

МИНИСТЕРСТВО ОБОРОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Ю. А. БИРЮКОВ, Н. В. БЫЧЕНКО, В. В. ВИНОГРАДОВ

**БРОНЕТАНКОВОЕ ВООРУЖЕНИЕ И ТЕХНИКА
ВОЗДУШНО-ДЕСАНТНЫХ ВОЙСК**

ОСНОВЫ ТЕОРИИ КОНСТРУКЦИИ

КНИГА 1

СИЛОВЫЕ УСТАНОВКИ

Учебник



**Рязань
2011**

МИНИСТЕРСТВО ОБОРОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Ю. А. Бирюков, Н. В. Быченко, В. В. Виноградов, Д. С. Голубев

БРОНЕТАНКОВОЕ ВООРУЖЕНИЕ И ТЕХНИКА
ВОЗДУШНО-ДЕСАНТНЫХ ВОЙСК

ОСНОВЫ ТЕОРИИ КОНСТРУКЦИИ

К н и г а 1

СИЛОВЫЕ УСТАНОВКИ

Учебник

Под общей редакцией Т. Н. Лебедева

Рекомендуется федеральным государственным образовательным казённым военным учреждением высшего профессионального образования «Военным учебно-научным центром Сухопутных войск «Общевойсковая академия Вооружённых Сил Российской Федерации» в качестве учебника для курсантов федерального государственного казённого военного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Рязанского высшего воздушно-десантного командного училища имени генерала армии В. Ф. Маргелова», обучающихся по специальности «Управление персоналом».

Регистрационный номер рецензии от «__» _____ 2011г №__ Де-партамент образования Министерства обороны Российской Федерации.

Рязань
2011

ББК Ц53

Б64

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор *В. Ф. Васильченко*

доктор технических наук, профессор *В. Н. Шапран*

Бирюков Ю. А.

Б64 Бронетанковое вооружение и техника Воздушно-десантных войск. Основы теории конструкции. Книга 1. Силовая установка : учебник / Ю. А. Бирюков, Н. В. Быченко, В. В. Виноградов; под общей редакцией Т. Н. Лебедева. – Рязань : РВВДКУ, 2011. – 306 с.

Учебник разработан коллективом кафедры бронетанковой техники в составе кандидата технических наук, доцента полковника запаса Ю. А. Бирюкова (главы 3, 5, 6), кандидата технических наук, доцента полковника Н. В. Быченко (главы 1, 2, 4), кандидата военных наук, доцента полковника запаса В. В. Виноградова (главы 7, 8, 9).

В учебнике на основе требований Государственного образовательного стандарта, квалификационных требований к военно-профессиональной подготовке выпускников училища и учебной программы дисциплины «Бронетанковое вооружение и техника Воздушно-десантных войск. Основы теории конструкции» изложены основы теории силовых установок, её влияние на боевые свойства БГМ, рассмотрены основные показатели и конструктивные особенности силовых установок боевых машин десанта, дается анализ и сравнительная оценка систем двигателя, раскрывается принцип действия основных элементов.

Учебник предназначен для курсантов училища, обучающихся по программам высшего и среднего профессионального образования, а также может быть использован офицерами бронетанковой службы в практической деятельности в войсках.

ББК Ц53

РВВДКУ, 2011

Содержание

Список сокращений	7
Введение.....	9
РАЗДЕЛ 1. ОСНОВЫ ТЕОРИИ СИЛОВЫХ УСТАНОВОК	11
Глава 1. Бронетанковое вооружение и техника ВДВ	11
1.1. Основные понятия и определения.....	11
1.2 Классификация и анализ боевых качеств бронетанкового вооружения Российской армии.....	17
<i>1.2.1 Боевые свойства и характеристики.....</i>	<i>19</i>
1.3 Боевые гусеничные машины ВДВ: прошлое, настоящее, будущее.....	22
1.4 Назначение, боевая и техническая характеристики боевых гусеничных машин ВДВ	28
1.5 Компоновка боевых машин. Общее устройство БМД	31
<i>1.5.1 Особенности компоновки боевых гусеничных машин ВДВ</i>	<i>36</i>
<i>1.5.2 Общее устройство БМД</i>	<i>39</i>
1.6 Назначение, общее устройство и принцип работы силовой установки, трансмиссии, ходовой части электрооборудования	43
<i>1.6.1 Назначение, общее устройство и принцип работы силовой установки.....</i>	<i>43</i>
<i>1.6.2 Назначение, расположение, общее устройство трансмиссии.....</i>	<i>44</i>
<i>1.6.3 Назначение и общее устройство ходовой части</i>	<i>44</i>
<i>1.6.4 Назначение и общее устройство электрооборудования.....</i>	<i>44</i>
РАЗДЕЛ 2. СИЛОВАЯ УСТАНОВКА БРОНЕТАНКОВОГО ВООРУЖЕНИЯ И ТЕХНИКИ.....	47
Глава 2. Двигатель внутреннего сгорания. Основные понятия	47
2.1 Основы теории двигателей внутреннего сгорания	47
2.2 Схема и принцип работы четырёхтактного дизеля	50
2.3 Типовые формы камер сгорания и требования, предъявляемые к ним..	59
<i>2.3.1 Особенности смесеобразования и сгорания в камерах сгорания различных конструкций</i>	<i>61</i>
2.4 Сравнительная оценка дизельных и карбюраторных двигателей.....	67
2.5 Энергетические и экономические показатели поршневых ДВС	68
2.6 Форсирование двигателя	70
2.7 Характеристики двигателей	71
Глава 3. Силовая установка боевых гусеничных машин	75
3.1 Определение силовой установки и требования, предъявляемые к ней..	75
3.2 Компоновка силовой установки	79
3.3 Техническая характеристика силовых установок современных боевых гусеничных машин, перспективные направления их развития.....	80
3.4 Сравнительная оценка силовых установок современных боевых гусеничных машин	87
3.5 Перспективные направления развития силовых установок боевых гусеничных машин	94
Глава 4. Устройство двигателя	99
4.1 Общее устройство двигателя	99

4.2 Кривошипно-шатунный механизм. Назначение, устройство, размещение в двигателе.....	105
4.3 Уравновешивающий механизм. Назначение, устройство и работа.....	107
4.4 Газораспределительный механизм.....	109
4.5 Механизм передач. Назначение, классификация, характеристика, устройство и работа.....	114
Глава 5. Система смазки двигателя.....	120
5.1 Необходимость смазки трущихся поверхностей. Понятие о видах трения	120
5.2 Назначение и классификация систем смазки	125
5.3 Назначение, устройство и работа приборов и агрегатов системы смазки	127
5.4 Система смазки двигателя 5Д20-240.....	136
5.4.1 <i>Общее устройство системы смазки двигателя 5Д20-240</i>	136
5.4.2 <i>Устройство и работа приборов и агрегатов системы смазки</i>	137
5.4.3 <i>Масляные фильтры</i>	141
5.4.5 <i>Работа системы смазки двигателя 5Д20-240</i>	143
5.4.6 <i>Назначение, устройство и работа системы вентиляции картера двигателя 5Д20-240</i>	147
5.5 Обслуживание системы смазки	147
5.6 Технология выполнения работ по обслуживанию системы смазки	148
5.7 Возможные неисправности системы смазки, их причины, способы предупреждения и устранения	151
Глава 6. Системы охлаждения и подогрева двигателей.....	154
6.1 Необходимость охлаждения двигателя.....	154
6.1.1 <i>Требования, предъявляемые к системам охлаждения</i>	155
6.1.2 <i>Классификация систем охлаждения двигателей</i>	155
6.1.3 <i>Сравнительная оценка систем охлаждения двигателей</i>	157
6.2 Общее устройство системы охлаждения двигателя 5Д20-240	158
6.2.1 <i>Приборы и агрегаты системы охлаждения двигателя</i>	160
6.2.2 <i>Работа системы охлаждения</i>	168
6.3 Системы подогрева двигателя	169
6.3.1 <i>Необходимость разогрева двигателя перед пуском в зимних условиях</i>	169
6.3.2 <i>Общее устройство системы подогрева с жидкостным подогревателем</i>	172
6.3.3 <i>Принцип работы системы подогрева</i>	176
6.3.4 <i>Приборы и агрегаты системы подогрева двигателя 5Д20-240</i>	176
6.3.5 <i>Совместная работа приборов и агрегатов системы подогрева двигателя</i>	179
6.4 Объем и технология выполнения работ по обслуживанию систем охлаждения и подогрева	180
6.4.1 <i>Уход за системами охлаждения и подогрева по видам технического обслуживания</i>	180

6.4.2 Порядок пуска подогревателя	181
6.5 Возможные неисправности систем охлаждения и подогрева, их причины, способы предупреждения и устранения.....	182
Глава 7. Системы питания двигателей.....	186
7.1 Назначение, классификация и общее устройство систем питания двигателя воздухом.....	186
7.1.1 Требования к воздухоочистителям и их классификация	188
7.1.2 Общее устройство системы питания воздухом.....	191
7.1.3 Устройство и работа системы питания воздухом двигателя 5Д20-240	192
7.1.4 Особенности системы питания воздухом БТР-Д.....	196
7.2 Назначение и общее устройство системы питания двигателя топливом.....	197
7.2.1 Классификация систем питания двигателя топливом.....	197
7.2.2 Назначение и общее устройство системы питания дизеля топливом	200
7.2.3 Марки применяемых топлив	202
7.2.4 Топливная система низкого давления	203
7.2.5 Топливная система высокого давления.....	208
7.3 Система питания топливом двигателя 5Д20-240.....	213
7.3.1 Устройство топливной системы низкого давления.....	213
7.3.2 Дренажная система	217
7.3.4 Назначение, характеристика и устройство автоматической муфты опережения впрыскивания топлива (АМОВТ)	227
7.3.5 Система выпуска отработавших газов. Назначение, общее устройство и работа системы.....	231
7.4 Объем и технология выполнения работ по обслуживанию систем питания	232
7.4.1 Уход за системами питания.....	232
7.5 Возможные неисправности систем питания, их причины, способы предупреждения и устранения.....	238
Глава 8. Воздушная система и устройства, облегчающие пуск двигателя	242
8.1 Назначение и выполняемые функции воздушной системы	242
8.2 Система наполнения баллонов сжатым воздухом.....	243
8.2.1 Устройство системы наполнения баллонов сжатым воздухом.....	243
8.3 Система пуска двигателя сжатым воздухом	251
8.3.1 Требования к системам пуска и их классификация.....	251
8.3.2 Классификация систем пуска	252
8.3.3 Назначение, устройство и работа системы воздушного пуска двигателя 5Д20-240	257
8.4 Устройства, облегчающие пуск двигателя.....	263
8.4.1 Электрофакельное устройство (ЭФУ).....	265
8.4.2 Особенности системы подогрева впускного воздуха (СПВВ), облегчающей пуск двигателя 2В-06-2 при низких температурах	270

8.5 Система очистки среднего прибора наблюдения механика-водителя	271
8.5.1 Работа системы очистки прибора воздушно-жидкостной смесью от грязи (кран-эжектор в положении ОЧИСТКА)	275
8.5.2 Работа системы очистки прибора сжатым воздухом от пыли и сухого снега (рукоятка кран-эжектора находится в положении ПРОДУВКА)	275
8.6 Система управления исполнительными механизмами	276
8.7 Обслуживание воздушной системы	278
8.8 Возможные неисправности воздушной системы, их причины, способы предупреждения и устранения	280
Глава 9. Система защиты двигателя	282
9.1 Система автоматического контроля	283
9.2 Система диагностирования	285
9.3 Принцип работы системы аварийной защиты и контроля работы двигателя	288
9.4 Механизм защиты двигателя от попадания воды	291
9.4.1 Необходимость установки механизма защиты двигателя от попадания воды	291
9.4.2 Устройство и работа механизма защиты двигателя от попадания воды двигателя 5Д20-240	292
9.4.3 Работа механизма защиты двигателя	296
9.5 Особенности устройства и работы МЗД двигателя 2В-06-2	297
9.6 Объем и технология выполнения работ по техническому обслуживанию системы защиты	299
9.7 Возможные неисправности механизма защиты двигателя, их причины, способы предупреждения и устранения	301
9.8 Проверка технического состояния МЗД	303
Список литературы	305

ТЕСТЫ

Список сокращений

АМОВТ – автоматическая муфта опережения впрыскивания топлива

БГМ – боевая гусеничная машина

БМ – боевая машина

БМД – боевая машина десанта

БМП – боевая машина пехоты

БТВТ – бронетанковое вооружение и техника

БТТ – бронетанковая техника

БТР-Д – бронетранспортер десанта

БФП – бесфорсуночный подогреватель

БУФ – блок управления факелом

ВВТ – вооружение и военная техника

ВДВ – Воздушно-десантные войска

ВЗУ – воздухозаборное устройство

ВМТ – верхняя мертвая точка

ВРЧО – всережимный регулятор оборотов коленчатого вала

ВТА – военно-транспортная авиация

ГММ – главная масляная магистраль

ГРМ – газораспределительный механизм

ГТД – газотурбинный двигатель

ДВС – двигатель внутреннего сгорания

ДД – двигатель дизеля (дизельный)

ЕТО – ежедневное техническое обслуживание

ЗИП – запасные части, инструмент и принадлежности

КД – карбюраторный двигатель

КО – контрольный осмотр

КИП – контрольно-измерительные приборы

КПД – коэффициент полезного действия

МЗД – механизм защиты двигателя от попадания воды

МЗН – маслозакачивающий насос

МГМ – многоцелевые гусеничные машины

МОД – механизм остановки двигателя

МП – механизм передач

МТО – моторно-трансмиссионное отделение

НМТ – нижняя мертвая точка

ПКТ – пулемет Калашникова танковый

ПТУР – противотанковая управляемая ракета

РПД – роторно-поршневой двигатель

РСА – регулируемый сопловой аппарат

САО – самоходное артиллерийское орудие

САЗК – система аварийной защиты и контроля

СПВВ – система подогрева впускного воздуха

СУ – силовая установка

ТК – турбокомпрессор

ТО-1, ТО-2 – техническое обслуживание № 1 и № 2

ТНВД – топливный насос высокого давления

ТСВД – топливная система высокого давления

ТСНД – топливная система низкого давления

ТФТО – топливный фильтр тонкой очистки

ФГОТ – фильтр грубой очистки топлива

ЭФУ – электрофакельное устройство

ЭЦН – электроцентробежный насос (топливозакачивающий).

Введение

Дисциплина «Бронетанковое вооружение и техника Воздушно-десантных войск» (Д-35) введена ГОС ВПО (Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования) для специальности 062100 «Управление персоналом», утвержденной приказом Министра образования Российской Федерации от 14 декабря 2001 года № 118. Квалификационные требования и учебная программа по военной специальности «Применение подразделений воздушно-десантных войск» утверждены Командующим [ВДВ](#) в 2011 году.

Для охвата всей программы учебной дисциплины учебник разделен на три самостоятельные части: силовая установка, трансмиссия и ходовая часть, войсковой ремонт.

Одним из важнейших элементов любого образца бронетанкового вооружения и техники является силовая установка, которая как источник механической энергии обеспечивает и определяет их важнейшие боевые свойства – подвижность и маневренность, а также осуществляет привод генераторов для питания потребителей электрической энергии.

Современные силовые установки боевых гусеничных машин представляют собой сложные технические комплексы, включающие в себя двигатели внутреннего сгорания различных типов и системы, обеспечивающие их работоспособность.

Настоящий учебник по построению и содержанию полностью охватывает тематику и бюджет учебной дисциплины «Бронетанковое вооружение и техника Воздушно-десантных войск» по разделу «Силовая установка», соответствует квалификационным требованиям к военно-профессиональной подготовке выпускников воздушно-десантного училища.

Характерной особенностью данного учебника является его отличие от уже существующей учебной литературы полным содержанием тематики, определяемой ГОС ВПО по направлению подготовки и учебной программой, раскрытием физического смысла изучаемых базовых понятий, принципа действия всех агрегатов и систем силовой установки, обеспечивающих доступность изложения материала.

