственной техники, дорожных машины, автобусов и т.п. типа 4ТН, 4ТНМ, 4ТНЕ, 6ТН, 6ТНМ, 6ТНГ, 6ТНМГ, 6ТНЕ.

ОАО «РААЗ АМО ЗИЛ», г. Рославль (конструкторские документы разработаны совместно с чешской фирмой «Motorplas»). Специализация - производство рядного 4-хсекционного ТНВД для двигателей Д245, Д243-УП ММЗ, Д144-ВМТЗ. ТНВД производятся в соответствии с требованиями ЕВРО-1, 2 и 3.

Крупнейшим заводом по производству топливной техники на Украине является ООО "Чугуевский завод топливной аппаратуры" (г. Чугуев), производящий топливные насосы распределительного типа, предназначенные для грузовых автомобилей с дизельными двигателями и сельскохозяйственной техникой. Как видим, на протяжении довольно продолжительного времени и в наши дни производство ТНВД активно развивается. Связано это с востребованностью данного вида оборудования во многих важных сферах производства и деятельности.

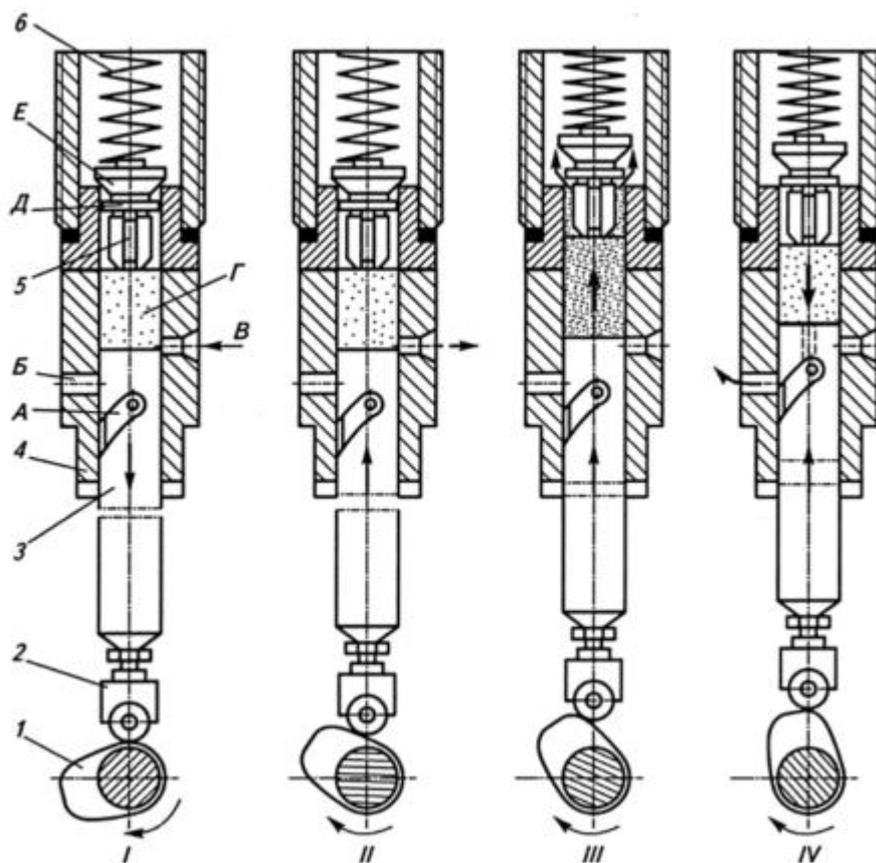
3 ТОПЛИВНЫЙ НАСОС УТН-5 (4УТНМ, 4УТНИ).

Марки ТНВД для тракторов МТЗ

Марка двигателя ММЗ	Марка ТНВД старой комплектации	Марка ТНВД новой комплектации
Д-240	4 УТНМ-1111005	4 УТНИ-1111005-20
Д-243	4 УТНМ-1111005-110	4 УТНИ-1111005-20
Д-241	4 УТНМ-1111005-10	4 УТНИ-1111005
Д-242	4 УТНМ-1111005-20	4 УТНИ-1111005-10
Д-244	4 УТНМ-1111005-100-01	4 УТНИ-1111005-30
Д-245	4 УТНМ-Т-1111005	4 УТНИ-Т-1111005
Д-245.3, Д-245.2	4 УТНМ-Т-1111005-30	4 УТНИ-Т-1111005-30
Д-245.4, Д-245.5	4 УТНМ-Т-1111005-20	4 УТНИ-Т-1111005-20
Д-245Л-83, Д-245.1	4 УТНМ-Т-1111005-40	4 УТНИ-Т-1111005

3.1 Принцип работы топливного насоса УТН

Нагнетание топлива и создание рабочего давления осуществляется возвратно-поступательной работой плунжерных пар. В состав пары входит цилиндрическая втулка 4 и плунжер 3, выполняющий функцию поршня. Движение плунжером передаётся вращением кулачкового вала 1 узла через толкатели 2. Всасывание топлива осуществляется из питающего канала в корпусе узла в надплунжерную полость через окно В во втулке при движении плунжера вниз. При набегании кулачка вала на толкатель, плунжер движением вверх и созданным импульсом давления, открывает нагнетательный клапан Е и пропускает дозированную порцию топлива непосредственно к распылителю.



Детали пары не имеют дополнительных компрессионных уплотнителей и давление создают за счёт высокоточной индивидуальной подгонки с точностью до микрона ($1 \text{ микрон} = 1 \text{ метр} \times 10^{-6}$). В технической терминологии такие пары называются прецизионными и при эксплуатации пары деталей разуккомплектовывать запрещено.

3.2 Устройство насоса УТН

УТН 5 и 4 УТНИ представляют собой узел с рядным расположением четырёх секций плунжерных пар с присоединённым регулятором и подкачивающей помпой для преодоления сопротивления прохода топлива через фильтры при заполнении системы. Механизм насоса помещён в алюминиевом корпусе, к передней части которого присоединена чугунная плита для монтажа узла к двигателю. Задний фланец насоса соединяется с регулятором.

УТН 5 и 4 УТНИ, смотрите рисунок 6 - четырехплунжерный (диаметр плунжера 8,5 мм, ход плунжера 8 мм.) смонтирован в одном агрегате со всережимным центробежным регулятором и подкачивающим насосом установлен с левой стороны дизеля, прикреплен болтами к крышке распределения и приводится в действие от коленчатого вала через распределительные шестерни.

Топливный насос состоит из следующих основных элементов: корпуса 1, плунжерных пар 3 и 4; нагнетательного клапана 2, кулачкового вала 6, толкателей, механизма привода плунжеров. Корпус и головка топливного насоса отлиты как одно целое из алюминиевого сплава.

Спереди к корпусу присоединена чугунная плита для крепления насоса к дизелю, а сзади расположен фланец для крепления регулятора. Каждая секция насоса (а их четыре) представляет собой миниатюрный топливный насос принцип действия которого заключается в следующем. При вращений кулачкового вала 6 выступ кулачка периодически набегает на ролик и приподнимает толкатель. Когда выступ кулачка уходит из-под ролика, толкатель под действием пружины опускается. Вместе с толкателем поднимается и опускается плунжер 4, совершая, таким образом, возвратно-поступательное движение внутри втулки 3. Когда плунжер движется вниз, топливо заполняет освобожденное им пространство в гильзе. Двигаясь вверх, плунжер сжимает топливо, под действием этого давления открывается нагнетательный клапан 2, открывая топливо путь в форсунку. Далее процессы всасывания и нагнетания повторяются.

Механизм поворота плунжера, предназначенный для изменения подачи топлива, включает в себя рейку 25 и зубчатые венцы 26. На втулки плунжеров надеты поворотные гильзы 11 (рис. 7) с зубчатыми венцами 10. Плунжер входит выступами в два продольных паза поворотной гильзы. На гильзу надета пружина 13 плунжера. Через верхнюю тарелку она упирается в корпус насоса, а через нижнюю тарелку - в болт толкателя. Зубчатые венцы гильзы постоянно зацепляются с зубцами рейки 9, которая перемещается в двух бронзовых втулках. Рейка связана тягой с рычагами регулятора и перемещается под их действием, поворачивая при этом зубчатый венец вместе с гильзой плунжера и меняя тем самым подачу топлива.

На кулачковом валу 6 симметрично расположены кулачки тангенциального профиля. Между вторым и третьим кулачком находится эксцентрик, приводящий в движение подкачивающий насос 9 (см. рис. 6).

В задней верхней части корпуса топливного насоса расположен перепускной клапан 12, через который излишки топлива, подаваемого подкачивающим насосом, возвращаются в его всасывающую полость. Тем самым давление в каналах головки топливного насоса поддерживается в пределах 0,07...0,12 МПа (0,7...1,2 кгс/см²). В сверлениях в горизонтальной перегородке корпуса топливного насоса скользят толкатели. На боковой стенке корпуса расположен люк, через который регулируют подачу топлива и равномерность подачи по секциям. Крышка люка крепится к корпусу насоса болтами. Резьбовое отверстие предназначено для контроля уровня масла в корпусе насоса.

Сапун 16 сообщает внутренний объем корпуса топливного насоса с атмосферой. В сапуне установлен фильтр для очистки воздуха, изготовленный из эластичного полиуретанового пенопласта.

Плунжерная пара (см. рис. 7), состоящая из плунжера 8 и втулки 7,— основной рабочий орган топливного насоса. При ее помощи в цилиндры дизеля подается под давлением определенное количество топлива.