Грамотная эксплуатация силовых установок, их качественное восстановление, умение оценивать технические показатели и прогнозировать дальнейшее развитие, невозможны без глубоких знаний теоретических основ ДВС (двигателей внутреннего сгорания) различных типов. Именно этому и посвящен первый раздел «Основы теории силовых установок», в котором рассматривается влияние силовой установки на боевые свойства

бронетанкового вооружения, методы повышения экономических и энергетических показателей, режимы работы и характеристики двигателей.

Во втором разделе «Силовая установка боевых машин десанта» рассматриваются основные показатели и конструктивные особенности силовых установок боевых машин десанта, дается анализ и сравнительная оценка систем силовой установки, с раскрытием принципа действия основных элементов.

Содержание учебника направлено на формирование у курсантов умения оценивать конструктивные особенности и технические возможности силовых установок для их учета при организации боевой подготовки, анализировать и обобщать опыт войсковой эксплуатации, оценивать причины и устранять возможные неисправности, принимать меры к их предупреждению.

Авторским коллективом решено в учебнике перейти от названия БМД как боевой машины десантной к единому наименованию «боевая машина десанта». Считаем, что именно такое наименование наиболее полно соответствует сущности боевого применения данных машин: транспортирование десанта, десантирование из самолетов военно-транспортной авиации с экипажем или без него, боевые действия десанта на машинах или в пешем порядке при поддержке их огнем боевых машин. Вся заводская документация, начиная с БМД-3, выпускается именно с такой терминологией. В то же время это наименование будет созвучным с наименованием БМП – боевая машина пехоты.

РАЗДЕЛ 1. ОСНОВЫ ТЕОРИИ СИЛОВЫХ УСТАНОВОК

Глава 1. Бронетанковое вооружение и техника ВДВ

1.1. Основные понятия и определения

История развития боевых гусеничных машин [ВДВ](#) берет свое начало с зарождением 2 августа 1930 года и становлением Воздушно-десантных войск, основу для которых положило постановление Реввоенсовета СССР от 11 декабря 1932 года. Сейчас уже довольно четко можно выделить боевые гусеничные машины довоенного периода, первого второго и третьего поколений.

Днем зарождения отечественного танкостроения считается 31 августа 1920 года, когда совершил первый испытательный пробег танк «Борец за свободу тов. Ленин», изготовленный на Сормовском заводе. В начале 30-х годов отечественная военная наука определила основные способы применения гусеничных машин. Учитывая опыт Первой мировой войны, развитие инженерных сооружений (укрепленные районы, линия Мажино, линия Маннергейма), было призвано необходимым иметь все типы бронетанкового вооружения – танкетки, малые, легкие, средние и тяжелые танки. Для ускорения разработки образцов были закуплены в Великобритании танкетка «Карден-Ллойд» и легкий танк «Виккерс», а в США – танк М1931 конструкции инженера Уолтера Кристи, на основе которых были созданы соответственно танкетка Т-27, легкий танк Т-26 и колесно-гусеничный танк БТ-2. Именно с танкеток Т-27, которые в это время выпускались в большом количестве как средство борьбы с пехотой и кавалерией, берет начало бронетанковое вооружение и техника ВДВ довоенного периода (1932–1941).

Отличительными особенностями Т-27 (рисунок 1.1) являлись малые габариты (длина 2,6 м, ширина 1,83 м, высота 1,44 м) и масса 2 700 кг с экипажем из двух человек, а также простота конструкции. В качестве оружия использовался 7,62-мм пулемет, защиту экипажу обеспечивали броневые листы толщиной до 0,01 м.

Бензиновый двигатель мощностью 29 кВт (40 л. с.) позволял танкетке развивать скорость до 40 км/ч. Танкетки Т-27 десантировались в большом количестве на Киевских (1935) и Белорусских (1936) маневрах, что способствовало успешному решению десантом боевых задач. Однако слабое вооружение и недостаточная подвижность стали причинами прекращения их производства.

Проведенные в 1934–1937 гг. крупные общевойсковые маневры с участием Воздушно-десантных частей полностью подтвердили жизнен-

ность, передовой по тому времени, теории боевого применения воздушных десантов, получившей свое конкретное выражение во Временном полевом уставе РККА, введенном в действие приказом Наркома обороны 30 декабря 1936 года. Поэтому в формировавшихся в начале 40-х годов воздушно-десантных соединениях планировалось иметь артиллерию и легкие танки Т-38, Т-40 (рисунок 1.2).

Танк Т-40 имел на вооружении 12,7-мм и 7,62-мм пулеметы, защита экипажа из двух человек обеспечивалась броневыми листами толщиной 0,01–014 м. Боевая масса составляла 5 500 кг. В кормовой части в специальной нише устанавливались винт и руль, а на переднем верхнем броневом листе волноотражательный щит.

Таким образом, характерной особенностью довоенного периода развития бронетехники [ВДВ](#) являлось оснащение частей и подразделений теми же образцами, что и Сухопутные войска, путем приспособления их всевозможными способами для нужд Воздушно-десантных войск.

После Второй мировой войны наступил новый этап в развитии боевой техники и вооружения для ВДВ. Он обуславливался, прежде всего, появлением специально созданных военно-транспортных самолетов Ан-8, Ан-12, возросшими возможностями военной промышленности, новыми направлениями развития военно-теоретической мысли. Этот этап с начала 50-х до конца 60-х годов характеризовался тем, что серийные образцы техники и вооружения методом заводских доработок приспособлялись для нужд воздушно-десантных войск с учетом возможности их десантирования парашютным и посадочным способами. Одновременно под них разрабатывались и средства десантирования.

Бензиновый двигатель мощностью 62,5 кВт (85 л. с.) позволял развивать скорость до 44 км/ч при движении на суше и до 5 км/ч на плаву.

Одним из первых реальных шагов в этом направлении было принятие на вооружение в 1951 году легкой авиадесантной самоходной установки АСУ-57 (рисунок 1.3), разработанной в конструкторском бюро Н. А. Астрова. Боевая масса с экипажем из трех человек составляла 3 300 кг. Корпус открытого типа, вместо крыши использовался брезентовый полог. Основное вооружение установки АСУ-57 – 57-мм противотанковая пушка. Бензиновый двигатель мощностью 37 кВт (50 л. с.) позволял достигать максимальной скорости 45 км/ч. Установка транспортировалась самолетом Ан-12 и десантировалась парашютным способом.



Рисунок 1.1 – Легкий танк Т-27



Рисунок 1.2 – Легкий быстроходный танк Т-40

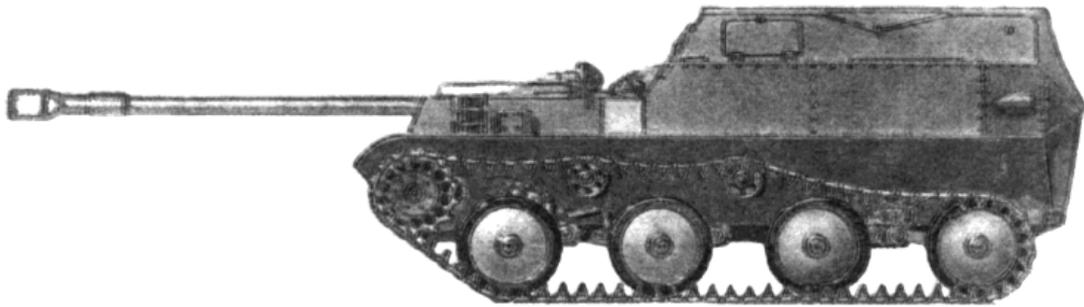


Рисунок 1.3 – Авиадесантная самоходная артиллерийская установка АСУ-57

В 1956 году на вооружение была принята более мощная самоходно-артиллерийская установка СУ-85 закрытого типа (рисунок 1.4). Оружие установки включало 85 мм противотанковую пушку, 7,62-мм спаренный с ней пулемет, а в качестве зенитного средства стал применяться 12,7-мм пулемет ДШК. Боевая масса с экипажем из 4-х человек составляла 15 600 кг. Двигатель мощностью 155 кВт (210 л. с.) позволял развивать установке максимальную скорость по шоссе 44 км/ч, запас хода составлял 330–360 км.

Низкая защищенность АСУ-57 особенно при движении по радиоактивно зараженной местности, ограниченные возможности по подвижности и ведению огня СУ-85 привело к тому, что эти машины были сняты с вооружения.



Рисунок 1.4 – Авиадесантная самоходная артиллерийская установка СУ-85

Начало 60-х годов характеризовалось появлением многих разработок по конкретно авиатранспортным машинам. Военная наука вышла с рекомендациями эффективности совместных действий мотострелковых и танковых подразделений и частей в условиях применения ОМП и мощного огневого воздействия со стороны противника. Возникла необходимость создания боевого и транспортного средства пехоты с задачами уничтожения пехотных противотанковых средств и легкобронированных целей, а также способными вести борьбу с танками и авиацией.

Исходя из требований унификации, было бы желательно иметь единую машину для наземных и Воздушно-десантных войск. Однако транспортирование боевых машин самолетами и, тем более, десантирование их при выполнении боевых задач диктует необходимость сочетания согласованности конструкции самолета и машин. На самолеты [ВТА](#), как правило, многоцелевого назначения по перевозимым грузам при их проектировании накладывается значительно больше ограничений, чем для машины [ВДВ](#). Поэтому в системе «транспортное средство – перевозимые грузы» самолеты занимают решающее значение. Специфические требования к машинам ВДВ, взаимосвязанные с конструкцией самолетов по габаритам, массе, скорости погрузки в самолет, креплению, разгрузке или десантированию оказываются решающими при выборе боевых машин для ВДВ.

Четырьмя конструкторскими бюро в это время разрабатываются [БМП](#) массой 12 000–14 000 кг с одинаковым оружием, уровнем защиты и силовой установкой, но отличающихся расположением десанта и конструкцией ходовой части.

В 1964 году конструкторским бюро Алтайского тракторного завода разработана колесно-гусеничная БМП. Конструкция ходовой части представляла собой колесное шасси 4x4 с вспомогательным малоразмерным гусеничным движителем, опускавшимся на грунт для повышения проходимости.

В этом же году КБ И. В. Гавалова создана БМП (объект 910), имевшая полноразмерный гусеничный движитель и колесный 4x4. Эта машина имела гидропневматическую подвеску, обеспечивающую изменение дорожного просвета, а два водомета обеспечивали движение на плаву. Этим же КБ в 1964 году представлялась БМП, спроектированная на базе плавающего танка ПТ-76 (объект 914). Слева и справа от механика-водителя находились два пулеметчика. Двигатель был смещен к левому борту, и спешивание десанта осуществлялось на корму по проходу между правым бортом и двигателем.

В 1964 году КБ Брянского завода представляло в макетном исполнении колесную БМП (объект 1 200) с колесной формулой 8x8. Выход де-

санта осуществлялся через одну кормовую дверь и верхние люки. Движение на плаву обеспечивалось с помощью водометных движителей.

Из всех перечисленных объектов предпочтение было отдано [БМП](#) конструкторского бюро П. П. Исакова (объект 765), которая в 1966 году была принята на вооружение под маркой БМП-1. Эта машина поступила на вооружение мотострелковых частей, а Воздушно-десантные войска ждали своей машины еще три года.

Принятая на вооружение в 1969 году боевая машина десанта [БМД-1](#) значительно улучшила боевые возможности воздушно-десантных войск (рисунок 1.5).

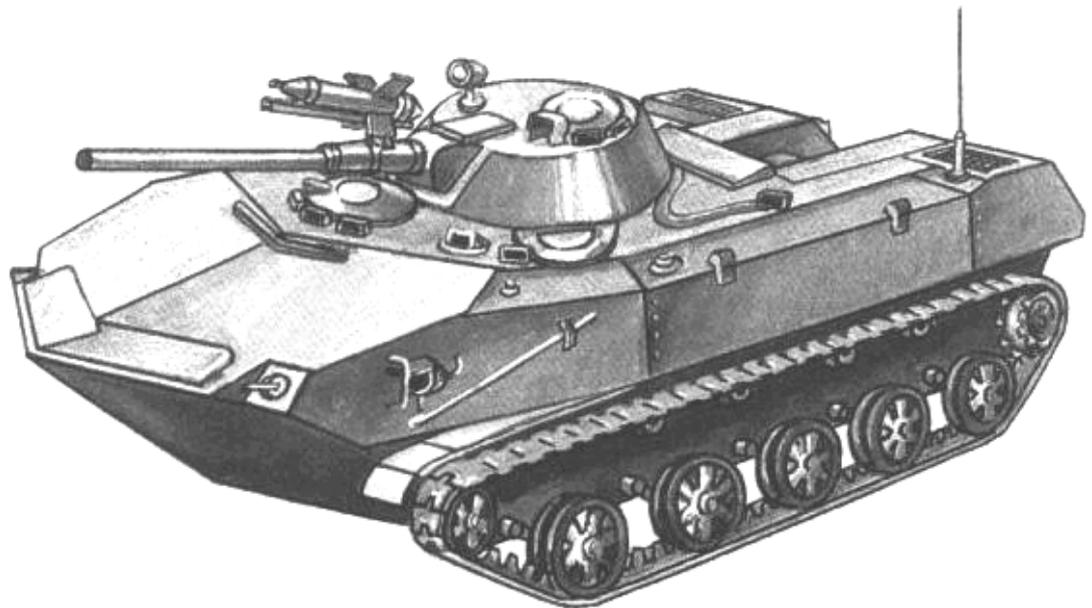


Рисунок 1.5 – Боевая машина десанта БМД-1

Разработанная в конструкторском бюро И. В. Гавалова, а с 1970 года под руководством А. В. Шабалина (г. Волгоград), она впитала в себя лучшие конструктивные решения предыдущих машин – гидропневматическую подвеску и два водометных движителя, удачное размещение десантного отделения из 7 человек, корпус из высокопрочного алюминиевого сплава обеспечивал защиту от пуль и осколков при минимальной массе 7 200 кг. В качестве вооружения машины применялись 73-мм гладкоствольное орудие 2А28, спаренный 7,62-мм [ПКТ](#), три [ПТУР](#) «Малютка», управляемые по проводам, два курсовых 7,62-мм ПКТ и стрелковое оружие десантников. Установленный дизель 5Д20-240 мощностью 177 кВт (240 л. с.) позволял развивать машине 61 км/ч на суше и 9–10 км/ч на плаву, имея запас хода 400–500 км в зависимости от условий движения. Гидропневматическая подвеска позволяла иметь не только допустимые показатели плав-

ности хода, но и обеспечивала изменение положения корпуса машины относительно опорных катков, что очень важно с точки зрения уменьшения габаритов машины, маскировки ее на поле боя (минимальный дорожный просвет), увеличения проходимости (максимальный дорожный просвет), восприятия ударов при десантировании машины. Принятие на вооружение [БМД-1](#) означало появление второго поколения боевых гусеничных машин [ВДВ](#).

1.2 Классификация и анализ боевых качеств бронетанкового вооружения Российской армии

Бронетанковое вооружение и техника в Вооруженных силах Российской Федерации делится по назначению на объекты для ведения боевых действий (вооружение) и на объекты для технического обеспечения боевых действий вооружения (техника).

К бронетанковому вооружению относятся:

- танки;
- боевые машины пехоты ([БМП](#));
- боевые машины десанта ([БМД](#));
- бронетранспортеры ([БТР](#));
- боевые разведывательные машины ([БРМ](#));
- боевые разведывательно-дозорные машины ([БРДМ](#)).

К бронетанковой технике относятся:

- бронированные ремонтно-эвакуационные машины ([БРЭМ](#));
- машины технической помощи ([МТП](#));
- тягачи и краны на базе танков;
- танкоремонтные мастерские;
- базы под монтаж вооружения и техники.

Под видом вооружения понимается частная совокупность образцов вооружения, обладающая определенной общностью и существенными качественными отличиями по основному предназначению и сочетанию боевых свойств. В каждом виде могут иметь место определенные различия по решаемым боевым задачам и в конструктивном оформлении образцов. Над этими различиями доминирует общее боевое предназначение.

Рассмотрим определения основных видов бронетанкового вооружения и техники.

Основной боевой танк – боевая бронированная самоходная машина, предназначенная для поражения огнем прямой наводки с места и с ходу различных целей на поле боя в условиях организованного огневого противодействия противника, подвижное и защищенное огневое средство ближ-

него боя, реализующее принцип «вижу – стреляю», находясь под огнем практически всех средств, имеющихся у противника, в том числе ведущих огонь прямой наводкой. Такие машины служат основной системой оружия танковых и других бронетанковых формирований Сухопутных войск.

В современном понимании танк – это основной боевой танк. Остальные боевые машины имеют более узкое целевое назначение, их названия употребляются с пояснительными словами. Например, легкий танк.

Основные боевые танки мира: Т-72, Т-80, Т-90 – Россия, М-1А1 «Абрамс» – США, Леопард-2 – Германия, АМХ-48 «Леклерк» – Франция, «Челенджер» – Великобритания.

Легкий танк – многоцелевая легкая, иногда плавающая, боевая, бронированная машина, с пушечным (ракетно-артиллерийским) вооружением и экипажем три-четыре человека, предназначенная для осуществления стремительных рейдов в тыл противника, прикрытия флангов, борьбы с десантами и разведывательно-диверсионными группами противника, ведения боевых действий в полосе обеспечения, разведки и др.

В мировом танкостроении внимание к созданию и развитию легкого танка заметно возросло в связи с формированием мобильных войск, обладающих повышенной стратегической подвижностью – так называемых сил быстрого развертывания.

Легкие танки мира: ПТ-76Б – Россия, М551 «Шеридан» – США, АМХ-13 – Франция, «Скорпион» – Великобритания.

Самоходное артиллерийское орудие – боевая машина наземной артиллерии, преимущественно гусеничная, предназначенная для огневого поражения противника. Орудия средних калибров (до 152 мм) монтируются во вращающихся башнях с круговым обстрелом.

Боевая машина пехоты (БМП) – боевое и транспортное средство мотострелкового отделения (парашютно-десантного отделения – [БМД](#)). БМП позволяет повысить маневренность, огневую мощь и защищенность личного состава от поражающих факторов ОМП и ОСП, а при благоприятных условиях вести бой без спешивания, обеспечивая более тесное взаимодействие с танками.

Боевые машины пехоты мира: БМП-2, БМП-3 – Россия, БМП «Мардер» – Германия, БМП М2 «Брэдли» – США.

Боевая машина десанта (БМД) – бронированная, плавающая, десантируемая парашютным или парашютно-реактивным способом, гусеничная машина парашютно-десантного отделения, предназначенная для передвижения и ведения боя, в отдельных случаях без спешивания.

Бронетранспортер – транспортное средство мотострелкового отделения. Бронированная, колесная или гусеничная машина, предназначенная

для доставки мотострелков к полю бою и для огневой поддержки. Кроме того, используется для ведения разведки, охраны войск и патрулирования.

Бронетранспортеры мира: БТР-80, БТР-80А, БТР-90 – Россия, БТР TPZ-1 «Фукс» – Германия; гусеничные – [БТР-Д](#) – Россия, M113 – США.

1.2.1 Боевые свойства и характеристики

Огневая мощь – под ней принято понимать способность бронеобъекта поражать огнем прямой наводкой противостоящие средства противника.

Огневые возможности, с технической точки зрения, определяются в основном количеством и качеством установленного на бронеобъекте вооружения и обслуживающих его систем.

Работы специалистов в данной области направлены на совершенствование вооружения, боеприпасов, систем управления огнем, улучшение условий наблюдения и преследуют следующие цели: увеличение дальности и точности стрельбы, повышение действия могущества боеприпасов, сокращение времени на подготовку первого и последующего выстрелов.

Защищенность – свойство бронеобъекта сохранять свою боеспособность под огнем противника, то есть противостоять воздействию средств поражения, обеспечивая возможность экипажам выполнять возлагаемые на них задачи.

Для улучшения защитных свойств бронеобъекта используется много способов, наиболее распространенными из них являются: улучшение маскировочных свойств путем уменьшения силуэта или использования камуфлирующих окрасок, совершенствованием состава брони, увеличением огневой мощи.

Подвижность – свойство бронеобъекта перемещаться на местности вне и под огнем воздействием противника. Определяется его быстротой, проходимость, поворотливостью и запасом хода по топливу.

Достигается высокая быстротой установки мощного двигателя и экономичной трансмиссии с сервоприводами управления, применением энергоемкой подвески с эффективными амортизаторами.

Для улучшения проходимости [БМ](#) при компоновке стремятся снизить центр тяжести машины, а также увеличить опорную поверхность гусениц для уменьшения удельного давления на грунт.

Удовлетворительная проходимость основных танков по песку, снегу и слабым грунтам обеспечивается лишь при $q = 0,83 \text{ кгс/см}^2$.

Для преодоления искусственных препятствий в виде эскарпов и стенок выше располагают направляющие колеса $H = 0,8$, для прохода через надолбы и тетраэдры увеличивают дорожный просвет машины до 0,4 м.

Поворот боевой машины облегчается с уменьшением поворотного отношения L (длина опорной поверхности) к B (ширина колеи), величина его у современных **БМ** находится в пределах 1,45–1,65.

Для увеличения запаса хода БМ конструкторы предпочитают наиболее экономичные двигатели с малыми удельными расходами топлива и размещение большого запаса возимого топлива в бронированных баках, в наружных бачках, постоянно включенных в систему питания, и в запасных съемных бочках.

Оперативная подвижность и большая глубина боевых действий парашютно-десантных частей обеспечиваются выбором износостойких узлов ходовой части с большим запасом хода без замены гусениц, большим межремонтным пробегом, применением многотопливных двигателей, допускающих движение машин на различном (в том числе трофейном) топливе.

Различные образцы **БТВТ** и даже одинаковые по назначению машины могут существенно отличаться по своим боевым свойствам. Провести их сравнение позволяет боевая и техническая характеристика, являющаяся систематизированным перечнем основных параметров боевых машин.

В боевую и техническую характеристику включаются:

- общие данные (боевая масса, габаритные размеры и т.д.);
- вооружение;
- защита (броневая и специальная);
- подвижность;
- проходимость;
- характеристика основных агрегатов, механизмов, спецоборудования.

Боевая масса – масса (в кг или т) полностью укомплектованной **БМ** и загруженной боеприпасами, заправленной ГСМ (боевая масса российского танка Т-80 колеблется между 46–48 тоннами, английского танка «Челленджер» – между 60–62 тоннами).

Экипаж – количество личного состава, размещенного в машине и участвующего в использовании ее боевых и технических возможностей. Для танков экипаж обычно 3–4 человека, для **БМД**, БТР, БРМ – 3–14 человек.

Габаритные размеры – длина, ширина, высота машины (в мм) как по корпусу, так и с учетом размеров пушки и других элементов машины (немецкий танк времен Великой Отечественной войны «Пантера» имел высоту 3 м, советский танк Т-34-76 – на 60 см ниже).

Вооружение – основные данные пушки, пулеметов, ракетного вооружения, такие как калибр, начальная скорость снаряда, бронепробиваемость, максимальная дальность поражения (на российском танке Т-80 установлена пушка – пусковая установка, способная поражать бронетанки на расстоянии свыше 5 км, на зарубежных этого нет).

Подвижность – характеризуется максимальной скоростью по шоссе, средней скоростью движения по пересеченной местности, а также запасом хода по топливу. Особое значение на поле боя имеет средняя скорость, которая зависит от мощности двигателя и совершенства трансмиссии и ходовой части (средняя скорость БМД-1 на местности 28–32 км/ч, БМД-3 – 43–48 км/ч; у первой – механическая, у второй – гидромеханическая трансмиссия).

Проездимость – определяется удельным весом на грунт, размерами преодолеваемых препятствий и величиной дорожного просвета (среднее удельное давление немецкого танка «Тигр» превышало 1 кгс/см², в то же время удельное давление у БМД около 0,5 кгс/см²).

В боевой и технической характеристике могут быть уточняющие данные о двигателе, обеспечивающих его работу, агрегатах трансмиссии (таблица 1.1).

Т а б л и ц а 1.1 – Боевая и техническая характеристика бронетанкового вооружения ВС РФ

Обозначение, наименование образца, год принятия на вооружение	Боевая масса, т Экипаж, чел.	Габариты (высота, длина, ширина), м	Калибр оружия, пушки, пулеметов, мм	Боекомплект выстрелов, патронов	Мощность двигателя, л. с.	Макс. скорость, км/ч Запас хода, км
ОБТ Т-72А (1979)	44,5 3	2,26x9,52x x3,37	125 мм ГСП-ПУ 7,62 мм, 12,7 мм	44 ЗУР, 2 000–300	840	60 500
ОБТ Т-90 (1989)	46,5 3	2,23x9,52x x3,37	125 мм ГСП-ПУ 7,62 мм, 12,7 мм	43,3 УР, 2 000–300	840	60 500
ОБТ Т-80У (1985)	46 3	2,2x9,65x x3,58	125 мм ГСП-ПУ 7,62 мм, 12,7 мм	45,3 УР, 2 000–300	1250	70 400

Продолжение таблицы 1.1

Обозначение, наименование образца, год принятия на вооружение	Боевая масса, т Экипаж, чел.	Габариты (высота, длина, ширина), м	Калибр оружия, пушки, пулеметов, мм	Боекомплект выстрелов, патронов	Мощность двигателя, л. с.	Макс. скорость, км/ч Запас хода, км
БМП-1 (1966)	13,6 3 + 7	2,30x6,73x x3,14	73 мм, ПУ ПТУР 7,62 мм	40,4 ПТУР, 2 400	300	65/7 плав 550
БМП-2 (1980)	13,8 3 + 8	2,05x7,20x x3,23	30 мм АП, ПУ ПТУР, 7,62 мм	500,4 ПТУР, 2 000	300	65/7 плав 550–600
БМП-3 (1987)	18,7 3 + 7	2,45x6,3x x2,8	100 мм НП, 30 мм АП, 7,62 мм, ПУ ПТУР	40, 750, 2 000, 6 ПТУР	450	70/10 плав 600
БТР-90 (1997)	129-21 2 + 10	2,24x5,1x x2,49	30 мм АП 7,62 мм, ПУ ПТУР	500, 2 000, 4 ПТУР	450	100/10 плав 800
БТР-80 (1986)	13,6 2 + 10	2,45x7,5x x2,9	14,5 мм, 7,62 мм	500, 2 000	260	90/9 плав 600

1.3 Боевые гусеничные машины ВДВ: прошлое, настоящее, будущее

Общеизвестно, что одна машина на поле боя не может решать всего комплекса боевых задач. Необходимо семейство машин боевых, боевого и технического обеспечения.

Уже с 1970 года на вооружение частей и подразделений [ВДВ](#) стала поступать командирская машина [БМД-1К](#), отличающаяся от предыдущей отсутствием левой пулеметной установки, но оборудованной второй радиостанцией и прибором радиационной и химической разведки ГО-27.

В 1978 году дальнейшие работы по совершенствованию БМД привели к появлению модернизированных БМД-1П и БМД-1ПК, которые отличаются от предыдущих образцов новым, более совершенным и дальнобойным, с полуавтоматическим управлением противотанковым комплексом «Фагот».

С 1985 года на вооружение частей стала поступать БМД-2 (рисунок 1.6) вооруженная 30-мм автоматической пушкой 2А42, стабилизированной в двух плоскостях. Боевая масса БМД-2 составляет 7 800 кг. Большие углы возвышения новой пушки, необходимость которых подсказал опыт боевых

действий в Афганистане, позволяют применять ее не только по наземным, но и по воздушным целям.

С 1976 г. в войска начал поступать бронетранспортер десанта БТР-Д (рисунок 1.7). Он отличается от [БМД-1](#) удлиненным корпусом, наличием шести, а не пяти опорных катков, отсутствием башни и орудия. [БТР-Д](#) способен перевозить 14 десантников, 4 раненых, по 1 400 кг боеприпасов и ГСМ. Боевая масса 8 000 кг.



Рисунок 1.6 – Боевая машина десанта БМД-2

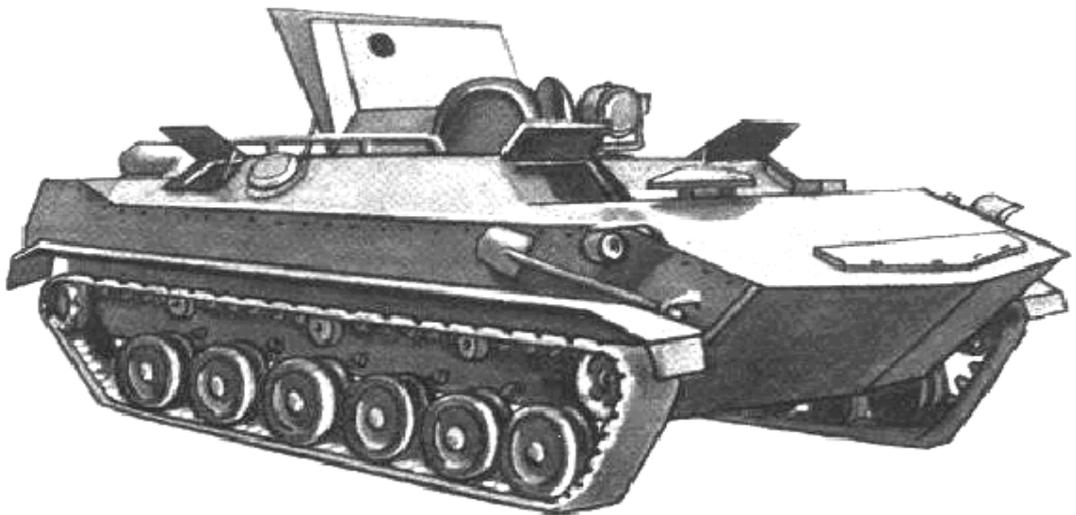


Рисунок 1.7 – Бронетранспортер десанта БТР-Д

БТР-Д стал базовым при разработке машин боевой массой 8 000 кг, предназначенных для выполнения специфических задач по управлению

подразделениями, боевому и техническому обеспечению. Это семейство включает машины управления, разведки, зенитные, артиллерии, противотанковые, ремонтно-эвакуационные и другие, то есть машины для всех родов войск и служб, которые сконцентрированы в Воздушно-десантных войсках.

Для управления подразделениями внутри воздушного десанта при ведении боевых действий в тылу противника в 1977 г. принята на вооружение [БМД-1КШ](#) «Сорока» на базе БТР-Д, имеющей в своем составе КВ, две УКВ радиостанции, комплект специальной аппаратуры, антенно-мачтовые устройства, агрегат автономного электропитания. Оборудование БМД-1КШ обеспечивает связь дальностью до 350 км в КВ диапазоне и до 75 км в УКВ диапазоне на стоянках и в движении. В 1978 г. [ВДВ](#) получили на этой же базе радиостанцию средней мощности Р-164 «Синица» с дальностью связи до 1 500 км по аналогии с сухопутной Р-160, размещенной на базе ЗИЛ-131, а в 1990 г. радиостанцию космической связи Р-440 БД «Космос».

На базе [БТР-Д](#) создано 120-мм самоходное артиллерийское орудие 2С9 «Нона» коллективами под руководством А. Г. Новожилова (Центральный НИИ точного машиностроения) и Ю. Н. Калачникова (Пермский машиностроительный завод). С 1981 г. [САО](#) 2С9 поступает на вооружение артиллерийских подразделений ВДВ. Это универсальная артиллерийская система, способная вести огонь как 120-мм осколочно-фугасными минами на дальность до 7 100 м, так и осколочно-фугасным снарядом (8 800 м), осколочно-фугасным активно-реактивным снарядом (свыше 13 000 м). Система оказалась очень удачной и в дальнейшем использовалась для Сухопутных войск на базе БТР-80.

Практически одновременно с САО 2С9 артиллерийские подразделения стали оснащаться пунктами разведки и управления огнем артиллерии 1В119 «Реостат». Пункт оборудован на базе САО 2С9 и позволяет определять цели квантовым дальномером от 200 до 8 000 м с максимальной ошибкой не более 10 м или радиолокационной станцией на дальностях до 10 000 м со средней ошибкой не более 25 м. Оборудование 1В119 при топопривязке определяет координаты со средней ошибкой не более 20 м при совершении марша до 5 000 м или не более 0,45 % от пути при марше 5 000–10 000 м. Боевая масса 1В119, как и САО 2С9, 8 000 кг. Орудие и пункт управления десантируются парашютным способом.