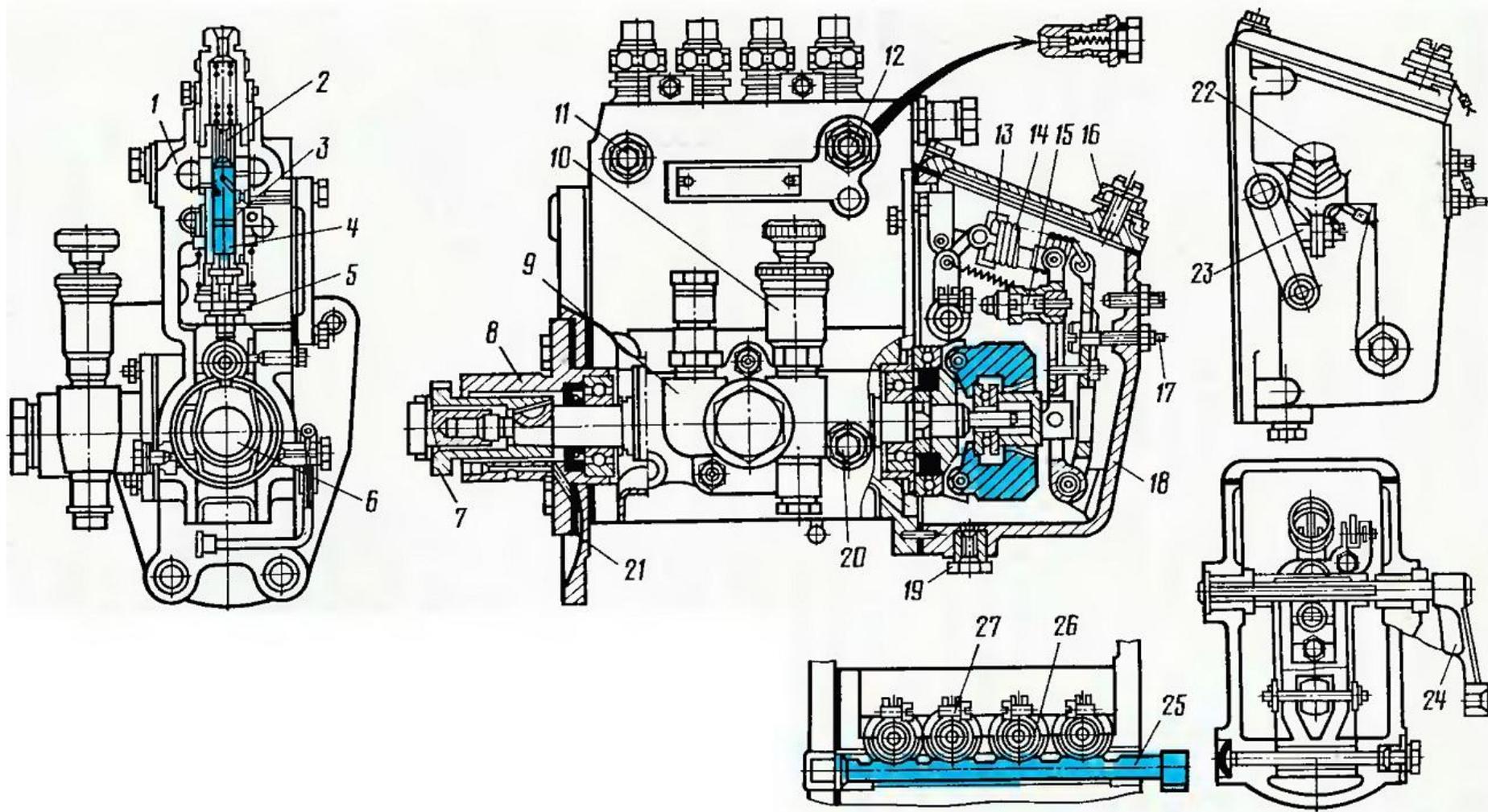


Рисунок 6 – Топливный насос УТН

1-корпус; 2-нагнетательный клапан; 3-плунжерная втулка; 4-плунжер; 5-болт толкателя; 6 кулачковый вал; 7-штицевая втулка; 8-установочный фланец; 9-подкачивающий насос; 10-насос ручной подкачки; 11-пробка выпуска воздуха; 12-перепускной клапан; 13-серьга; 14-пружина регулятора; 15-корректор; 16-сапун; 17-болт номинала; 18- корпус регулятора; 19-сливная пробка; 20-пробка контрольного отверстия; 21-плита; 22-пробка заливной горловины; 23-болт максимальной частоты вращения; 24-рычаг управления; 25-зубчатая рейка; 26-зубчатый венец; 27-стяжной винт.

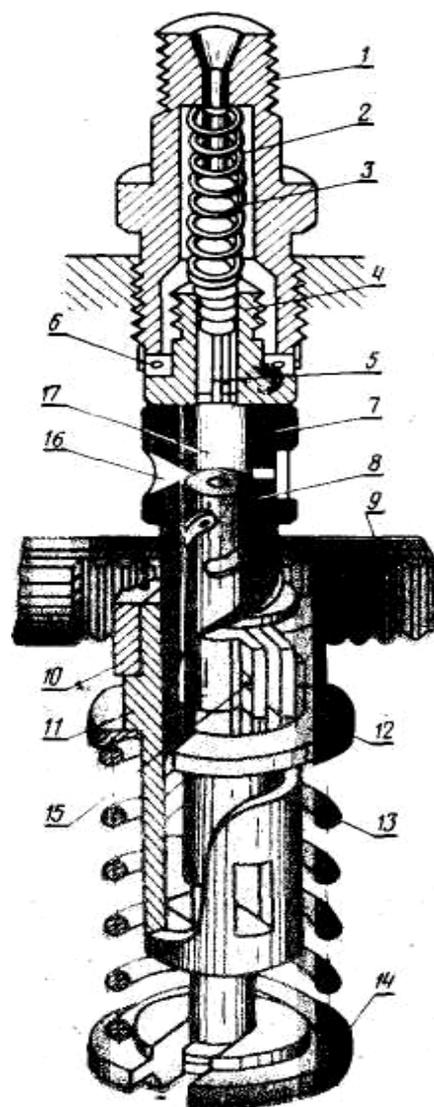
Втулка и плунжер изготовлены из легированной стали, подвергнуты термической обработке и представляют собой прецизионную пару. Это сделано потому, что во время работы в насосе создается высокое давление и должны быть обеспечены достаточные плотность и герметичность пары, предотвращающая перетекание топлива из над-плунжерного пространства. В связи с этим пары специально подбирают и в дальнейшем их не разукрупняют. В случае выхода из строя одной из деталей плунжерную пару заменяют.

Втулка 7 плунжерной пары в верхней части значительно утолщена, так как именно здесь она подвергается воздействию больших давлений. Утолщенная часть втулки оканчивается ступенькой для посадки в гнездо корпуса насоса. В верхней части втулки сделано два окна: всасывающее 16 и перепускное 17. Через всасывающее окно топливо попадает в надплунжерное пространство, а через перепускное происходят отсечка и перепуск топлива. Оба отверстия соединяются с продольными каналами в верхней части корпуса топливного насоса. Втулка фиксируется от проворачивания штифтом, который входит в фрезерованный паз втулки. Выпадение штифтов предотвращает крышка люка. Втулка установлена в корпус топливного насоса сверху. К верхнему торцу втулки прижат нагнетательный клапан. Для создания необходимой герметичности соприкасающиеся торцы втулки и седла нагнетательного клапана имеют тщательно обработанную поверхность.

Рисунок 7 - Плунжерная пара топливного насоса:

1 — штуцер; 2 — упор пружины нагнетательного клапана; 3 — пружина нагнетательного клапана; 4 — седло нагнетательного клапана; 5 — нагнетательный клапан; 6 — уплотнение; 7 — втулка; 8 — плунжер; 9 — рейка; 10 — зубчатый венец; 11 — поворотная гильза; 12 — верхняя тарелка пружины плунжера; 13 — пружина плунжера; 14 — нижняя тарелка пружины плунжера; 15 — стяжной винт; 16 и 17 — всасывающее и перепускное окна.

Плунжер 8 представляет собой цилиндрический стержень, на поверхности которого сделаны два симметрично расположенных спиральных паза, причем один из них тщательно обработан и служит для изменения количества топлива, впрыскиваемого в цилиндр дизеля (в результате поворота плунжера, без изменения его хода). При совпадении кромки паза с кромкой перепускного 16 окна втулки давление в надплунжерном объеме резко падает, и подача топлива в форсунку прекращается. Другой паз



способствует выравниванию удельного давления топлива, действующего на боковую поверхность плунжера во время работы насоса. Устранение одностороннего действия сил в момент впрыска уменьшает износ плунжерных пар и удлиняет срок их службы. Ниже отсечной кромки на плунжере сделана кольцевая канавка, где задерживается просочившееся топливо, идущее затем на смазку плунжерной пары. Внизу плунжера — два выступа управления его поворотом и головка, на которую опирается тарелка пружины 14.

Нагнетательный клапан (рис. 8) отъединяет надплунжерное пространство от топливопровода высокого давления и резко снижает давление в топливопроводе при прекращении подачи топлива плунжером. Седло 2 и клапан 1 изготовлены из легированной стали. Для обеспечения необходимой герметичности прилегания клапан и седло тщательно обрабатывают и полбиракл друг к другу. Посадочный конус на клапане притирается к седлу клапана. В связи с этим разуконплектовка нагнетательных клапанов, так же как и плунжерных пар, не допускается.

Клапан скользит в гнезде крестообразным хвостовиком, между опорными поясками которого проходит топливо. Установленная над клапаном пружина 3 (см. рис. 7) стремится прижать его в седлу. Пружина насажена на направляющий буртик в верхней части клапана. Вторым торцом пружина упирается в торец расточки в прижимном штуцере. Между хвостовиком клапана и посадочным конусом сделана цилиндрическая канавка 3 (см. рис. 8) — так называемый разгрузочный поясок.

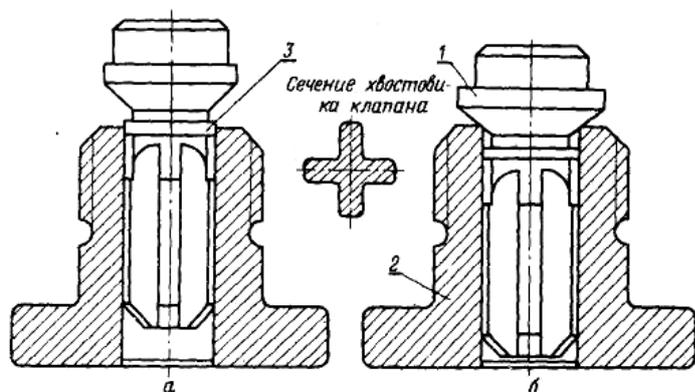


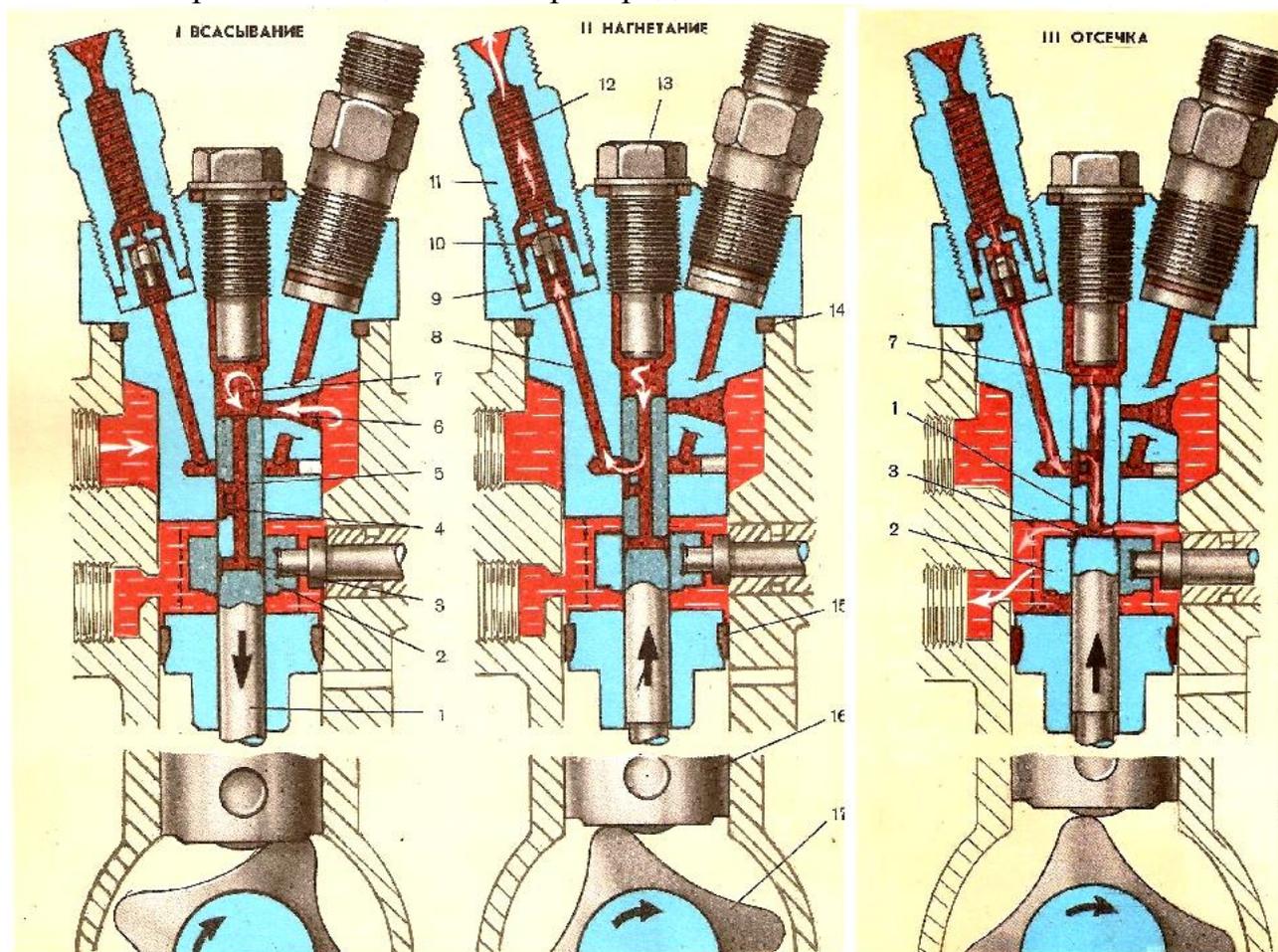
Рисунок 8 - Нагнетательный клапан:

а — начало отсечки топлива; б — клапан закрыт; 1 — нагнетательный клапан; 2 — седло нагнетательного клапана; 3 — разгрузочный поясок.

В момент прекращения подачи топлива плунжером расположенная под клапаном пружина перемещает его вниз. При этом разгрузочный поясок сначала отъединяет топливопровод высокого давления от надплунжерного пространства. Затем, продолжая движение вдоль отверстия седла клапана, разгрузочный поясок, действуя как поршень, отсасывает из топливопровода высокого давления часть топлива, вследствие чего давление в нем резко снижается. В результате обеспечивается быстрое прекращение подачи топлива, чем устраняют возможную течь его из сопловых отверстий распылителя форсунки.

4 НАСОС НД 22/6Б

Схема работы секции насоса распределительного типа.



Привод насоса (рис. 10) осуществляется от шестерни 21, которая находится в зацеплении с шестерней, закрепленной на распределительном валу. На шестерне привода имеются два кулачка, которые входят в пазы текстолитовой шайбы 19.

В два других паза входят кулачки ведущей полумуфты автомата изменения угла опережения впрыска 17. Автомат изменения угла установлен на переднем носке кулачкового вала насоса.

К задней стенке корпуса насоса посредством двух шпилек крепится корпус привода тахоспидометра, к фланцу которого присоединяется редуктор тахоспидометра, который установлен в кабине на щитке приборов и указывает частоту вращения коленчатого вала двигателя и количество проработанных двигателем часов.

Привод редуктора тахоспидометра осуществляется поводком, закрепленным на заднем конце вала привода подкачивающего насоса.

Смазка к топливному насосу подается от системы смазки дизеля.

Слив масла из насоса происходит через зазор между носком кулачкового валика и крышкой. С 1973 года на двигатели устанавливаются насосы с автономной смазкой. В этих насосах штуцер для подсоединения

маслоподводящей трубки заменен сапуном, а в передней крышке установлен сальник.

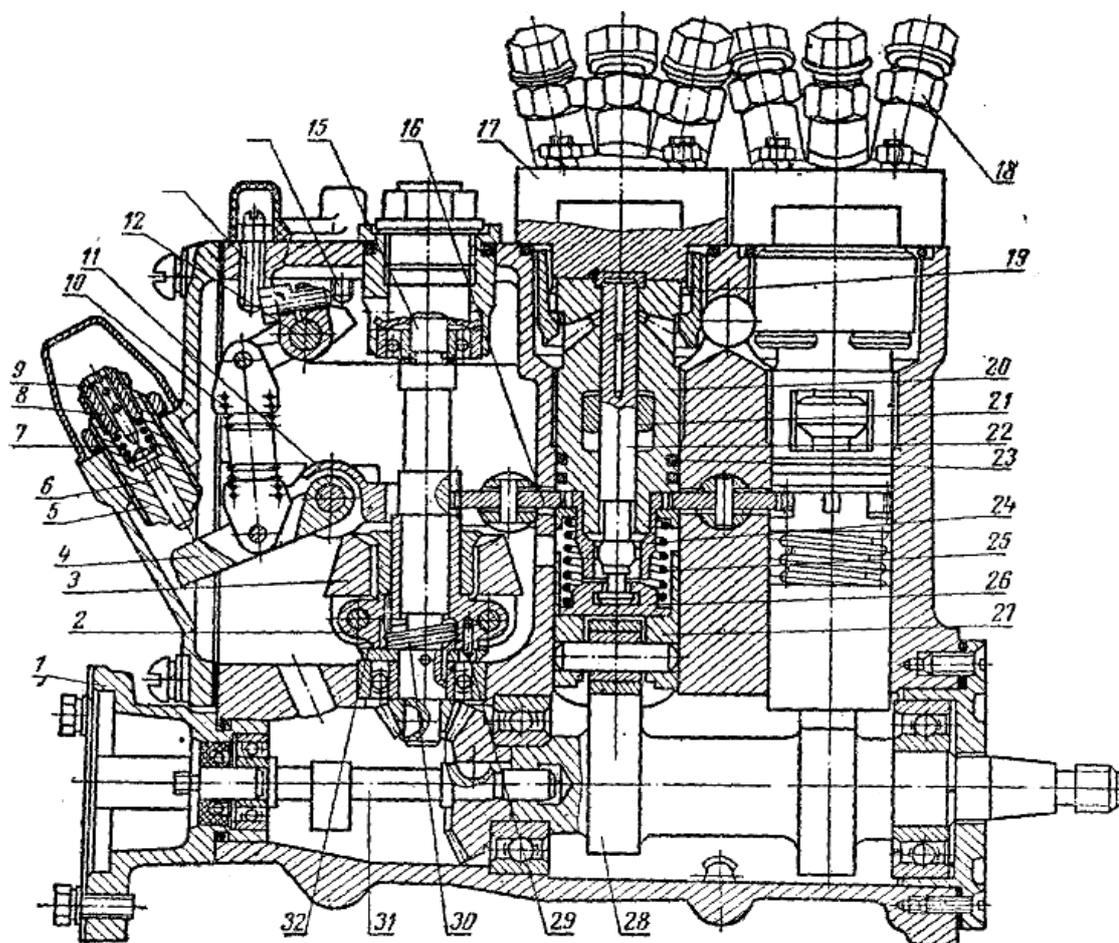


Рисунок 9 - Топливный насос НД:

1 — корпус привода тахосинометра; 2 — ступица регулятора; 3 — груз регулятора; 4 — рычаг корректора; 5 — корпус корректора; 6 — шток корректора; 7 — пружина; 8 — винт корректора; 9 — винт-ограничитель; 10 — пружина регулятора; 11 — рычаг вильчатый; 12 — валик рычага управления насосом; 13 — винт регулировочный максимальных оборотов; 14 — винт «Стоп»; 15 — вал регулятора; 16 — промежуточная шестерня; 17 — головка секции высокого давления; 18 — уцер высокого давления; 19 — гайка соединительная головки секции; 20 — втулка плунжера; 21 — дозатор; 22 — плунжер; 23 — уплотнительные кольца; 24 — зубчатая втулка; 25 — пружина толкателя; 26 — тарелка пружины; 27 — толкатель; 28 — кулачковый вал; 29 — штифт; 30 — демпферная пружина; 31 — вал привода подкачивающего насоса; 32 — шайба блокировки вала регулятора.