Кроме вышеперечисленных образцов БТР-Д явился базой для размещения противотанковых комплексов – БТР-РД «Робот» (1984) и для перевозки расчетов зенитно-ракетных комплексов БТР-3Д «Скрежет» (1985).

БТР-РД имеет две пусковые установки и укладку для транспортировки 24 [ПТУР](#) (12 шт. «Конкурс» и 12 шт. «Фагот»), состоит на вооружении противотанковых батарей частей [ВДВ](#).

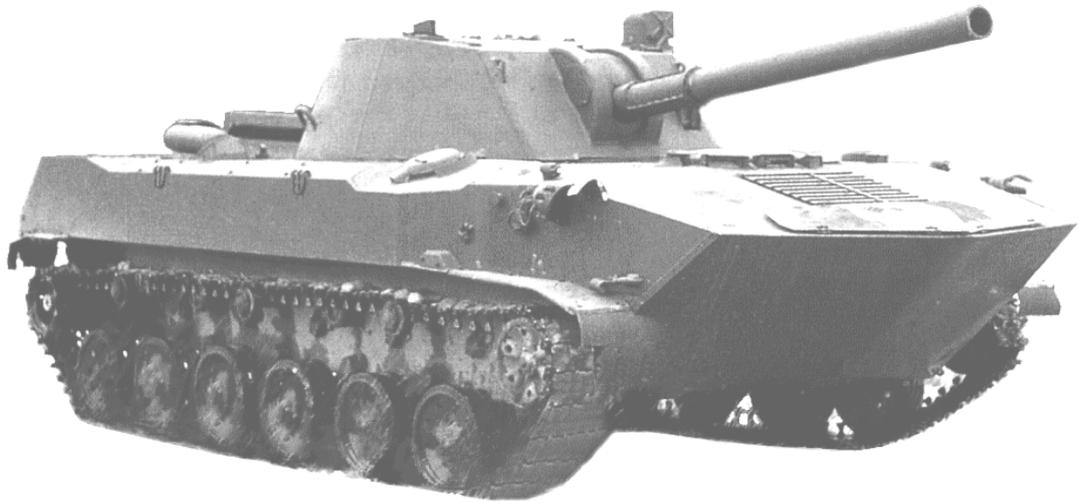


Рисунок 1.8 – Самоходное артиллерийское орудие 2С9

БТР-3Д оборудован боеукладкой под 24 зенитные ракеты «Стрела-2М» или «Игла», состоит на вооружении зенитных батарей.

Подразделения технического обеспечения ВДВ получили бронированную ремонтно-эвакуационную машину БРЭМ-Д в 1985 г. Машина оборудована тяговой лебедкой с комплектом такелажного оборудования, кран-стрелой, пневмосверлильным и электрошлифовальным инструментом, электро- и газосварочным оборудованием, буксирным устройством, ремонтным комплектом.

К концу 70-х гг. возможности модернизации [БМД-1](#), БТР-Д, учитывая их грузоподъемность, по размещению более мощных комплексов оружия и специального оборудования до 1 400 кг практически исчерпалось. Необходимо было новое шасси, причем обязательно большей грузоподъемности. В это время в КБ генерального конструктора А. В. Шабалина разрабатываются опытные образцы колесно-гусеничной машины 930, которая учитывала недостатки предыдущего образца 910, но до конца их так и не устранила. Разработанный здесь же образец легкого плавающего танка ПТ-100 (об-934), конечно, по боевым возможностям превосходил БМД.

Разработанный здесь же образец легкого плавающего танка ПТ-100 (образец 934), конечно, по боевым возможностям превосходил БМД.



Рисунок 1.9 – Боевая машина десанта БМД-3

Однако к этому времени танки со 100-мм орудием уже практически в войсках находились лишь на базах хранения. Основными стали танки со 125-мм орудием. Поэтому, если уже создавать новый образец для [ВДВ](#) с учетом будущего, необходима была база с возможностью размещения именно такого комплекса оружия, что давало возможность применять единые с танками выстрелы, что значительно повышало огневую мощь десанта.

Начало нового семейства машин ВДВ третьего поколения заложила принятая на вооружение в 1989 году [БМД-3](#) «Бахча» (рисунок 1.9), в которой воплощены последние достижения отечественного танкостроения. Боевая масса машины 12 500 кг, двигатель 2В-06-2 мощностью 284 кВт (450 л. с.) позволяет развивать максимальную скорость 70 км/ч. Наибольшая средняя скорость среди гусеничных машин до 50 км/ч обеспечивается высокой удельной мощностью 36 л. с./т, гидромеханической трансмиссией с гидрообъемной передачей в механизме поворота с гидроприводами управления, гидropневматической подвеской и наилучшими эргономическими показателями для всего расчета. БМД-3 десантируется из самолетов [ВТА](#) парашютным способом с боевым расчетом внутри корпуса машины, что позволяет уменьшить время подготовки воздушного десанта к организации боя после приземления. Машина вооружена 30-мм автоматической пушкой 2А42, спаренным 7,62-мм пулеметом [ПКТ](#), [ПТУР](#) «Фагот», курсо-

вым гранатометом АГ-17 и пулеметом РПКС-74, а также оружием десантников.

Шасси данной машины позволяет быть базовым для установки мощных современных комплексов оружия как противотанкового, так и зенитного, а также для других машин боевого и технического обеспечения.

На базе шасси [БМД-3](#) создано 125-мм самоходное артиллерийское орудие 2С25 для подразделений артиллерии воздушно-десантных войск (рисунок 1.10).



Рисунок 1.10 – Самоходное артиллерийское орудие 2С25 «Спрут»

Практически во всех странах мира ведутся интенсивные работы по совершенствованию существующих и созданию новых легких боевых машин на основе последних технологических достижений.



Рисунок 1.11 – Боевая машина десанта БМД-4

Результатом работы российских учёных стало создание современного, комплекса вооружения, отвечающей возросшим требованиям к современному бронетанковому вооружению.

В 2004 году была принята на вооружение воздушно-десантных войск [БМД-4](#) (рисунок 1.11) с унифицированным боевым отделением, предназначенным для использования на шасси БМД-3, [БМП-3](#), БТР-90 «Росток».

В состав вооружения в едином блоке входит: 100-мм пусковая установка (ОПУ) 2А70, 30-мм пушка 2А72, 7,62-мм пулемёт Калашникова танковый (ПКТМ) с комбинированным дневно-ночным прицелом с тепло- и телевизионными дальномерными каналами. Боевое отделение оснащено цифровым баллистическим вычислителем, системой измерения координат, навигационной спутниковой аппаратурой.

1.4 Назначение, боевая и техническая характеристики боевых гусеничных машин ВДВ

Боевая машина десанта (БМД) предназначена для ведения боевых действий в тылу противника парашютно-десантным отделением. Она может десантироваться на ПРС и МКС с самолетов Ан-22, Ил-76. В зависимости от обстановки, десантники могут вести боевые действия в БМД с использованием личного оружия или в пеших порядках, под прикрытием огня стационарного вооружения машины.

Для улучшения маскировочных свойств на поле боя и повышения проходимости на БМД установлена система изменения дорожного просвета (расстояние между днищем машины и грунтом).

Т а б л и ц а 1.2 – Боевая и техническая характеристика боевых машин десанта

Параметры характеристики	БМД-1п	БМД-2	БМД-3	БМД-4
Тип	Бронированная, гусеничная, плавающая, десантируемая			
Боевая масса, т	7,6	7,8	12,9	13,6
Экипаж + десант, чел.	3 + 4	3 + 4	2 + 5	2 + 5
Калибр пушки, мм	73	30	30	100 и 30
ПТ комплекс	9К111	9К111	9К111	9М117
Калибр АГС, мм	–	–	30	–
Количество 7,62-мм ПКТ	2	1	1 (РПКС)	1 (ПКТМ)
Количество выстрелов из пушки, шт.	40	300	500	100-мм – 34 30-мм – 464
ПТУР , шт.	3	4	4	4

Продолжение таблицы 1.2

Параметры характеристик	БМД-1п	БМД-2	БМД-3	БМД-4
Патрон к ПКТ	4 000	3 000	2 000	2 000
Броня	Противопуль-ная	Противопуль-ная	Противопуль-ная	Противопуль-ная
Система ППО	Автомат.	Автомат.	Автомат.	Автомат.
Мощность двигателя, л. с.	240	240	400	450
Скорость движения, км/ч:				
- по шоссе	61	61	70	70
- по грунту	28–36	28–36	42–56	45–50
- по воде	10	10	10	10
Запас хода по топливу, км:				
- по шоссе	500	500	500	500
- по грунту	350	350	350	350
- по воде	120	120	120	120
Удельное давление на грунт, кгс/см ²	0,51	0,52	0,49	0,55

В послевоенный период было принято решение о создании для десантников специальных боевых машин.

Широкое распространение в парашютно-десантных частях и подразделениях получил бронетранспортер БТР-Д. Конструктивно от [БМД](#) его отличает отсутствие башни, более удлиненный корпус и наличие в ходовой части шестого опорного катка по каждому борту. [БТР-Д](#) используется в качестве транспортного средства, он способен перевезти 14 десантников или 4 раненых или 1,4 т груза.

БТР-Д является базовой машиной для семейства боевых машин Воздушно-десантных войск, предназначенных и соответственно оборудованных, для выполнения специфических задач по управлению частями и подразделениями, по боевому или техническому обеспечению при выполнении задач в тылу противника. Это семейство включает машины: управления, связи, разведки, противотанковые, артиллерии, ремонтно-эвакуационные и другие.

Боевая и техническая характеристика современных боевых гусеничных машин [ВДВ](#) показаны в таблице 1.2.

В современных броневых машинах принимаются меры к совершенствованию уровня защищенности за счет снижения силуэта, камуфляжной окраски, применения дымовых гранат и т.д. При этом обеспечивается маскировка не только в визуальном, но и в тепловом режиме.

1. 5 Компоновка боевых машин. Общее устройство БМД

Компоновкой боевой машины (БМ) называется взаимное размещение в бронированном объеме машины отделений и рабочих мест экипажа, расположение вооружения, силовой установки, агрегатов, механизмов и систем.

Общая компоновка **БМ** характеризует число и взаимное положение отделений, размещение экипажа, конструкцию корпуса и башни. Частные компоновки уточняют устройство каждого отделения и ходовой части боевой машины.

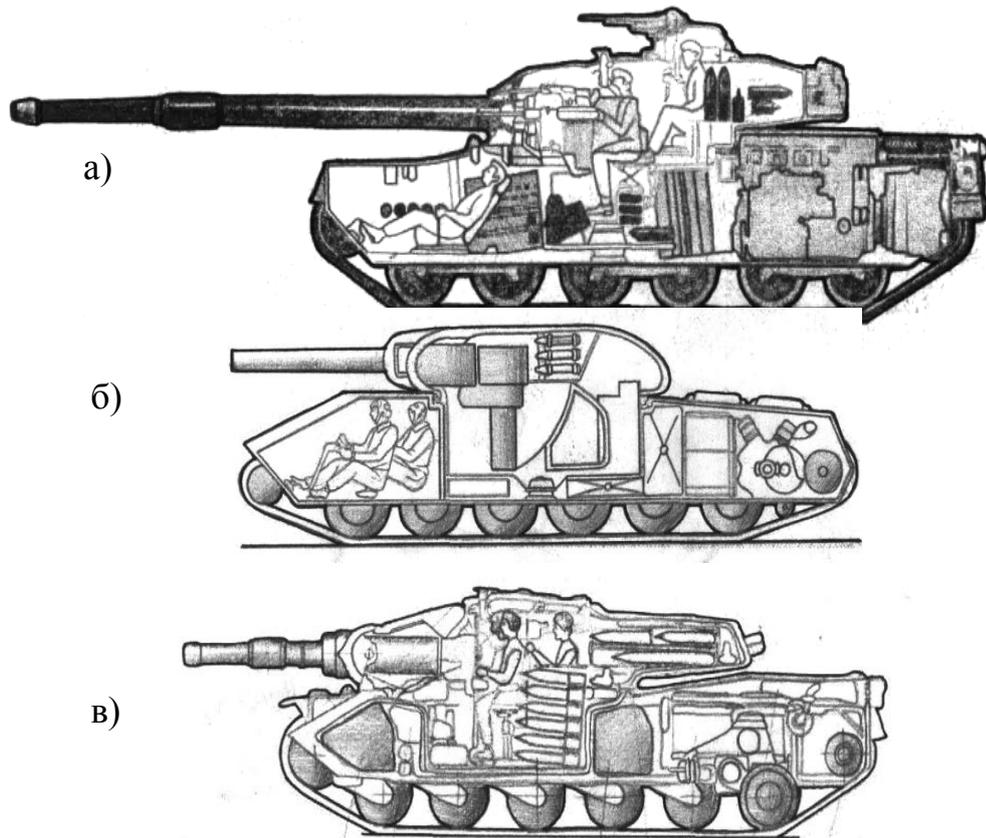
По численности и размещению экипажа в танке различают три основные компоновки (рисунок 1.12):

- 1) с разобщенным экипажем, когда водитель расположен в корпусе, а остальные члены экипажа (два или три человека) в башне;
- 2) с экипажем обычно сокращенной (до трех человек) численности, полностью размещенным в корпусе;
- 3) с сокращенным экипажем (включая и водителя), целиком размещенным в башне.

Первая, наиболее распространенная компоновка, знакомая читателям по большинству современных танков, характерна рациональным с точки зрения выполняемых боевых функций размещением членов экипажа. Командир танка, находясь в верхней части башни, получает возможность кругового наблюдения за полем боя. Наводчик и заряжающий (или один наводчик в **БМД-1**, **БМД-2**, **БМП-1**) располагаются непосредственно у обслуживаемого ими орудия. Водитель из носовой части корпуса хорошо видит дорогу и управляет двигателем и трансмиссией с помощью сравнительно простых приводов управления.

Недостаток БМ – чрезмерная высота, вызванная расположением наводчика в башне и ее громоздкость.

Компоновка с размещением экипажа в корпусе неизбежна для безбашенных БМ и танков полубашенных – с уменьшенными башнями, вмещающими лишь казенную часть пушки.



а – с разделенным экипажем; б – с экипажем, размещенным в корпусе;
в – с экипажем, размещенным в башне

Рисунок 1.12 – Компоновки современных БГМ по первому признаку

Наиболее интересный вариант полубашенной **БМ** – с водителем, размещенным на носу корпуса, с командиром и наводчиком, размещенными под башней, но в пределах высоты корпуса. Уменьшение площади фронтального силуэта такой БМ уменьшает вероятность обнаружения ее на поле боя и снижает вероятность попадания снарядом в башню. Экономия брони за счет резкого уменьшения размеров башни создает резерв для повышения огневой мощи, усиления броневой защиты корпуса или улучшения подвижности. Облегчается специальная защита экипажа, сосредоточенного в корпусе. Рациональным, как в первой компоновочной схеме, оказывается размещение каждого члена экипажа.

К недостаткам специалисты относят: необходимость автоматического заряжания пушки, так как место для работающего стоя заряжающего вообще отсутствует; потребность в большой перископичности смотрового прибора командира с круговым наблюдением за полем боя; дефицит внутреннего бронированного объема, практически ограниченного только объемом корпуса.

Третья компоновочная схема с размещением всего экипажа в башне разрабатывалась в опытном германо-американском танке МВТ-70, но до

настоящего времени практического использования не было. Кабина водителя подвешена к крыше башни на миниатюрной шариковой опоре. Шестерня кабины четным числом полюсов сцепляется с центральной шестерней, жестко закрепленной на днище танка. Вращение башни при этом вызывает переносное движение кабины без ее поворотов относительно корпуса танка. Электрогидравлический привод соединяет органы управления в кабине с двигателем и трансмиссией, размещенными в корпусе. Перемещение водителя из корпуса в башню снимает ограничение высоты корпуса и при низкой силовой установке позволяет снизить корпус и весь танк в целом. Уменьшение высоты корпуса дает наибольшую экономию броневой стали, создавая условия для улучшения защиты свойств танка.

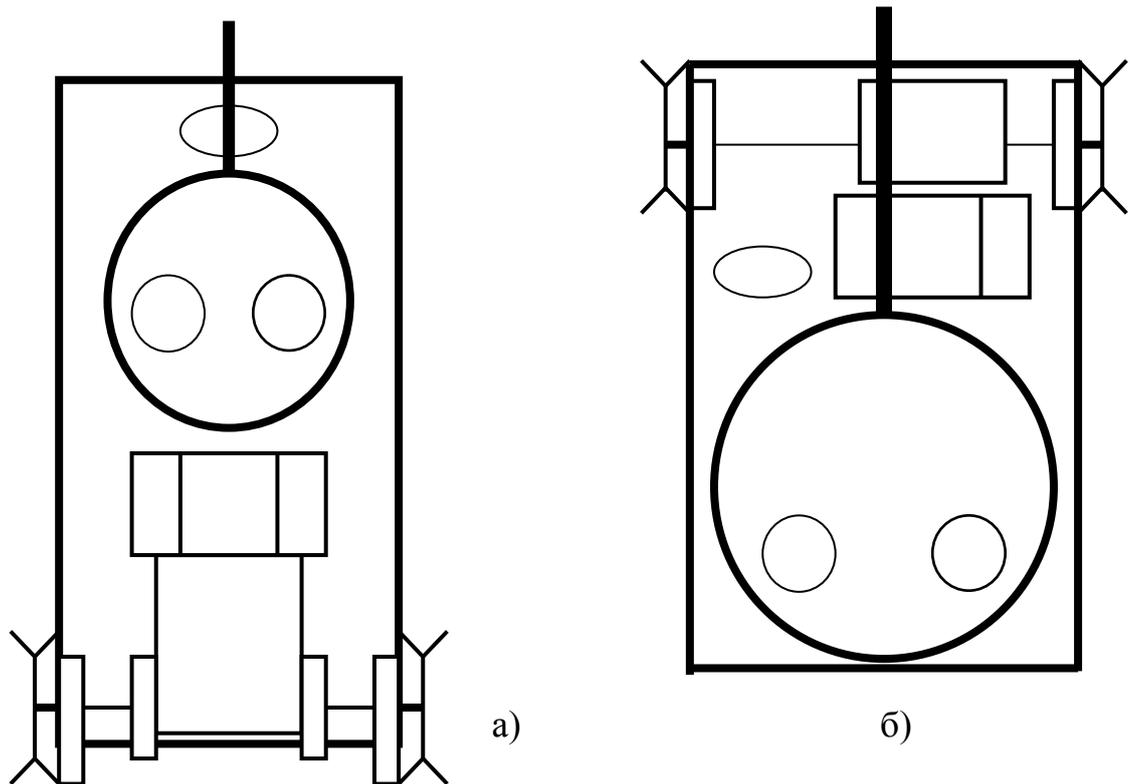
Достоинства:

- размещение водителя в кабине, вращающейся относительно башни, допускает поворот кабины к корме корпуса и удобное наблюдение за дорогой при движении машины задним ходом;
- облегчаются биологическая защита, взаимопомощь и взаимозаменяемость членов экипажа, улучшается их психическое состояние.

К недостаткам третьей компоновочной схемы относят громоздкость башни и сложность конструкции приводов управления. Изменение положения водителя относительно корпуса затрудняет вождение танка, к тому же при некоторых углах поворота башни смотровой прибор командира оказывается перед прибором водителя, лишая его возможности наблюдения за дорогой.

По положению трансмиссионного отделения различают две основные общие компоновки: с носовым и кормовым расположением трансмиссии (рисунок 1.13).

Компоновка с носовым расположением трансмиссии, ввиду некоторых ее преимуществ, широко применяется на израильских танках «Меркава», аргентинских «ТАМ», шведских «STRV-103», а также на советских [БМП](#) и [САО](#). Совмещение отделения управления с трансмиссионным отделением сокращало общее число изолированных отделений в корпусе БМ, способствовало уменьшению длины, позволяло увеличить объем боевого отделения. Облегчалось размещение боевого отделения с тяжелой башней в центре корпуса и оставалось место на подбашенном листе корпуса для люка-лаза водителя.



а – с задним расположением моторно-трансмиссионного отделения;
 б – с передним расположением моторно-трансмиссионного отделения

Рисунок 1.13 – Компоновки современных БГМ по 2-му признаку

Простой была конструкция приводов управления, удобным обслуживанием агрегатов трансмиссии.

Основной недостаток состоял в увеличении общей высоты машины. Большая высота агрегатов трансмиссии затрудняла получение снарядостойкой формы носовой части с большими углами наклона броневых листов. Высока опасность поражения впереди расположенных бортовых редукторов и ведущих колес. Большая длина нагруженной тяговым усилием гусеницы снижает КПД гусеничного движителя и ускоряет ее износ. Сложно осуществить охлаждение трансмиссии, недостаточно комфортны условия обитаемости экипажа, особенно в летних условиях.

Кормовое расположение трансмиссии издавна является характерной особенностью компоновки советских танков, в послевоенные годы ему отдают предпочтение и за рубежом. Особенности, отмеченные как недостатки предыдущей компоновки, для кормового расположения трансмиссии являются преимуществами.

Сзади расположенные бортовые редукторы и ведущие колеса менее подвержены боевым поражениям. Тяговым усилием двигателя нагружена

лишь задняя наклонная ветвь гусеницы, что создает предпосылки повышения КПД и снижения износа гусеничных шарниров. Трансмиссия охлаждается за счет обдува агрегатов воздухом системы охлаждения двигателя. Условия обитаемости танка заметно улучшаются благодаря изоляции экипажа от агрегатов трансмиссии и двигателя герметичной моторной перегородкой. Монтаж и демонтаж значительно облегчаются за счет съемной установки броневых листов крыши моторно-трансмиссионного отделения.

Недостаток компоновки с кормовым расположением трансмиссии состоит в увеличенной длине танка из-за размещения в его корпусе четырех не совмещенных по длине отделений или в сокращении объема боевого отделения при постоянной длине машины.

Одним из главных направлений развития конструкции основных танков является разработка новых, более рациональных компоновочных схем. Для состоящих на вооружении танков считается традиционной компоновка с размещением основного вооружения во вращающейся башне, моторно-трансмиссионного отделения – в корме, а экипажа отдельно: механика-водитель в корпусе, командира танка, наводчика и заряжающего – в башне. Такую компоновку принято называть **классической** (прототип – французский танк «Рено»).

Описанной схеме наряду с достоинствами, которые обуславливают ее широкое распространение, присущи и недостатки. Прежде всего, это высокий силуэт машины, большие размеры башни, проблемы создания надежной защиты.

При поиске новых компоновочных решений конструкторы стремятся всеми способами уменьшить бронированный объем танка, особенно его обитаемых отделений, поскольку именно эти области приходится защищать наиболее толстой и тяжелой броней.

Поэтому в качестве альтернативы часто рассматривают схемы безбашенных танков с размещением основного вооружения в корпусе или выносом его из бронированного пространства.

Достоинством компоновки с выносом вооружения на вращающийся лафет является отсутствие громоздкой и тяжелой башни, компактное размещение экипажа в корпусе, вследствие чего повышается защищенность боевого отделения и, следовательно, всей машины. За счет сокращения экипажа до трех человек и ликвидации башни экономия веса составляет около пяти тонн, которые можно использовать для усиления защиты корпуса.

Заслуживают внимание следующие компоновочные схемы танка будущего.

Первый вариант не имеет башни. Танковая пушка, заряжаемая с помощью автомата, устанавливается на вращающемся лафете. Фронтальная часть корпуса имеет ДЗ и бронезащиту, за которой размещены секционные топливные баки, входящие в систему защиты. Далее расположена двигательная установка, за которой размещается экипаж из двух человек и автомат стрельбы. Затем следует боезапас и автомат заряжания.

Такая компоновка резко повышает выживаемость экипажа. Командир обнаруживает цели и передает данные в автомат стрельбы, с помощью которого осуществляется процесс обстрела. В свою очередь, автомат стрельбы связан со специальной информационно-управляющей системой, которая освобождает экипаж от ряда задач управления и контроля. Вторым членом экипажа выполняет одновременно функции водителя и связиста. Отдельные функции по управлению танком и по стрельбе могут выполняться любым членом экипажа. За счет сокращения экипажа до двух человек и ликвидации башни экономия массы составит для современного танка 10 т, которые можно использовать для усиления защиты корпуса.

Еще более привлекательна компоновочная схема, где вместо танковой пушки размещается пусковая установка для стрельбы танковыми управляемыми ракетами. Перед стрельбой эта установка через специальный люк автоматически выдвигается в кормовой части танка. Такая компоновочная схема, с одной стороны, позволяет использовать массу, принадлежащую на башню и танковую пушку, для проведения мероприятий по защите крыши танка, с другой стороны – повысить точность стрельбы за счет применения управляемых ракет. В этом варианте экономия массы может достигнуть 15 т, что даст возможность резко повысить защищенность танка. Предварительные оценки свидетельствуют о том, что безбашенная компоновочная схема с пусковой установкой [ПТУР](#) позволит повысить выживаемость танка на 30 %.

1.5.1 Особенности компоновки боевых гусеничных машин ВДВ

При создании нового образца по заданным научно-обоснованным тактико-техническим требованиям его общая компоновка является наиболее ответственным этапом, определяющим массу, размеры и косвенно стоимость изделия, в рамках которой может быть реализован конструктивно заданный требованиями уровень отдельных боевых свойств и боевой эффективности машины в целом.

Транспортирование объектов бронетанкового вооружения [ВДВ](#) самолетами при выполнении боевых задач диктует необходимость сочетания, согласованности конструкции самолета и боевых машин ВДВ. Само-

леты военно-транспортной авиации, как правило, многоцелевого назначения по перевозимым грузам, при их проектировании накладываются значительно больше ограничений, чем на машины ВДВ. Поэтому в системе «транспортное средство – перевозимые грузы» самолеты занимают решающее значение. Специфические требования к машинам [ВДВ](#), взаимосвязанные с конструкциями самолетов по габаритам, массе, скорости погрузки в самолет, укреплению, разгрузке или десантированию оказываются решающими при выборе общей конструкции боевых машин десанта. Таким образом, решение задачи проектирования семейства машин ВДВ, их компоновки определяются во многом тем, чтобы затраты на разработку, подготовку производства и боевое использование системы «транспортное средство – перевозимые грузы» были минимальными.

Другим важным элементом, накладывающим ограничения на компоновку боевых машин десанта, является ограниченная возможность десантирования запасных частей с подразделениями десанта в тыл противника. Данное требование выявляет необходимость унификации по всему семейству, используемых десантом машин. Только рациональное сокращение типов, деталей, узлов и агрегатов, используемых на всех машинах семейства, позволяет иметь меньшее количество запасных частей, используемых для восстановления этих машин.

С другой стороны, с некоторого этапа боевого использования десанта, действующего в отрыве от своих тыловых подразделений, он полностью взаимодействует с подразделениями Сухопутных войск. Возникает необходимость унификации боевых машин десанта с боевыми машинами Сухопутных войск. Конечно, логичным было бы использование единых боевых машин. Однако специфические требования к машинам ВДВ ограничивают эту возможность. В этих условиях унификация объектов ВДВ с аналогичными машинами Сухопутных войск должна проводиться не на уровне объектов, а на уровне систем, агрегатов, узлов. При этом в первую очередь должно унифицироваться то, что определяет возможность продолжения боевых действий частями и подразделениями ВДВ, – боеприпасы, горюче-смазочные материалы, элементы систем вооружения, двигателей, агрегатов трансмиссии и ходовой части.

С учетом ограничений на массу бронетанкового вооружения ВДВ весьма целесообразно использование при компоновке такого принципа унификации, при котором преследуется, прежде всего, возможность взаимозаменяемости. То есть, на однотипных объектах унифицируются, к примеру, не двигатели, которые могут быть разными, а их габаритные, установочные и присоединительные размеры таким образом, что один двигатель может быть использован вместо другого. Опорные катки, гусеничные лен-

ты и другие элементы ходовой части на машинах [ВДВ](#), естественно, легче, но спроектированы так, что они взаимозаменяемы с аналогичными элементами машин Сухопутных войск.

Требования к общей компоновке боевых машин часто противоречивы. Например, для повышения защищенности машины необходимо увеличить толщину броневых листов корпуса и башни, но большие ограничения при этом – масса машин. С другой стороны, это же требование достигается уменьшением внутреннего бронированного объема машины, то есть сокращением суммарной площади броневой защиты, однако, при этом необходимо обеспечить хорошие условия обитаемости экипажа в машине для сохранения его работоспособности и боеспособности длительное время.

Эти весьма противоречивые требования играют неодинаковую, но важную роль в оценке общей компоновки. Поэтому выбор наиболее оптимального решения задачи компоновки является наиболее важным и ответственным этапом разработки машины.

Высокая эффективность использования оружия боевых машин достигается рациональной компоновкой боевого отделения, размещением самого отделения в средней части боевой машины, что обеспечивает примерно равные углы снижения при стрельбе на носовую часть и корму, ослабляет вредное влияние продольно-угловых колебаний.

Надежная защищенность боевой машины от средств индивидуального и массового поражения обеспечивается соответствующим расчетом и конструкцией броневых деталей корпуса и башни, дифференцированием защищающих толщин броневых листов в соответствии с плотностью возможного попадания снарядов (толщины брони носовой части, бортов, кормы примерно находятся в отношении 2,5:1,0:0,5), герметизацией его обитаемых отделений и комплексом специальных средств защиты.

Высокая подвижность боевых машин определяется их быстроходностью и большим запасом хода, что достигается установкой мощного двигателя и экономичной трансмиссии с сервоприводами управления, применением энергоемкой подвески с эффективными амортизаторами и рядом других показателей.

Хорошие условия обитаемости боевого расчета обеспечивается удобным входом и выходом членов расчета из машины, достаточным объемом и необходимыми размерами рабочих мест, удобным положением тела в походном и боевом положении, снижением уровня шума и вибрации и т.д.

Благоприятные эргономические условия функционирования экипажа обеспечивается хорошей обзорностью из боевой машины всех членов расчета и круговым наблюдением за полем боя командира днем и ночью, про-

стотой и легкостью управления машиной и огнем из машины, надежной внешней и внутренней связью, возможностью непосредственного общения, взаимопомощи и взаимозаменяемости всех членов расчета.

1.5.2 Общее устройство БМД

В зависимости от своего основного назначения различные образцы бронетанкового вооружения и техники имеют различные конструктивные особенности. Но вместе с тем, для боевых бронированных машин можно выделить и общие элементы конструкций.

Таковыми элементами являются:

- броневой корпус и башня;
- вооружение;
- силовая установка;
- трансмиссия;
- ходовая часть;
- электроспецоборудование;
- средства связи;
- приборы наблюдения и прицеливания;
- система защиты.

Дополнительно для плавающих машин:

- водометные движители;
- водооткачивающие средства.

Для десантируемых машин – узлы и детали для крепления средств десантирования.

Для колесных машин:

- рулевое управление и тормоза;
- система централизованного регулирования давления в шинах;
- лебедка.