Работа насоса (рис. 9). При вращении кулачкового вала 28 плунжеры 22 совершают возвратно-поступательное движение. Нагнетательный ход происходит при набегании кулачка на ролик толкателя 27, а ход всасывания — под действием возвратной пружины 25. Кроме того, плунжеры от вала регулятора 15 через промежуточную шестерню 16 и зубчатые втулки 24 получают вращательное движение, выполняя при этом роль распределителей топлива по цилиндрам. Таким образом осуществляется подача топлива под давлением в цилиндры двигателя в требуемом количестве в определенное

время и в заданной последовательности.

Привод вала регулятора осуществляется от кулачкового вала через конические шестерни. Ступица грузов 2 связана с валом регулятора 15 через демпферную пружину 30.

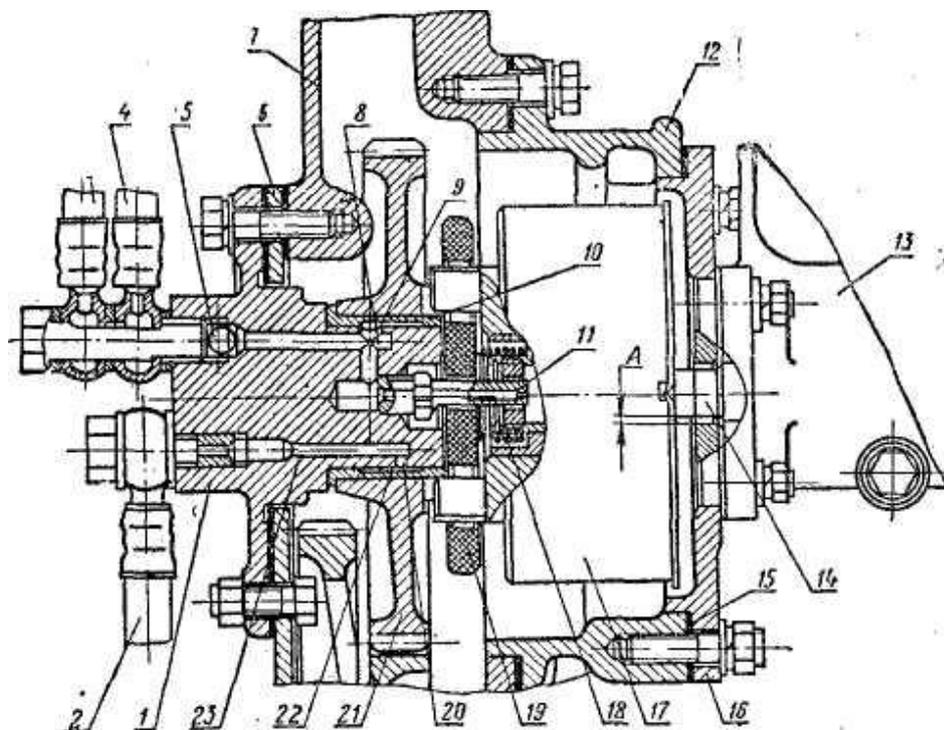


Рисунок 10 -
Привод топливного насоса:

1 — опора шестерни; 2 — трубка подвода смазки к насосу; 3 — трубка подвода смазки к трубоком-прессору; 4 — трубка подвода смазки от маслофильтра; 5 — маслоподводящий канал в опоре; 6 — щит; 7 — картер маховика; 8 — маслоканал; 9 — кольцевая канавка;

10 — втулка шестерни; 11 — штуцер подвода смазки к муфте; 12 — проставка; 13 — топливный насос; 14 — кулачковый вал; 15 — прокладка; 16 — фланец насоса; 17 — муфта автоматическая; 18 — пружина, поджимающая шайбу; 19 — шайба текстолитовая; 20, 23 — маслоканалы; 21 — шестерня привода; 22 — продольный паз во втулке.

В случае выхода из строя пружины ступица переходит работать на жесткий упор штифтом 29. Количество подаваемого топлива изменяется осевым перемещением дозатора 21 по плунжеру, что осуществляется регулятором через систему рычагов.

Режим работы двигателя устанавливают поворотом валика рычага управления насосом 12, связанного через пружину регулятора 10 и рычажную систему с дозаторами 21.

Увеличение подачи топлива при запуске двигателя достигается автоматически дополнительным ходом дозаторов под действием пусковой пружины, перемещающей рычаги в положение, соответствующее максимальной подаче.

Для увеличения цикловой подачи топлива при перегрузке двигателя предусмотрен пружинный корректор. Величина и характер коррекции подачи топлива определяются соответственно ходом штока 6 (рис. 9), жесткостью и предварительным натягом пружины 7. Выключение подачи топлива осуществляется принудительно рычагом управления насосом или регулятором при достижении предельного числа оборотов. В обоих случаях перемещение рычажной системы вызывает смещение дозаторов в крайнее нижнее

положение.

Муфта автоматическая. Для стабилизации мощностных и экономических показателей в диапазоне чисел оборотов, а также для улучшения пусковых качеств дизеля топливный насос комплектуется муфтой автоматической. Муфта автоматически устанавливает наивыгоднейший угол опережения впрыска топлива в зависимости от числа оборотов двигателя.

Муфта автоматическая (рис. 11) — центробежного типа, состоит из полумуфты ведущей 1 с запрессованной в нее втулкой 2, двух пружин 7, регулировочных прокладок 9, грузов 6, полумуфты ведомой 5 с запрессованными в нее осями грузов 8, кожуха 4, кольца уплотнительного 10, кольца стопорного 3.

При неподвижном приводе пальцы ведущей полумуфты 1 под действием пружины 7 давят на фигурные пазы грузов 6, сдвигая их до упора.

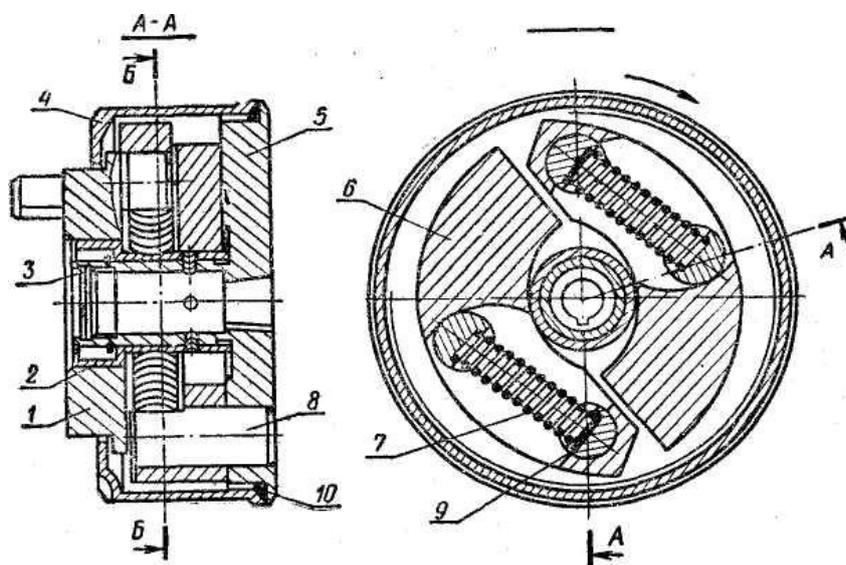


Рисунок 11 - Муфта автоматическая опережения впрыска:

1 — полумуфта ведущая; 2 — втулка ведущей полумуфты; 3 — кольцо стопорное; 4 — кожух муфты; 5 — полумуфта ведомая; 6 — груз муфты автоматической; 7 — пружина муфты автоматической; 8 — ось груза; 9 — прокладка пружины регулировочная; 10 — кольцо уплотнительное.

При работе двигателя с малым числом оборотов коленчатого вала вращение от привода через кулачки полумуфты ведущей на вал насоса передается без заметного смещения грузов. При этом пальцы полумуфты ведущей, воздействуя на грузы и через них на оси 8 полумуфты ведомой 5, передают вращение на вал насоса.

По мере увеличения числа оборотов двигателя центробежная сила грузов 6 возрастает, и они начинают расходиться, поворачиваясь на осях 8 полумуфты ведомой 5. При этом грузы, упираясь фигурными пазами на пальцы полумуфты ведущей 1, преодолевая сопротивление пружин 7, сокращают расстояния между пальцами и осями полумуфты 1 и 5. Это вызывает поворот кулачкового вала в сторону вращения относительно приводного вала, что обеспечивает увеличение угла опережения впрыска топлива.

При максимальном числе оборотов вала насоса грузы раздвигаются до упора в стенки кожуха; при этом обеспечивается наибольший угол опережения впрыска топлива.

При снижении оборотов двигателя угол автоматически соответственно уменьшается.

5 ТОПЛИВНЫЕ НАСОСЫ 4ТН и 6ТН

Топливный насос 4ТН-9х10Т четырехплунжерный, смонтирован в одном агрегате со всережимным регулятором и топливоподкачивающим насосом.

В корпусе насоса в двух шариковых подшипниках вращается кулачковый вал 27 (рис. 12). Расположение кулачков на валу соответствует порядку работы цилиндров двигателя 1—3—4—2. Между вторым и третьим кулачками вала насоса расположен эксцентрик 26 для привода топливоподкачивающего насоса.

Над кулачковым валом в вертикальных отверстиях корпуса насоса поступательно перемещаются роликовые толкатели 32, пере дающие движение от кулачков плунжерам насоса. В корпусах толкателей сверху ввернуты регулировочные болты 28, служащие для регулировки момента начала подачи топлива плунжерными парами. Регулировочные болты стопорятся контргайками 29.

В направляющих корпуса насоса установлена рейка 5, связанная поводком 1 с тягой регулятора и перемещающаяся под действием регулятора.

На рейке против каждой плунжерной пары 5 расположены хомутики 16 с прорезями для поводков плунжеров. Хомутики на рейках фиксируются болтами 17.

В головке 12 насоса размещены плунжерные пары 5 и нагнетательные клапаны 8. Гильзы 43 плунжерных пар прижимаются через бурты седел 6 нагнетательных клапанов 8 к торцам выточек в головке насоса штуцерами 10, служащими одновременно для присоединения трубок высокого давления.