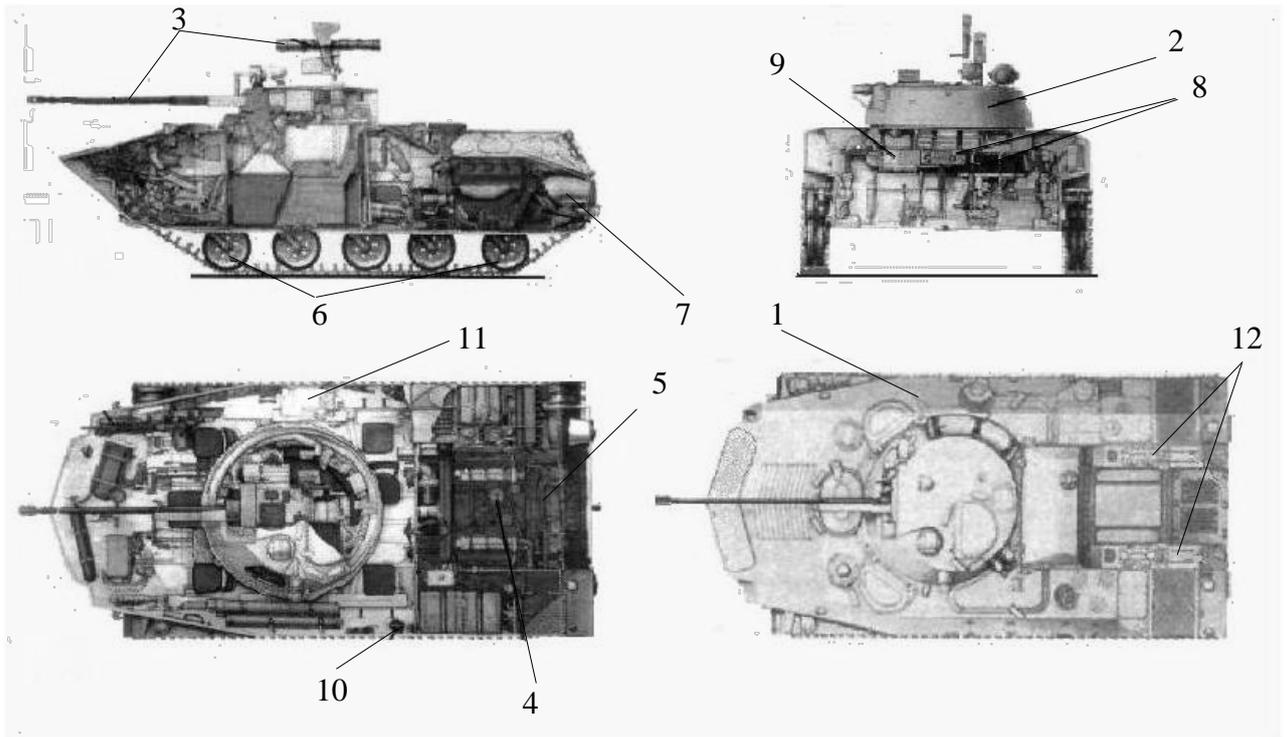


Рисунок 1.14 – Боевая машина десанта [БМД-2](#) (общее устройство)

БМД состоит из следующих основных частей (рисунок 1.14):

- броневой корпус (1);
- башня (2);
- комплекс вооружения (3);
- силовая установка (4);
- трансмиссия (5);
- ходовая часть (6);
- водометные движители (7);
- электрооборудование (8);
- средства связи (9).

Специальное оборудование:

- система пожаротушения (ППО) (10);
- система коллективной защиты от ОМП (СКЗ) (11);
- комплект запасных частей, инструмента и принадлежностей (ЗИП) (12).

Вышеперечисленные элементы характерны практически для каждого бронееобъекта и различаются конструктивно и компоновкой.

Если рассматривать элементы общего устройства российской БМД в сравнении с американскими M1A1 «Абрамс» или французским AMX-48

«Леклерк», то они окажутся одинаковыми у всех трех машин, но в конструктивном различном исполнении и размещении агрегатов и экипажей.

У БМД сохранена классическая схема компоновки основных российских танков с центральным расположением водителя и кормовым расположением моторно-трансмиссионного отделения, что позволило в носовой части установить два курсовых пулемета и использовать стрелковое оружие отделения для ведения огня через бойницы. Расположение в кормовой части десантного люка обеспечивает быструю и безопасную посадку и высадку десанта, кроме командира и пулеметчика. Так как БМД имеет многочисленный экипаж (7 человек), то в ее компоновке большое внимание уделяется вопросам обитаемости.

БМД выполнена высокоскоростной, плавающей и авиатранспортабельной, но имеет противоположную броневую защиту из алюминиевого сплава.

Корпус машины условно разделен на три отделения: отделение управления, среднее и силовое (рисунок 1.15).

Отделение управления расположено в носовой части корпуса.

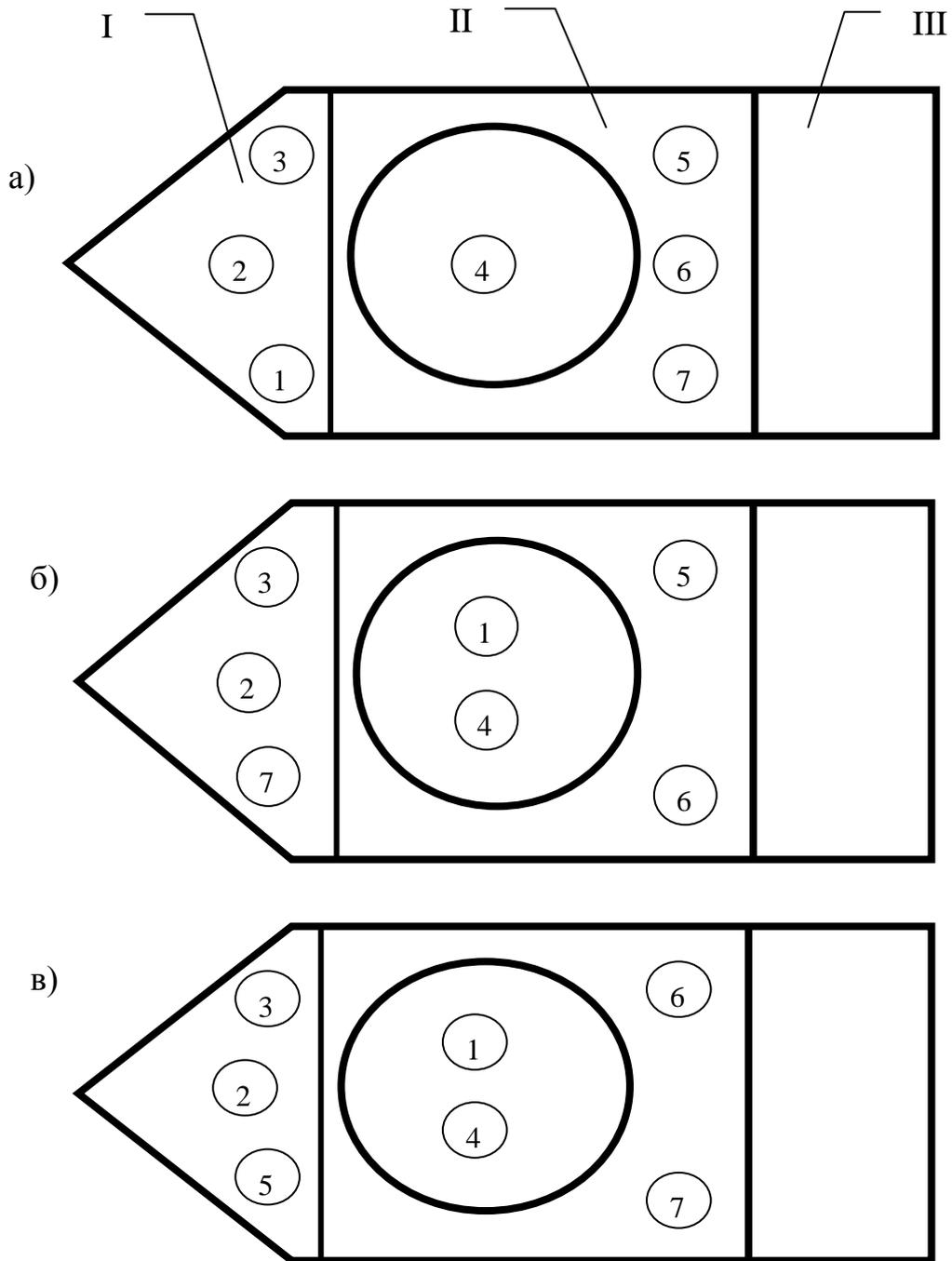
Среднее отделение расположено в средней части корпуса и в башне.

Моторно-трансмиссионное отделение расположено в кормовой части корпуса и отделено от среднего герметичной перегородкой.

Размещение экипажа показано на рисунке 1.15.

В БМД установлено 7 сидений для размещения экипажа и десанта:

- 1) командира;
- 2) механика-водителя;
- 3) пулеметчика;
- 4) наводчика;
- 5) старшего стрелка;
- 6) стрелка (помощника гранатометчика);
- 7) гранатомётчика.



а – БМД-1П; БМД-2, б – БМД-3; в – БМД-4:
 1 – командир машины; 2 – механик-водитель; 3 – пулемётчик; 4 – наводчик;
 5 – старший стрелок; 6 – стрелок (помощник гранатомётчика); 7 – гранатомётчик;
 I – отделение управления; II – среднее отделение; III – моторно-трансмиссионное отделение

Рисунок 1.15 – Схема размещения экипажа в боевых машинах десанта

1.6 Назначение, общее устройство и принцип работы силовой установки, трансмиссии, ходовой части электрооборудования

1.6.1 Назначение, общее устройство и принцип работы силовой установки

Силовая установка предназначена для обеспечения нормальной работы двигателя при преобразовании тепловой энергии сгорания топлив в механическую энергию и передачи ее в виде крутящего момента и трансмиссии. Она расположена в моторно-трансмиссионном отделении.

Силовая установка состоит из двигателя 5Д20 и систем, обеспечивающих его работу:

- питания топливом;
- питания воздухом;
- смазки;
- охлаждения;
- подогрева;
- воздушного пуска;
- защиты от попадания воды.

Двигатель 5Д20, четырехтактный быстроходный дизель, V-образного типа, с непосредственным впрыском топлива, жидкостного охлаждения. Мощность двигателя при 2 400 об/мин – 240 л. с.

Эксплуатационные режимы работы двигателя

Температура ОЖ по КИП:

- рекомендуемая 80–100 °С;
- минимальная – 55 °С;
- максимальная – 120 °С (вода), 105 °С (СОЖ).

Температура масла по КИП:

- рекомендуемая – 80–100 °С;
- минимальная – 55 °С;
- максимальная – 120 °С – МТ-16п, 105 °С – ТМз-10п.

Давление масла по КИП:

- при 2 000 об/мин – 5–12 кгс/см²;
- на минимально-установочной частоте холостого хода – не менее 1,5 кгс/см²;
- при низких температурах масла во время прогрева – до 14 кгс/см².

1.6.2 Назначение, расположение, общее устройство трансмиссии

Трансмиссия предназначена для изменения и передачи вращающего момента от двигателя к ведущим колесам, для обеспечения работы водометных движителей.

Агрегаты трансмиссии расположены в моторно-трансмиссионном отделении.

Трансмиссия состоит:

- из главного фрикциона;
- коробки передач;
- двух бортовых фрикционов;
- двух бортовых редукторов.

1.6.3 Назначение и общее устройство ходовой части

Ходовая часть предназначена для преобразования, передаваемого от двигателя на ведущие колеса крутящего момента в поступательное движение машины.

В состав ходовой части входят:

- гидросистема;
- гусеничный движитель;
- подвеска.

1.6.4 Назначение и общее устройство электрооборудования

Электрооборудование предназначено для обеспечения электроэнергией приборов машины при работающем или при остановленном двигателе. Состоит:

а) источники электроэнергии:

- АКБ (12СТ-70м или 12-СТ-85Р);
- генератор (ВГ-7500);
- реле-регулятор (Р-10ТМ);

б) приемники электроэнергии:

- электростартер (С-5);
- электродвигатели;
- электропневмоклапаны;
- приборы освещения и световой сигнализации;
- стабилизатор вооружения (для БМД-2, БМД-3, БМД-4);
- электроприводы наведения;

в) вспомогательные приборы:

- распределительные щитки;
- вращающее контактное устройство;
- розетка внешнего запуска.

Т а б л и ц а 1.4 – Емкостные и заправочные данные боевых машин десанта

Параметры	БМД-1П	БМД-2	БМД-3	БМД-4
Заправочная вместимость топливных баков, л: - общая, - правого бака, - левого бака, - дополнительного (бак-крыши)	280 110 120 50	280 110 120 50	450 110 210 130	450 110 210 130
Применяемое топливо – основное: - для летней эксплуатации, - для зимней эксплуатации, - заменители	Дизельные топлива: Л-0,2-40, Л-0,2-61 З-0,2 – минус 35, З-0,2 – минус 45, А-0,2 Керосин ТС-1, ТС-2 Бензины А-72, А-76, АИ-93 – летнего и зимнего видов			
Применяемые масла в двигателе: - основное (всесезонное), - дублирующее, - для зимней эксплуатации, - дублирующее	МТ-16П МТЗ-10П		М-12В ₂ РК М-16ИХП-3 МТ-16П М-8В ₂ С МТЗ-10П	
Заправочная вместимость, л: - системы смазки двигателя, - масляного бака двигателя, - минимально допустимая масляного бака двигателя	48 40 20		60 50 25	
Применяемые охлаждающие жидкости: - летом, - зимой	Вода с трёхкомпонентной присадкой низкозамерзающая жидкость марки 40 или 65			
Заправочная вместимость системы охлаждения двигателя, л - при заправке водой, - при заправке низкозамерзающей жидкостью	50 47		63 60	

Продолжение таблицы 1.4

Параметры	БМД-1П	БМД-2	БМД-3	БМД-4
Применяемое масло: - в коробке передач, - бортовом редукторе, - гидравлической системе ходовой части, - системе гидроуправления, - трансмиссией, - водомётном движителе	МТ-16П МТ-16П МГЕ-10А - МТ-16П		– ЦИАТИМ-208 МГЕ-10А основное – ТСЗп-8 дублирующее – МТ8П	
Количество масла, л: - в коробке передач, - системе гидроуправления трансмиссией, - бортовом редукторе, - водомётном движителе, - баке гидравлической системы ходовой части при положении машины на минимальном дорожном просвете, - минимально допустимое количество масла в баке гидравлической системы ходовой части	6 – 0,4 0,4 13 6		– 35–45 0,8 – 17 13	

Контрольные вопросы

- 1 Классификация [БТВТ](#) Российской армии.
- 2 Определение основного боевого танка.
- 3 Определение боевой машины десанта.
- 4 Что понимается под основными боевыми свойствами бронетанкового вооружения.
- 5 Определение огневой мощи, защищённости, подвижности.
- 6 Основные показатели, включаемые в боевую и техническую характеристику.
- 7 Определение компоновки боевой гусеничной машины.
- 8 Общее устройство боевой машины десанта.
- 9 Схема размещения экипажа в боевых машинах десанта.

РАЗДЕЛ 2. СИЛОВАЯ УСТАНОВКА БРОНЕТАНКОВОГО ВООРУЖЕНИЯ И ТЕХНИКИ

Глава 2. Двигатель внутреннего сгорания. Основные понятия

2.1 Основы теории двигателей внутреннего сгорания

Назначение и классификация двигателей внутреннего сгорания.

Двигатели внутреннего сгорания (ДВС) – наиболее распространенный тип тепловых двигателей. На их долю приходится более 80 % всей вырабатываемой в мире механической энергии. Благодаря компактности, высокой экономичности, надежности, долговечности они используются во всех областях народного хозяйства, на бронетанковой и автомобильной технике Вооруженных сил России.

Первый поршневой ДВС был создан французским инженером Лемуаном (1860). Двигатель имел 2-тактный цикл, золотниковое газораспределение, посторонний источник зажигания, в качестве топлива применялся светильный газ без предварительного сжатия.

В 1877 г. Н. Отто построил газовый двигатель, работающий по 4-тактному циклу с предварительным сжатием газа. Это обеспечило существенное повышение экономичности по сравнению с двигателем Лемуана. Двигатель Н. Отто получил промышленное применение. В 1879 году в России офицером флота И. С. Костовичем был разработан двигатель, работающий на жидком топливе (бензине) и предназначенный для установки на дирижабле. В 1891 году двигатель был построен. Он имел электрическое зажигание.

В 1896 году немецкий инженер Р. Дизель построил первый двигатель с воспламенением от сжатия. В 1901 году первые бескомпрессорные дизели конструкции Г. Б. Тринклера были построены в России, а в 1910 году созданы бескомпрессорные дизели конструкции русского инженера Я. В. Мамина.

Наряду с развитием двигателестроения развивалась и теория [ДВС](#). В 1906 году профессор МВТУ В. И. Гриневецкий впервые разработал метод теплового расчета двигателя, который в дальнейшем дополнил Н. Р. Брилинг, К. К. Мазинг, Б. С. Стечкин, В. А. Петровин и др.

Теория физико-химических процессов при сгорании топлива в дизельных двигателях разработана профессорами Н. В. Иноземцевым, Б. К. Кошкиным, В. П. Калабиным.

Учеными России выполнены многочисленные теоретические и экспериментальные работы по изучению процессов сгорания, динамики двигателей, теории регулирования, теории смазки, охлаждения и др.

Двигателями называют машины, преобразующие какой-либо вид энергии в механическую работу. В зависимости от вида преобразуемой энергии двигатели подразделяются на следующие типы:

- тепловые;
- электрические;
- ветровые;
- ядерные и др.

Двигатель, преобразующий тепловую энергию в механическую работу, называется *тепловым*.

В тепловом двигателе происходит два основных процесса:

- выделение тепла при сгорании топлива;
- преобразование полученного тепла в механическую работу.

По месту совершения первого процесса (сгорания топлива и выделению тепла) тепловые двигатели разделяются на:

- двигатели внутреннего сгорания;
- двигатели внешнего сгорания.

Тепловые двигатели, у которых выделение тепла при сгорании топлива происходит непосредственно в самом двигателе (в специальной камере сгорания) называют двигателями внутреннего сгорания (ДВС).

К ним относятся:

- поршневые двигатели (рабочий элемент – поршень);
- газотурбинные двигатели (рабочий элемент – лопатки турбины);
- реактивные двигатели;
- комбинированные двигатели;
- роторные двигатели;
- свободнопоршневые газовые генераторы.

Тепловые двигатели, у которых процесс выделения тепла при сгорании топлива происходит вне двигателя, называются двигателями внешнего сгорания, к ним относятся:

- паровые поршневые двигатели;
- паровые турбины;
- двигатели Стирлинга.

В настоящее время широкое распространение получили поршневые [ДВС](#), обладающие сравнительно высокой надежностью, малым весом, высокой экономичностью, долговечностью и др. качествами, которые необходимы для двигателей современных танков, боевых машин, автомобилей.

Поршневой [ДВС](#) представляет собой совокупность механизмов и систем, предназначенных для обеспечения преобразования части тепловой энергии, выделяющейся при сгорании топлива, в механическую работу.

Поршневые двигатели классифицируются по следующим признакам:

1) По способу осуществления рабочего цикла:

- четырехтактные, в которых рабочий цикл совершается за четыре такта (четыре хода поршня), то есть за два оборота коленчатого вала;
- двухтактные, в которых рабочий цикл совершается за два такта (два хода поршня), то есть один оборот коленчатого вала.

Независимо от тактности в любом поршневом двигателе внутреннего сгорания в течение рабочего цикла совершаются все указанные выше пять процессов.

2) По способу смесеобразования:

- двигатели с внешним смесеобразованием (карбюраторные, газовые, с принудительным впрыском топлива во впускной коллектор);
- двигатели с внутренним смесеобразованием (дизельные двигатели).

Двигатели с внешним и внутренним смесеобразованием могут быть как четырехтактные, так и двухтактные.

3) По способу воспламенения топлива:

- двигатели с принудительным воспламенением рабочей смеси с помощью электрической искры, возникающей между электродами свечи (карбюраторные двигатели, газовые, с непосредственным впрыском легкого топлива);
- двигатели с воспламенением от сжатия, под действием высокой температуры воздуха, образовавшейся в цилиндре в конце сжатия (дизели).

4) По роду применяемого топлива:

- двигатели, работающие на жидком топливе;
- двигатели, работающие на газе (сжатом, сниженном);
- двигатели газожидкостные (основное топливо – газ, запальное – жидкое);
- многотопливные двигатели.

5) По способу наполнения цилиндров свежим зарядом:

- двигатели без наддува, у которых впуск воздуха или горючей смеси в цилиндр осуществляется за счет разрежения, возникающего при всасывающем ходе поршня;
- двигатели с наддувом, у которых впуск воздуха или горючей смеси в цилиндр происходит под давлением, создаваемым нагнетателем, с целью повышения количества свежего заряда и повышения удельной мощности.

6) По числу цилиндров:

- одноцилиндровые;

- многоцилиндровые.

7) По расположению цилиндров:

- с вертикальным расположением (рядные);
- с горизонтальным расположением (оппозитные);
- двигатели многорядные с V-образным расположением цилиндров;
- звездно-образные двигатели.

8) По степени быстроходности:

- двигатели тихоходные со средней скоростью поршня до 6,5 м/с;
- двигатели быстроходные со средней скоростью поршня более 6,5 м/с.

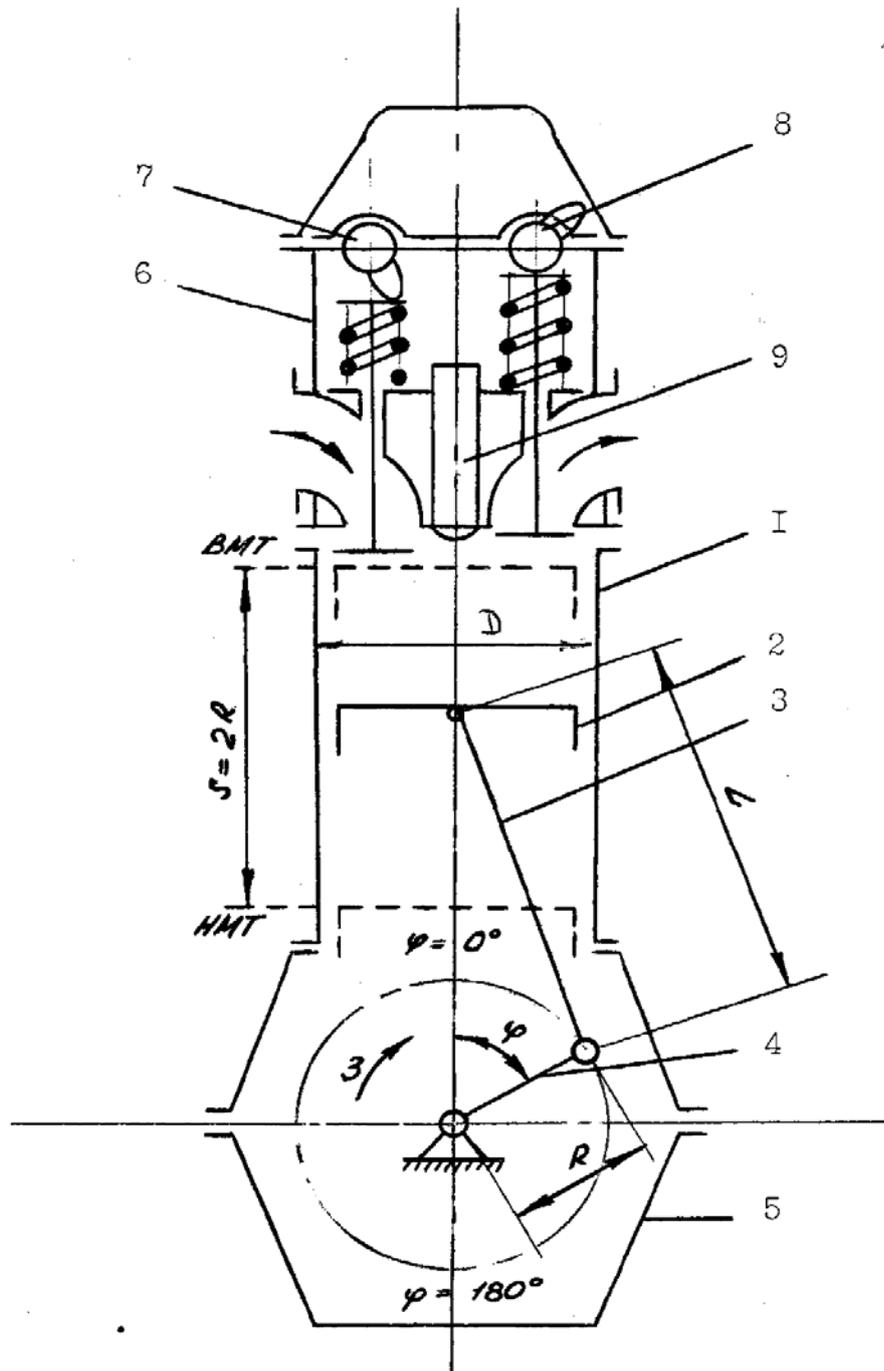
2.2 Схема и принцип работы четырёхтактного дизеля

Принципиальная схема поршневого [ДВС](#) (рисунок 2.1) содержит следующие основные элементы: картер, цилиндр, поршень, шатун, коленчатый вал, механизм газораспределения. Помимо указанных на двигателе, имеются узлы и детали, относящиеся к системам смазки, питания топливом и воздухом, охлаждения и подогрева, пуска, регулирования и управления. Привод к этим узлам осуществляется механизмом передач.

Различают ДВС с принудительным воспламенением и дизели. В двигателях с принудительным воспламенением в цилиндры подается смесь воздуха с парами топлива, которая затем воспламеняется от постороннего источника – искры высокого напряжения. Дизель – это двигатель внутреннего сгорания с воспламенением от сжатия. Воспламенение горючей смеси в цилиндре дизеля происходит от контакта впрыснутого топлива с воздухом, нагретым до высокой температуры в результате его сжатия поршнем. На боевых машинах десанта применяются только дизельные двигатели, потому в дальнейшем будем рассматривать только их.

В четырехтактных дизелях рабочий цикл осуществляется за два оборота коленчатого вала или за четыре хода поршня (такта). Каждый рабочий цикл состоит из последовательно протекающих процессов: наполнения рабочего цилиндра свежим зарядом; сжатия заряда; впрыскивания, воспламенения и горения топлива; расширения продуктов сгорания; выпуска отработанных газов. Рабочие циклы непрерывно повторяются, следуя друг за другом с частотой, пропорциональной частоте вращения коленчатого вала.

Прежде чем подойти к рассмотрению особенностей процессов, происходящих в цилиндре двигателя, отметим некоторые понятия и определения ДВС.



1 – цилиндр; 2 – поршень; 3 – шатун; 4 – коленчатый вал; 5 – карте;
 6 – головка цилиндров; 7 – распределительный вал впускных клапанов;
 8 – распределительный вал выпускных клапанов; 9 – форсунка

Рисунок 2.1 – Схема поршневого [ДВС](#)

Рабочий цикл – совокупность процессов, происходящих в цилиндрах двигателя в определенной последовательности.

Рабочее тело – газ (смесь газов), участвующих в осуществлении рабочего цикла.

Процесс – любое изменение параметров (давления, объема, температуры) рабочего тела.

Такт – часть рабочего цикла, происходящая в течение одного хода поршня и включающая один или несколько процессов.

Во время работы цилиндра поршень занимает два крайних положения, при которых ось шатуна совпадает с осью кривошипа. Одно, при котором расстояние от поршня до оси коленчатого вала достигает максимума, скорость поршня равна нулю и он меняет направление движения на обратное, называется **верхней мертвой точкой (ВМТ)**.

Второе, при котором расстояние от поршня до оси коленчатого вала минимально, скорость поршня равна нулю и он меняет направление движения на обратное, называется **нижней мертвой точкой (НМТ)**.

Путь S , проходимый поршнем от одной мертвой точки до другой, называется **ходом поршня**. В простейшем аксиальном КШМ ход поршня равен двум радиусам кривошипа.

За один ход поршня коленчатый вал поворачивается на 180° или совершает половину оборота. При перемещении поршня между мертвыми точками выделяются следующие объемы:

полный объем цилиндра V_a – объем над поршнем при его нахождении в НМТ;

рабочий объем цилиндра V_h – объем внутренней полости цилиндра,

заклученный между ВМТ и НМТ, $V_h = \pi D^2 S / 4$;

объем камеры сжатия (сгорания) V_c – объем над поршнем при его нахождении в ВМТ.

Вводя степень сжатия $\varepsilon = V_a / V_c$, можно записать

$$V_a = \varepsilon V_h / (\varepsilon - 1); \quad V_c = V_h / (\varepsilon - 1).$$

Основными геометрическими параметрами КШМ являются отношения

$\lambda = R / \ell$ и $\Psi = S / D$. В существующих двигателях $\lambda = 0,25-0,35$; $\Psi = 0,8-1,3$.

Двигатели с $\Psi \leq 1$ называют короткоходовыми.

В зависимости от направления движения поршня и характера преобладающего процесса, происходящего внутри цилиндра четырехтактного двигателя, его такты называются последовательно тактами впуска, сжатия, расширения и выпуска.

В такте впуска (рисунок 2.2, а) происходит наполнение рабочего цилиндра воздухом. При движении поршня от **ВМТ** к НМТ из впускного

коллектора через открытый впускной клапан в цилиндр поступает воздух. Давление воздуха в цилиндре в процессе наполнения ниже давления « p_k » во впускном коллекторе из-за аэродинамического сопротивления впускной трассы, а температура вследствие дополнительного нагрева его при соприкосновении со стенками цилиндра выше.

Для лучшего наполнения цилиндров свежим зарядом впускной клапан открывается несколько ранее **ВМТ** с углом опережения впуска $\varphi_1 = 10\text{--}40^\circ$, а закрывается после **НМТ** с углом запаздывания закрытия $\varphi_2 = 30\text{--}65^\circ$. Величины углов φ_1 и φ_2 зависят в основном от типа двигателя и степени его быстроходности. Общий угол поворота коленчатого вала, вующий всему процессу впуска, составляет $220\text{--}240^\circ$, что больше угла 180° , соответствующего такту впуска. Так как к началу поступления ха в цилиндре остается некоторое количество (до 4–5 %) продуктов сгорания от предыдущего цикла, к концу зарядки в нем находится смесь воздуха с продуктами сгорания.

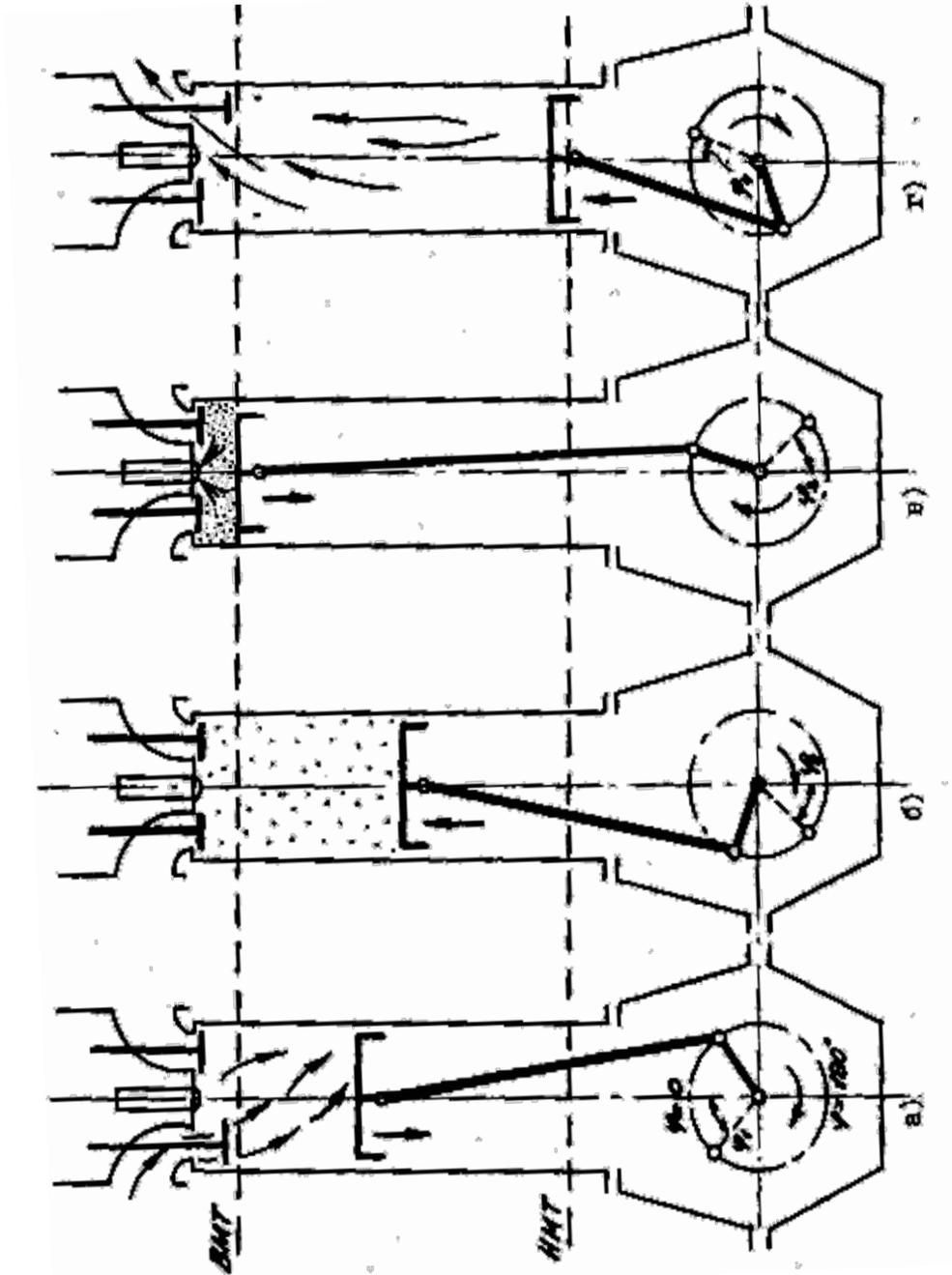
Совершенство процессов очистки цилиндра от отработавших газов и заполнения его воздухом оценивается коэффициентами остаточных газов γ_v и наполнения цилиндра η_v . Увеличение η_v и снижение γ_v при тех же размерах цилиндра позволяют получить большую мощность двигателя. Коэффициент остаточных газов представляет собой отношение количества молей остаточных газов M_r к количеству молей свежего заряда M_0 , поступающего в цилиндр в процессе впуска