Штуцера попарно стопорят планками 11. Угловое положение гильзы в головке насоса фиксируется винтом 15. Плунжер 45 нижним торцом опирается на регулировочный болт 28 толкателя и прижимается к нему пружиной 4. На нижний конец плунжера напрессован поводок 18, входящий в паз хомутика рейки. При помощи поводка плунжер поворачивается при регулировке количества подаваемого топлива.

В верхней части гильзы расположены всасывающее 44 и перепускное 41 отверстия, сообщающиеся с П-образным каналом 13 головки насоса. Плунжер в верхней части имеет выточку со спиральной кромкой 42. Центральное отверстие в торце головки плунжера и горизонтальное отверстие соединяют надплунжерное пространство с выточкой в головке плунжера.

Изменяя положение спиральной кромки плунжера относительно перепускного отверстия гильзы поворотом плунжера, регулируют количество топлива, подаваемого в цилиндр. При перемещении рейки с хомутиками вперед и соответствующем повороте плунжера его кромка удаляется от перепускного отверстия и подача топлива в этом случае увеличивается. При движении рейки в обратном направлении подача топлива уменьшается. Количество подаваемого топлива каждой плунжерной парой регулируется перемещением хомутиков рейки.

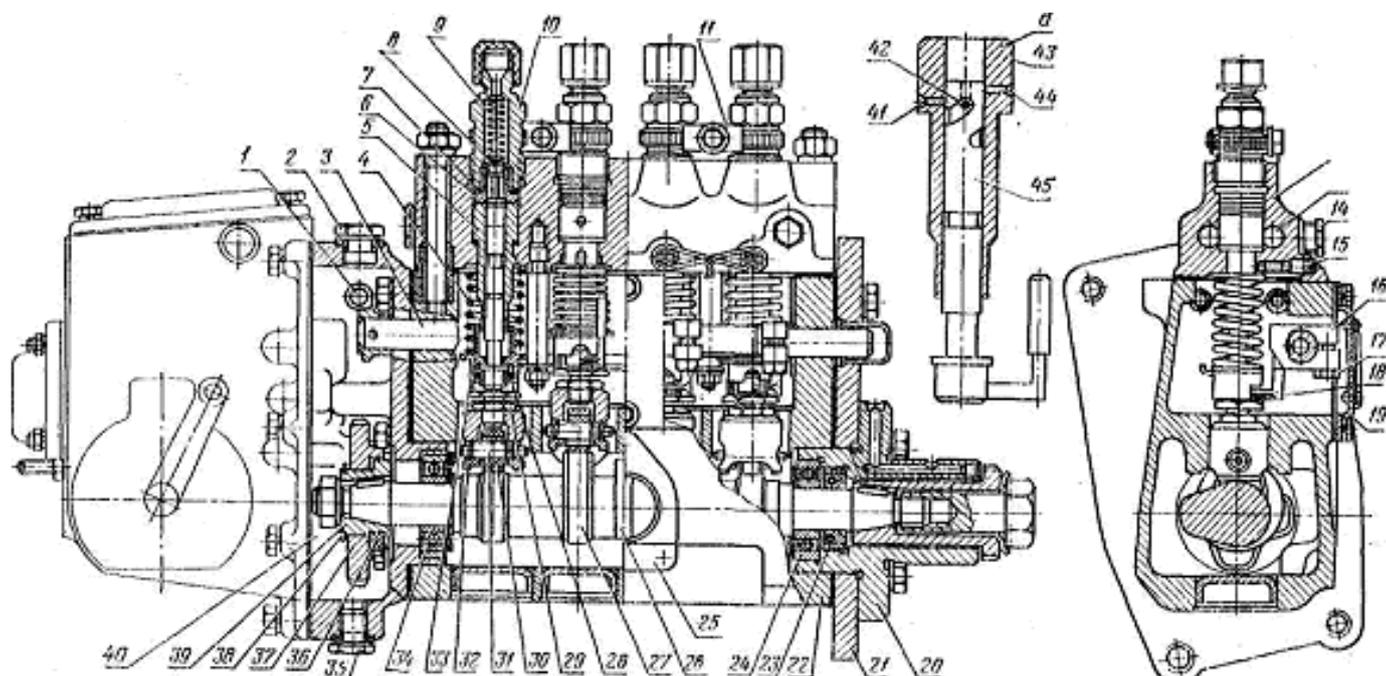


Рисунок 12 – Топливный насос 4ТН

1 — поводок рейки; 2, 35 — пробки; 3 — рейка; 4, 9 — пружины; 5 — плунжерная пара; 6 — седло нагнетательного клапана; 7 — прокладка; 8 — нагнетательный клапан; 10 — штуцер; 11 — планка; 12 — головка насоса; 13 — канал; 14 — пробка; 15 — винт; 16 — хомут; 17 — болт хомута; 18 — поводок; 19 — крышка; 20 — фланец; 21 — плита установочная; 22 — корпус насоса; 23 — манжета; 24, 34 — подшипники; 25 — фланец; 26 — эксцентрик; 27 — кулачковый вал; 28 — регулировочный болт; 29 — контргайка; 30 — ролик толкателя; 31 — ось; 32 — толкатель; 33 — седло; 36 — сухарь; 37 — шестерня; 38 — кольцо; 39 — втулка; 40 — промежуточный фланец; 41 — перепускное отверстие; 42 — спиральная кромка; 43 — гильза; 44 — всасывающее отверстие; 45 — плунжер;

Гильзы и плунжеры комплектуют по диаметральному зазору между ними (0,003—0,004 мм) и притирают. Раскомплектовка плунжерной пары не допускается. Плунжерные пары подвергают гидравлическому испытанию на плотность и разбирают по плотности на трупы. Номер группы наносят на гильзу. На каждый насос устанавливают плунжерные пары одной группы для равномерности подачи топлива по секциям насоса.

Нагнетательный клапан 8 предназначен для отъединения нагнетательного трубопровода от надплунжерного пространства. Клапан прижимается к седлу пружиной 9. Клапан и седло комплектуют и притирают.

Для осмотра и регулировки насоса в корпусе предусмотрен люк, закрываемый крышкой 19. С правой стороны на корпусе насоса расположен фланец 25 для установки топливоподкачивающего насоса, штуцер со сливной трубкой для слива избыточного масла из полости топливного насоса. Чтобы пыль не попадала в полость насоса через трубку, она имеет форму спирального витка, создающего гидрозатвор.

Насос работает следующим образом. При вращении кулачкового вала кулачки набегают на ролики толкателей, приводят в движение толкатели и через них перемещают плунжеры насоса. Под действием пружины 4 плунжеры

постоянно прижимаются к толкателям и возвращаются в нижнее положение.

При движении плунжера вниз топливо, поступающее в канал головки насоса из фильтра тонкой очистки, через всасывающее отверстие в гильзе заполняет надплунжерное пространство. При движении плунжера вверх топливо вытесняется обратно в головку насоса через всасывающее отверстие до перекрытия верхней кромкой плунжера всасывающего отверстия. После закрытия всасывающего отверстия плунжер, продолжая двигаться вверх, давит на оставшееся топливо и, когда давление топлива достигает величины, достаточной для преодоления сопротивления пружины нагнетательного клапана, топливо нагнетается в трубопровод высокого давления и в форсунку. При давлении 15 МПа (150 кгс/см²) топливо впрыскивается форсункой в камеру сгорания двигателя до тех пор, пока винтовая кромка плунжера не откроет перепускное отверстие в гильзе. Оставшееся в надплунжерном пространстве топливо через центральное отверстие в головке плунжера стекает обратно в канал головки цилиндров. Давление в надплунжерном пространстве падает, и нагнетательный клапан под действием пружины закрывается.

При опускании клапана его разгрузочный пояс отсасывает некоторое количество топлива из трубопровода, вследствие чего давление в трубопроводе быстро падает, и этим обеспечивается резкая отсечка конца подачи топлива. Количество топлива, подаваемого насосом, на двигателе регулируют изменением конца подачи. Момент начала подачи на всех режимах работы двигателя остается постоянным.

Привод топливного насоса.

Топливный насос приводится в действие от шестерни коленчатого вала через промежуточную шестерню и шестерню 1 (рис. 13), свободно посаженную на ступицу установочного фланца насоса.

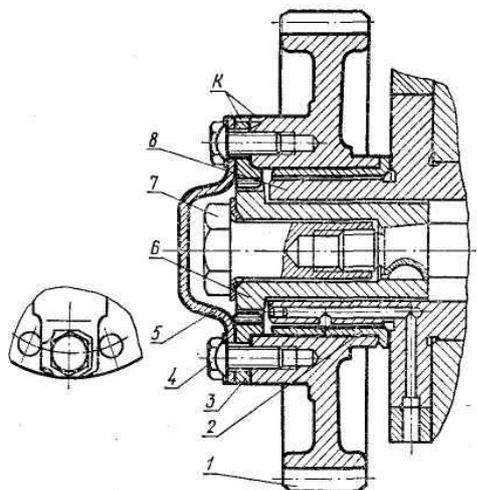


Рисунок 13 - Привод топливного насоса:

1 — шестерня; 2 — втулка; 3 — фланец; 4 — болт;
5 — планка; 6 — втулка шлицевая; 7 — гайка;
8 — фланец установочный; К — метки.

Шестерня 1 во время вращения прижимается к торцу установочного фланца 8 буртом втулки 2, запрессованной в шестерню.

К ступице шестерни двумя болтами 4 прикреплен шлицевой фланец 3, шлицы которого сопрягаются со шлицами втулки 6, установленной на кулачковом валике топливного насоса и закрепленной гайкой 7. Вращение от шестерни через фланец 3 и втулку 6 передается кулачковому валику топливного насоса.

Фланец 3 относительно втулки 6 устанавливается в определенном положении благодаря отсутствию на втулке одного шлица, а на фланце — одной впадины. Определенное положение втулки 6 относительно фланца

обеспечивает снятие и установку топливного насоса на двигатель без нарушения установленного момента подачи топлива.

В шлицевом фланце 3 просверлено шестнадцать отверстий, расположенных на одном радиусе через 21° , двумя группами по восемь диаметрально расположенных отверстий. На переднем торце ступицы шестерни привода топливного насоса имеется также шестнадцать резьбовых отверстий, расположенных по окружности через $22^\circ 30'$. При таком расположении отверстий в шлицевом фланце и шестерне одновременно могут совместиться только два диаметрально противоположных отверстия. Соединяя различные пары отверстий шлицевого фланца и шестерни привода топливного насоса, регулируют момент опережения подачи топлива.

При регулировке угла опережения впрыска топлива шлицевой фланец сначала устанавливают на шестерне по меткам К, которые нанесены на наружной поверхности фланца и ступице шестерни, и закрепляют по совпадающим отверстиям.

Если при установке по меткам проверяемый угол опережения впрыска топлива не соответствует требуемому углу, шлицевой фланец поворачивают, изменяя его положение относительно шестерни. При совмещении соседней пары отверстий шлицевой фланец поворачивается на $1^\circ 30'$, что соответствует изменению угла опережения подачи топлива на 3° по углу поворота коленчатого вала. При повороте фланца по часовой стрелке угол опережения подачи топлива увеличивается, против часовой стрелки — уменьшается.

Опережение подачи топлива должно находиться в пределах 27° — 30° до в. м. т. по углу поворота коленчатого вала.

6 ТОПЛИВНЫЙ НАСОС КАМАЗ

Топливный насос высокого давления (рис. 14) плунжерного типа предназначен для подачи под высоким давлением (в зависимости от режима двигателя) в форсунки в определенные моменты времени строго дозированных порций топлива.

В корпусе 1 насоса имеются восемь секций, каждая из которых состоит из корпуса 17, втулки 16 плунжера, плунжера 11, поворотной втулки 8, нагнетательного клапана 19, прижатого через уплотнительную прокладку 18 к втулке плунжера штуцером 20.

Плунжер совершает возвратно-поступательное движение под действием кулачка вала 44 и пружины 9. Повороту толкателя в корпусе препятствует сухарь 6.

Кулачковый вал вращается в роликоподшипниках 42, установленных в прикрепленных к корпусу насоса крышках. Осевое перемещение кулачкового вала устраняют подбором регулировочных прокладок 48.

Для увеличения подачи топлива поворачивают плунжер поворотной втулкой, которая через ось поводка соединена с рейкой 15 насоса. Рейка перемещается в направляющих втулках 57 по каналу, который закрыт пробкой 54.

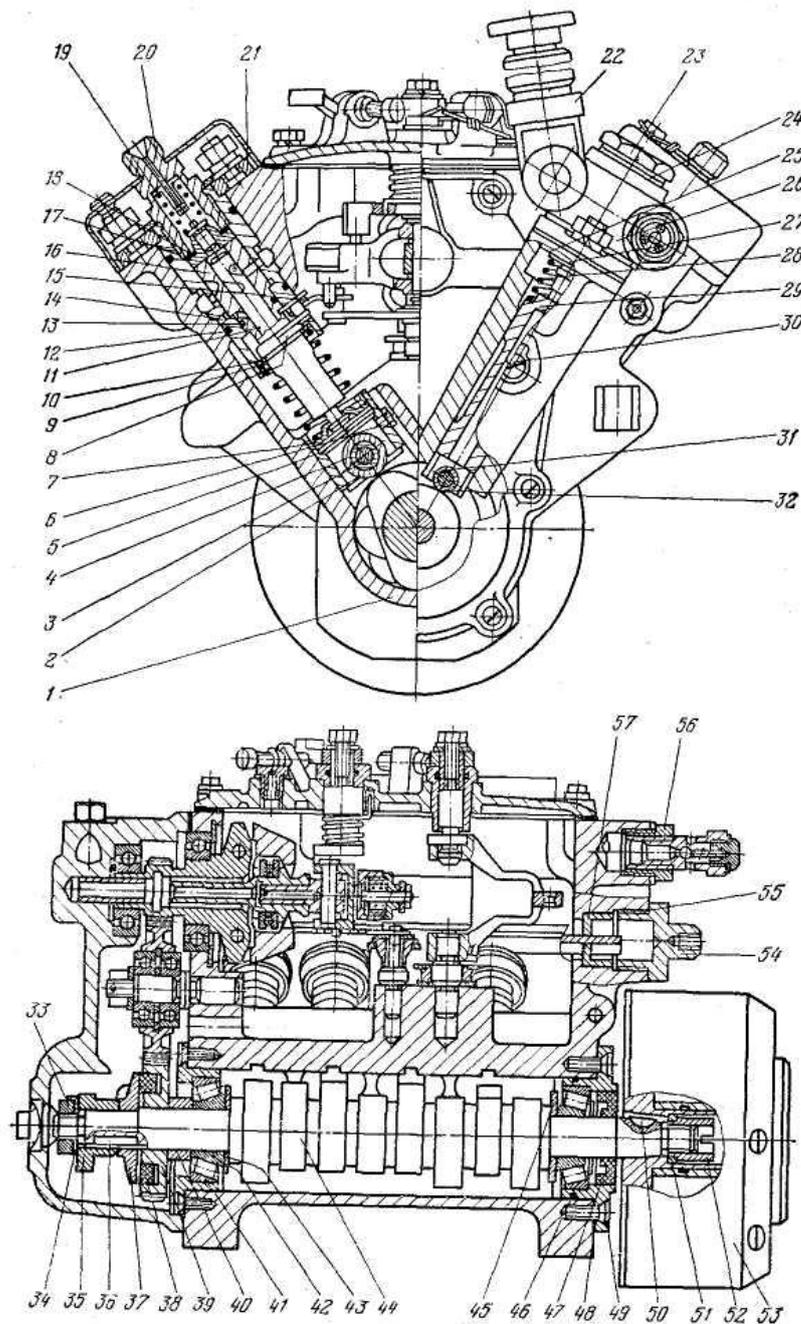


Рисунок 14 - Топливный насос высокого давления:

1 — корпус; 2 — ролик толкателя; 3 — ось ролика; 4 — втулка ролика; 5 — пята толкателя; 6 — сухарь; 7 — тарелка пружины толкателя; 8 — поворотная втулка; 9 — пружина толкателя; 10, 34, 43, 45, 51 и 55 — шайбы; 11 — плунжер; 12 и 13 — уплотнительные кольца; 14 — установочный штифт; 15 — правая рейка; 16 — втулка плунжера; 17 — корпус секции; 18 — прокладка нагнетательного клапана; 19 — нагнетательный клапан; 20 — штуцер; 21 — фланец корпуса секции; 22 — топливоподкачивающий насос; 23 — пробка пружины; 24, 27 и 48 — прокладки; 25 — втулка штока; 26 — корпус насоса низкого давления; 28 — пружина толкателя; 29 — толкатель; 30 — стопорный винт; 32 — ролик толкателя; 33 и 52 — гайки; 35 — эксцентрик привода насоса низкого давления; 36 и 50 — шпонки; 37 — фланец ведущей шестерни регулятора; 38 — сухарь ведущей шестерни регулятора; 39 — ведущая шестерня регулятора; 40 — упорная втулка; 41 и 49 — крышки подшипников; 42 — подшипник; 44 — кулачковый вал; 46 — уплотнительное кольцо; 47 — манжета с пружиной; 53 — муфта опережения впрыска топлива; 54 - пробка рейке; 56 - перепускной клапан; 57 - втулка рейки

С противоположной стороны насоса находится регулировочный винт подачи топлива насосом. Этот винт обычно закрыт пробкой и опломбирован.

Топливо к насосу подводится через специальный штуцер, к которому болтом крепится трубка низкого давления. Далее по каналам в корпусе оно поступает к нагнетательным секциям.

Смазка насоса циркуляционная, под давлением от общей системы смазки двигателя.

Регулятор частоты вращения коленчатого вала (рис.15) всережимный прямого действия, изменяет количество подаваемого в цилиндр топлива в зависимости от нагрузки и поддерживает заданную частоту вращения.

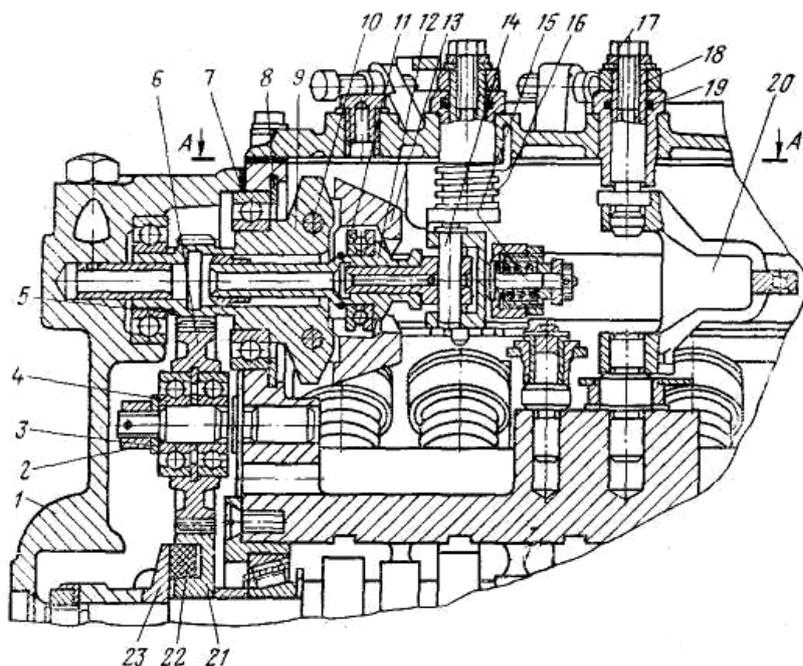
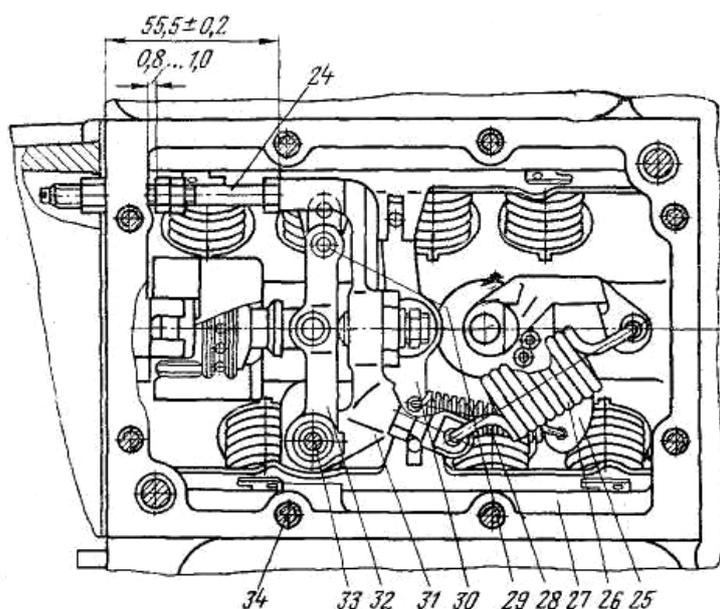


Рисунок 15 - Регулятор частоты вращения:

1 — крышка; 2 — гайка; 3 — шайба; 4 — подшипник; 5 и 7 — прокладки; 6 — промежуточная шестерня; 8 — стопорное кольцо; 9 — державка грузов; 10 — ось груза; 11 — упорный подшипник; 12 — муфта; 13 — груз; 14 - палец; 15 — корректор; 16 и 26 — пружины; 17 и 34 — болты; 18 — втулка; 19 — уплотнительное кольцо; 20, 25, 30, 31 и 32 — рычаги; 21 — ведущая шестерня; 22 — сухарь ведущей шестерни; 23 — фланец ведущей шестерни; 24 — регулировочный болт подачи топлива; 27 — левая рейка; 28 — специальная пружина; 29 — штифт; 33 — ось рычагов регулятора



Регулятор помещен в развале топливного насоса высокого давления. На кулачковом валу насоса установлена ведущая шестерня 21 регулятора, вращение на которую передается через резиновые сухари 22.

Ведомая шестерня выполнена как одно целое с державкой 9 грузов, установленной на двух шарикоподшипниках. При вращении державки грузы 13, которые качаются на осях 10, под действием центробежных сил расходятся

и через упорный подшипник 11 перемещают муфту 12.

Муфта упирается через упорную пятую в палец 14 рычага 32 регулятора и перемещает его. Рычаг 32 одним концом закреплен на оси 33, а другим соединен через штифт с рейкой топливного насоса. На оси 33 закреплен один конец и рычага 31, второй конец которого перемещается до упора в регулировочный болт подачи топлива 24. Рычаг 32 передает усилие рычагу 31 через корректор 15. Рычаг управления подачей топлива жестко связан с рычагом 20. К рычагам 20 и 31 присоединена пружина 26, а к рычагам 30 и 25 — стартовая пружина 28.

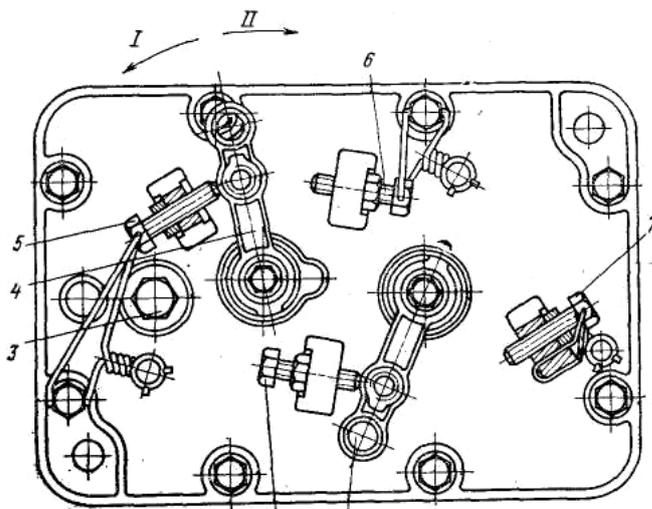
При работе регулятора на определенном режиме центробежные силы грузов уравновешены усилием пружины. При увеличении частоты вращения коленчатого вала грузы регулятора, преодолевая сопротивление пружины 26, перемещают рычаг 32 регулятора с рейкой топливного насоса — подача топлива уменьшается.

При уменьшении частоты вращения коленчатого вала центробежная сила грузов уменьшается, и рычаг 32 регулятора с рейкой топливного насоса под действием усилия пружины перемещается в обратном направлении — подача топлива и частота вращения коленчатого вала увеличиваются.

Подача топлива выключается поворотом рычага 4 останова (рис. 16) до упора в болт 6. Тогда рычаг 4, преодолевая усилие пружины 16 (см. рис. 15), повернет за штифт 29 рычаги 32 и 31; рейка переместится до положения полного выключения подачи топлива, а рычаг 4 упрется в ограничительный болт 6 (рис. 16).

Рисунок 16 - Крышка регулятора с рычагами подачи топлива и останова двигателя:

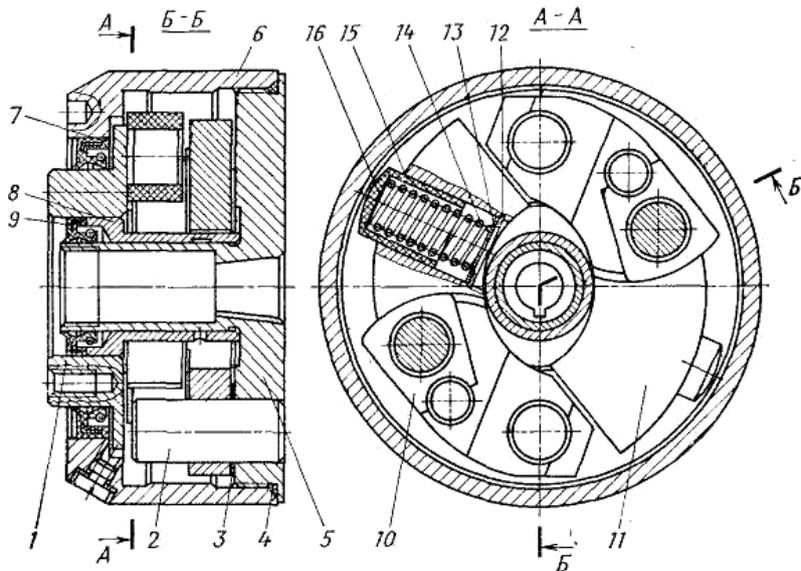
/ - работа; // — выключено; 1 — рычаг управления регулятором; 2 — болт ограничения минимальной частоты вращения; 3 — пробка заливного отверстия; 4 — рычаг останова; 5 — болт регулировки пусковой подачи; 6 — болт регулировки хода рычага останова; 7 — болт ограничения максимальной частоты вращения



При отпускании рычаг останова под действием пружины 16 возвратится в положение «работа», а стартовая пружина 28 через рычаг 30 вернет рейку топливного насоса в необходимое для пуска положение максимальной подачи топлива.

Автоматическая муфта опережения впрыска топлива (рис. 17) предназначена для изменения момента начала подачи топлива в зависимости от частоты вращения коленчатого вала. Муфта значительно улучшает пусковые качества двигателя, а также его экономичность на различных скоростных режимах. Она состоит из двух полумуфт: ведомой 5 и ведущей 1.

Рисунок 17 -
Автоматическая муфта опережения впрыска топлива:



1 — ведущая полумуфта; 2 — ось груза; 3 и 13 — шайбы; 4 — уплотнительное кольцо; 5 — ведомая полумуфта; 6 — корпус; 7 и 9 сальники; 8 — втулка ведущей полумуфты; 10 — проставка с осью; 11 — груз с пальцем; 12 — упорное кольцо; 14 — пружина; 15 — стакан пружины; 16 — регулировочные прокладки

Первая шпонкой и гайкой с шайбой закреплена на конической поверхности переднего конца кулачкового вала топливного насоса. Вторая установлена на ступице ведомой полумуфты и может поворачиваться на ней. Между ступицей и полумуфтой установлена втулка 8. Ведущая полумуфта приводится в действие распределительной промежуточной шестерней через вал с гибкими соединительными муфтами. Вращение ведомой полумуфты осуществляется двумя грузами 11. Грузы качаются на осях 2, запрессованных в ведомую полумуфту, в плоскости, перпендикулярной оси вращения муфты. Проставка 10 ведущей полумуфты упирается одним концом в палец груза, другим в профильный выступ. Усилие пружин 14 стремится удерживать грузы наупоре во втулке 8 ведущей полумуфты.

При увеличении частоты вращения коленчатого вала грузы под действием центробежных сил расходятся, вследствие чего ведомая полумуфта поворачивается относительно ведущей в направлении вращения кулачкового вала, что вызывает увеличение угла опережения впрыска топлива. При уменьшении частоты вращения коленчатого вала грузы под действием пружин сходятся. Ведомая полумуфта поворачивается вместе с валом насоса в сторону, противоположную вращению вала, что вызывает уменьшение угла опережения подачи топлива.

Привод управления подачей топлива механический, состоит из педали, тяг, рычагов поперечных валиков, а также ручного привода постоянной подачи топлива и останова двигателя.

Педадь подачи топлива связана с расположенным на крышке регулятора частоты вращения рычагом управления регулятором топливного насоса высокого давления.

Кнопки ручного привода установлены на уплотнителе рычага коробки передач. Левая (для включения постоянной подачи топлива) связана гибким тросом (в защитной оболочке) с рычагом управления регулятором; правая (для останова двигателя) — с рычагом останова двигателя, расположенным на крышке регулятора частоты вращения коленчатого вала двигателя.

7 ТОПЛИВНЫЙ НАСОС ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ COMMON RAIL ДВИГАТЕЛЕЙ Д-260.1S3А, Д-260.2S3А, Д-260.4S3А

На дизелях устанавливаются топливные насосы высокого давления CPN2.2 (Рисунок 18).

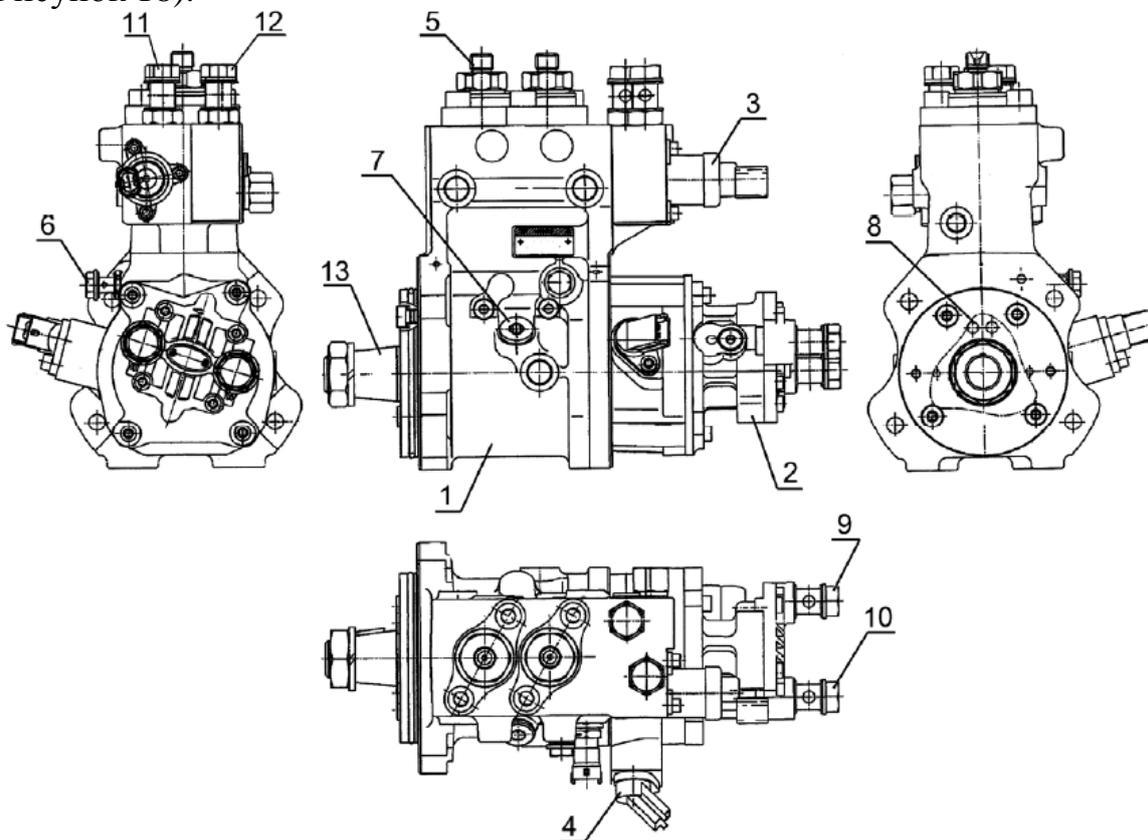


Рисунок 18 - Топливный насос высокого давления CPN2.2

1 – топливный насос высокого давления; 2 – топливopодкачивающий насос; 3 – электромагнитный регулятор давления; 4 – датчик угла поворота; 5 – штуцер отвода топлива к аккумулятору топлива; 6 – штуцер подвода масла; 7 – пробка для заливки масла; 8 – отверстия для отвода масла; 9 – штуцер подвода топлива от фильтра предварительной очистки топлива; 10 – штуцер отвода топлива к фильтру тонкой очистки топлива; 11 – штуцер подвода топлива от фильтра тонкой очистки топлива; 12 – штуцер отвода излишков топлива в бак; 13 – кулачковый вал.

Топливный насос высокого давления (ТНВД) предназначен для создания резерва топлива, поддержания и регулирования давления в топливном аккумуляторе.

На корпусе ТНВД закреплены топливopодкачивающий насос 2, имеющий привод от кулачкового вала 13 ТНВД и электромагнитный регулятор давления 3. В корпусе ТНВД рядом расположены два плунжера 3 (Рисунок 19), приводимые в действие кулачковым валом 2.

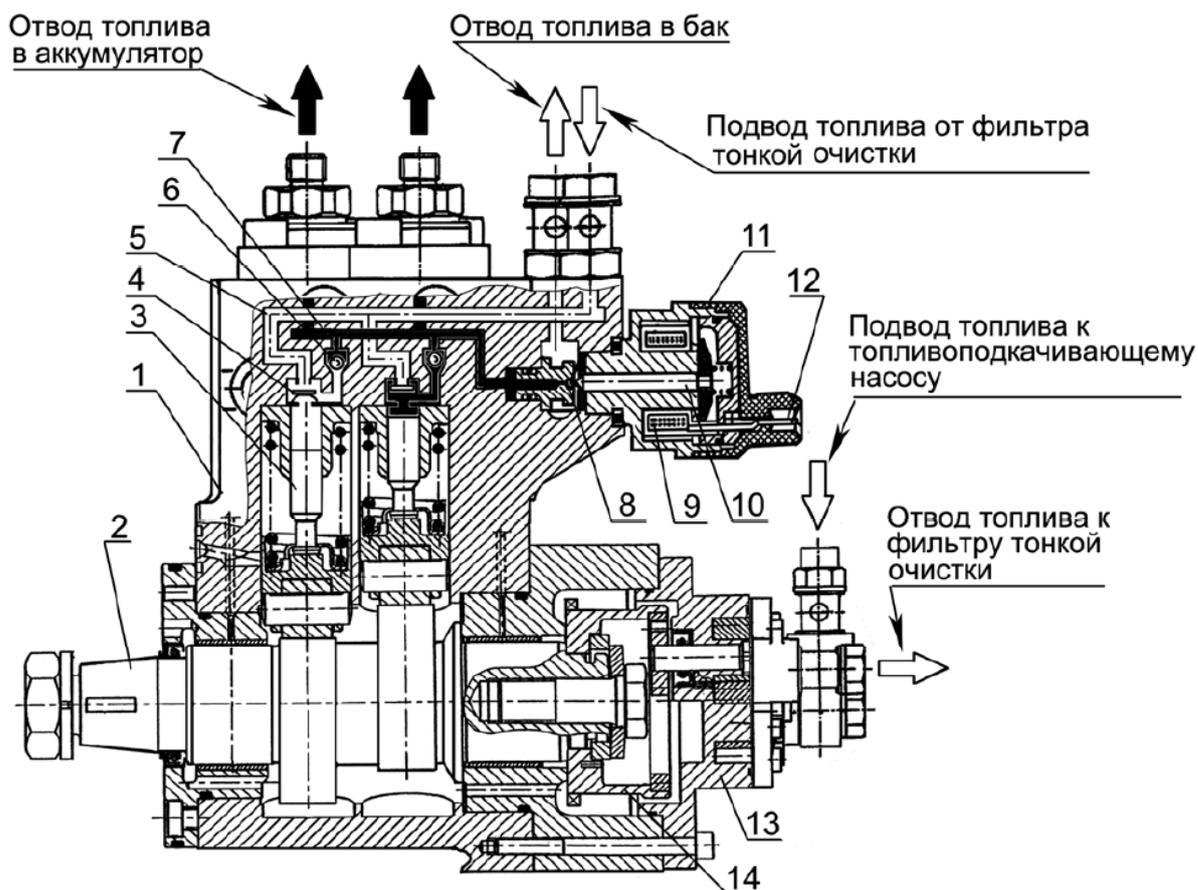


Рисунок 19 – Принципиальная схема топливного насоса высокого давления
 1- корпус насоса высокого давления; 2 – кулачковый вал; 3 – плунжер; 4 – клапан впускной; 5 – канал подводящий; 6 - клапан выпускной; 7 – канал отводящий; 8 – шарик; 9 – электромагнит; 10 – якорь; 11- клапан регулирования давления; 12 клеммы электромагнита; 13 – топливоподкачивающий насос; 14 – шестерня привода топливоподкачивающего насоса с импульсным венцом.

Кулачковый вал через полумуфту привода находится в кинематической связи с коленчатым валом дизеля через шестерни распределения.

Топливо, прошедшее топливный фильтр грубой очистки с влагоотделителем, подается под давлением 0,8...0,9 МПа топливоподкачивающим насосом через фильтр тонкой очистки топлива к приемному штуцеру ТНВД.

Под воздействием созданного давления подкачки топливо через подводящий канал 5 поступает в надплунжерные пространства.

Набегающий кулачок вала перемещает плунжер вверх при этом входное отверстие впускного канала перекрывается клапаном 4 и при дальнейшем подъеме плунжера топливо сжимается в надплунжерном пространстве.

Когда возрастающее давление достигнет уровня, соответствующего тому, что поддерживается в аккумуляторе высокого давления, открывается выпускной клапан 6.

Сжатое топливо поступает в контур высокого давления.

Плунжер подает топливо до тех пор, пока не достигнет своей ВМТ (ход подачи). Затем давление падает, выпускной клапан закрывается. Плунжер начинает движение вниз.

Так как ТНВД рассчитан на большую величину подачи, то на холостом ходу и при частичных нагрузках возникает избыток сжатого топлива, которое через клапан регулирования давления 11 и магистраль обратного слива возвращается в топливный бак.

Клапан регулирования давления устанавливает величину давления в аккумуляторе высокого давления в зависимости от нагрузки на двигатель, частоты вращения и теплового состояния двигателя.

При слишком высоком давлении в аккумуляторе клапан открывается, и часть топлива из аккумулятора отводится через магистраль обратного слива назад к топливному баку.

Клапан регулирования давления крепится через фланец к корпусу ТНВД. Якорь 10 прижимает шарик клапана 8 к седлу под действием пружины клапана так, чтобы разъединить контуры высокого и низкого давления. Включенный электромагнит 9 перемещает якорь 10, прикладывая дополнительное усилие к прижатию шарика к седлу.

Весь якорь омывается топливом, которое смазывает трущиеся поверхности и отводит лишнее тепло. Рабочие детали топливного насоса смазываются проточным маслом, поступающим из системы смазки дизеля. Слив масла из корпуса насоса осуществляется в картер дизеля. Вновь установленный на дизель насос необходимо предварительно заполнить маслом в количестве 200 см³. Заливку масла производить через специально предусмотренное отверстие поз.7 (Рисунок 18).

Формат 60x84/16 Тираж 100

Печать офсетная. Усл.п.л. 2

Издательство КГАУ/420015 г.Казань, ул.К.Маркса, д.65

Лицензия на издательскую деятельность код 221 ИД №06342 от 28.11.2001г.

Отпечатано в типографии КГАУ

420015 г.Казань, ул.К.Марксу д.65.

Казанский государственный аграрный университет

Подписано к печати 10.08.2020

Заказ 812 Цена 40 руб