$$\gamma_r = M_r / M_0 . \quad (2.1)$$

Коэффициент наполнения η_v представляет собой отношение количества свежего заряда, поступившего в цилиндр в период впуска к тому количеству свежего заряда, которое теоретически могло бы заполнить рабочий объем цилиндра при данном давлении p_k и температуре воздуха T_k во впускном коллекторе M_T

$$\eta_v = M_0 / M_T . \quad (2.2)$$

В такте сжатия (рисунок 2.2, б) воздух в цилиндре сжимается, ная с момента закрытия впускного клапана до момента прихода поршня в **ВМТ** (при этом процессе все клапаны закрыты). Основное назначение цесса сжатия – повышение температуры и давления заряда для ния надежного самовоспламенения впрыскиваемого топлива на всех жимах работы дизеля. Для надежного воспламенения топлива необходимо, чтобы температура заряда в конце сжатия превышала температуру самовоспламенения топлива не менее чем на $200\text{--}300^\circ\text{C}$.



параметры конца такта сжатия (давление p_c и температура T_c) в основном определяет степень сжатия. Минимальное значение степени сжатия для дизелей определяется значением температуры T_c , при которой осуществляется надежный пуск дизеля. С ростом степени сжатия, как показывает анализ термодинамических циклов, улучшается теплоиспользование, то есть повышается количество тепла, преобразованного в работу, но в то же время увеличиваются нагрузки от газовых сил на кривошипно-шатунный механизм и тепловые нагрузки на головку цилиндров, поршень и другие детали.

С учетом угла φ_2 запаздывания закрытия впускных кла-

а – наполнение рабочего цилиндра; б – сжатие заряда; в – горение топлива и расширение продуктов сгорания; г – выпуск отработавших газов; φ_1 , φ_3 – углы открытия впускного, выпускного клапанов; φ_2 и φ_4 – углы закрытия впускного, выпускного клапанов

Рисунок 2.2 – Схема работы четырехтактного дизеля

панов общий угол поворота коленчатого вала за весь процесс сжатия составляет 95–145 °С, что меньше угла 180 °С, соответствующего такту сжатия (рисунок 2.3).

В такте расширения (рисунок 2.2, в) осуществляется горение топлива и расширение продуктов сгорания. В конце процесса сжатия топливный насос высокого давления подает топливо к форсунке, которая распыляет его в цилиндре. Поступающее в цилиндр топливо воспламеняется не сразу: оно нагревается, частично испаряется, происходит распад сложных углеводородных соединений на более простые, легко воспламеняющиеся. Промежуток времени между поступлением топлива в цилиндр и его самовоспламенением называют периодом задержки воспламенения. Длительность этого периода соизмерима с длительностью подачи топлива, поэтому подачу топлива осуществляют заблаговременно, за 10–35 °С до [ВМТ](#).

Как известно, воздух состоит по объему из 21 % кислорода и 79 % азота, поэтому теоретическое количество воздуха необходимое для сгорания 1 кг топлива, составит (в килограммах)

$$\ell_o = [(8/3)C + 8H - O_T] / 0,23 \quad (2.3)$$

или

$$\ell_o = \mu \cdot M_o, \quad (2.4)$$

где $\mu = 28,9$ – молекулярная масса воздуха, кг/кмоль;

C, H, O_T – массовое содержание углерода, водорода и кислорода, кг.

Для дизельного топлива среднего состава ($C = 0,87$; $H = 0,126$; $O_T = 0,004$), $M_o = 0,495$ кмоль/кг, $\ell_o = 14,3$ кг/кг.

Количество воздуха, участвующее в процессе сгорания, больше или меньше теоретически необходимого для полного сгорания топлива. Отношение количества воздуха, участвующего в процессе сгорания, к теоретически необходимому для полного сгорания топлива называют **коэффициентом избытка воздуха**

$$A = M / M_o = 1 / \ell_o \alpha = G_b / G_t \ell_o, \quad (2.5)$$

где G_b – масса воздуха, участвующая в сгорании G_t топлива, кг.

Полное сгорание топлива, при котором все его горючие компоненты превращаются в конечные продукты окисления, можно получить только при $\alpha > 1$. Такую смесь топлива с воздухом называют бедной (топливом). Состав смеси при $\alpha = 1$ называют стехиометрическим. При сгорании такой смеси в продуктах сгорания отсутствует кислород. Если воздуха недостаточно для полного сгорания топлива, то есть $\alpha < 1$, то смесь называют богатой.

Коэффициент избытка воздуха зависит от типа двигателя и способа смесеобразования. Следует стремиться к тому, чтобы обеспечить полное сгорание топлива при малых избытках воздуха, так как избыточный воз-

дух, не участвуя в горении, вызывает рост тепловых потерь и снижает среднюю температуру рабочего цикла. По опытным данным, коэффициент избытка воздуха у дизелей на номинальном режиме изменяется в пределах 1,2–1,8, причем большие значения присущи дизельным двигателям с наддувом.

Распыленное топливо, смешанное со сжатым воздухом, самовоспламеняется при положении поршня около **ВМТ** и сгорает, благодаря чему давление и температура в цилиндре возрастает до максимальных величин $p_{\max} = p_Z = 8\text{--}14$ МПа и $T_{\max} = T_Z = 1\ 800\text{--}2\ 200$ °С (рисунок 2.3). Горение топлива заканчивается за ВМТ, в которой начинается расширение продуктов сгорания. Общий угол поворота коленчатого вала, соответствующий процессу сгорания равен 40–60°. Расширение газов происходит при перемещении поршня от ВМТ к **НМТ**. При этом совершается работа, идущая на преодоление сопротивления вращению коленчатого вала. Поэтому ход поршня, соответствующий процессу расширения, называют рабочим ходом, а такт расширения – рабочим тактом.

В такте выпуска (рисунок 2.2, г) который начинается около НМТ, происходит очистка цилиндра от продуктов сгорания. Выпускной клапана открывается до НМТ ($\varphi_3 = 20\text{--}70^\circ$) и сообщает полость рабочего цилиндра с выпускным коллектором, в который за счет разности давлений происходит истечение газов из цилиндра. Этот период истечения называют свободным выпуском. К концу свободного выпуска в цилиндре остается часть продуктов сгорания топлива, которые выталкиваются при перемещении поршня от НМТ к ВМТ. Этот период выталкивания газов из цилиндра называют принудительным выпуском. Для более совершенного удаления продуктов сгорания закрытие выпускного клапана происходит после прохождения поршнем ВМТ с запаздыванием закрытия на угол $\varphi_4 = 10\text{--}40^\circ$.

Опережение открытия выпускного клапана обеспечивает снижение давления в цилиндре до прихода поршня в НМТ, вследствие чего при выталкивании газов поршень не испытывает большого противодействия, а запаздывание закрытия выпускного клапана позволяет выталкивать газы из цилиндра через почти полностью открытый клапан, то есть также без значительного сопротивления.

Таким образом, затраты энергии на процесс выпуска несколько уменьшаются. Кроме того, в период, когда одновременно открыты впускной и выпускной клапаны (период прикрытия клапанов), возможна продувка камеры сжатия воздухом, особенно в двигателях с наддувом за счет избыточного давления воздуха создаваемого нагнетателем. По окончании выталкивания продуктов сгорания начинается новый рабочий цикл, процессы которого повторяются в той же последовательности.

Изменение давления в цилиндре двигателя в зависимости от положения поршня изображается замкнутой кривой – графиком, называемым **индикаторной диаграммой** (рисунок 2.3). Ее обычно изображают в координатах $p - V$ (давление – объём).

Горизонтальными линиями на индикаторной диаграмме дизеля с наддувом показаны: атмосферное давление p_0 ; давление воздуха во впускном коллекторе (после нагнетателя) p_K ; давление отработавших газов в выпускном коллекторе (ресивере турбины) p_0 . На диаграмме принято $p_K > p_0$, что обеспечивает продувку цилиндра вблизи **ВМТ** в период прикрытия клапанов. Две вертикальные линии соответствуют положениям поршня в **ВМТ** и **НМТ**.

В таблице 2.1 представлены участки замкнутой кривой индикаторной диаграммы, отражающие определенные такты и процессы.

Итак, цикл четырехтактного двигателя осуществляется за время, соответствующее двум оборотам коленчатого вала (720°). Из четырех тактов только один (третий) является рабочим, в течение остальных трех тактов двигатель работает как поршневой компрессор, засасывающий и сжимающий воздух, а затем выталкивающий продукты сгорания топлива. Работа, необходимая для осуществления остальных тактов в одноцилиндровом двигателе осуществляется за счет запаса кинетической энергии, аккумулированной в маховике, а в многоцилиндровом – за счет рабочих тактов других цилиндров. Итак, цикл четырехтактного двигателя осуществляется за время, соответствующее двум оборотам коленчатого вала (720°). Из четырех тактов только один (третий) является рабочим, в течение остальных трех тактов двигатель работает как поршневой компрессор, засасывающий и сжимающий воздух, а затем выталкивающий продукты сгорания топлива. Работа, необходимая для осуществления остальных тактов в одноцилиндровом двигателе осуществляется за счет запаса кинетической энергии, аккумулированной в маховике, а в многоцилиндровом – за счет рабочих тактов других цилиндров.

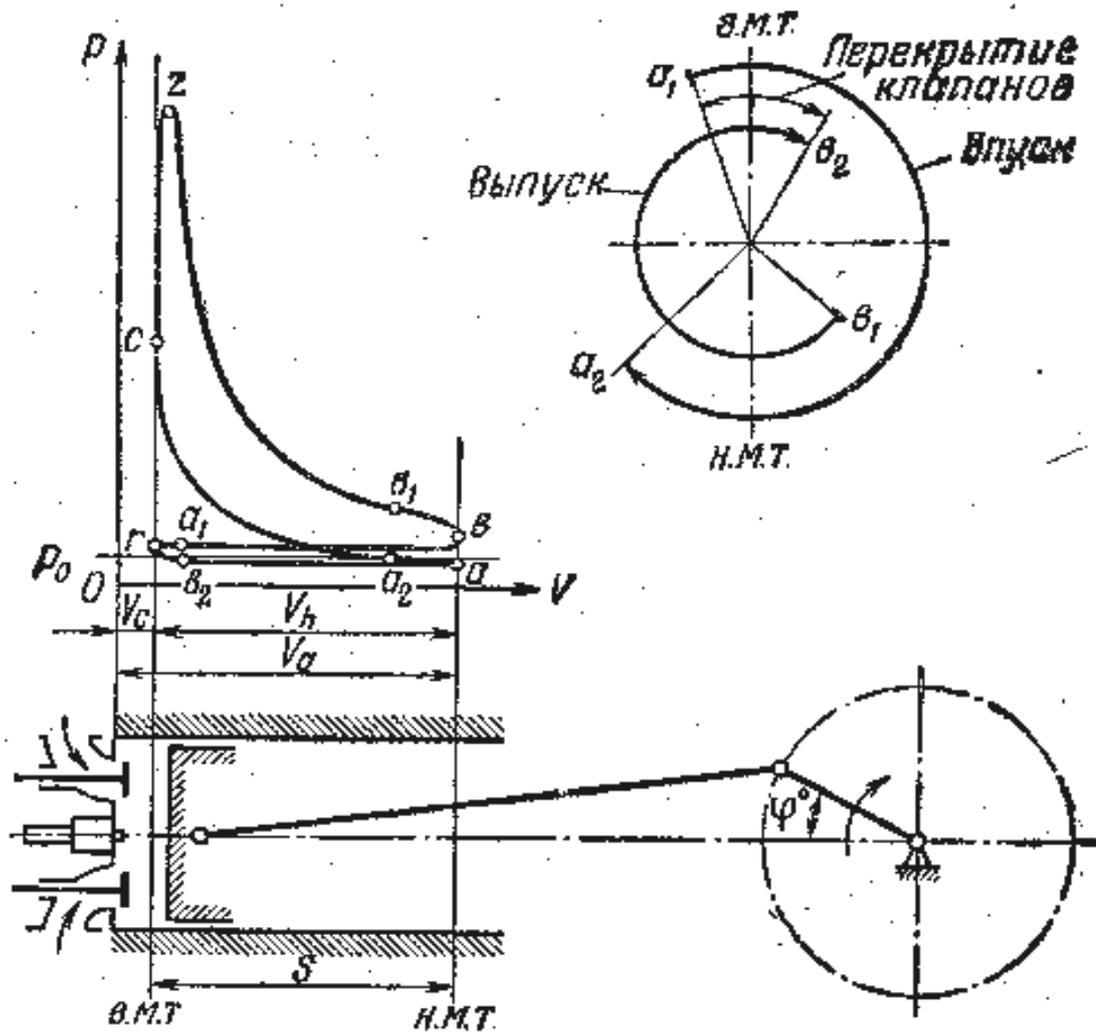


Рисунок 2.3 – Индикаторная диаграмма и диаграмма фаз газораспределения четырехтактного дизеля с наддувом

Т а б л и ц а 2.1 – Такты и процессы четырехтактного дизеля

Такт	Процесс
1 Такт впуска, линия «г – а»	Наполнение цилиндра, линия «а ₁ – г – а – а ₂ »
2 Такт сжатия, линия «а – с»	Сжатие свежего заряда в цилиндре, линия «а ₂ – с»
3 Такт расширения, линия «с – z – b»	Впрыскивание, воспламенение и горение топлива, линия «m – с – z»
4 Такт выпуска, линия «b – г»	Окончание горения и расширение продуктов сгорания, линия «z – b ₁ ». Выпуск отработавших газов, линия «b ₁ – b – г – b ₂ ». Участки процессов: b – b ₁ – свободный выпуск; b – г – принудительный выпуск; m – с – период задержки воспламенения

2.3 Типовые формы камер сгорания и требования, предъявляемые к ним

В настоящее время разработан ряд типов камер сгорания дизелей. Это объясняется стремлением повысить энергетические показатели p_i и p_e путем уменьшения коэффициента избытка воздуха при полном сгорании топлива, повышения коэффициента наполнения, увеличения частоты вращения коленчатого вала и уменьшения механических потерь в двигателе, улучшить экономические показатели (повысить η_i , или уменьшить η_e , g_i , g_e) за счет более полного сгорания топлива и уменьшения тепловых потерь; увеличить срок службы двигателя за счет снижения его динамической напряженности.

По конструкции камеры сгорания можно разделить на три основные группы:

- неразделенные (однополостные) камеры объемного (непосредственного) смесеобразования;
- разделенные камеры;
- полураздельные.

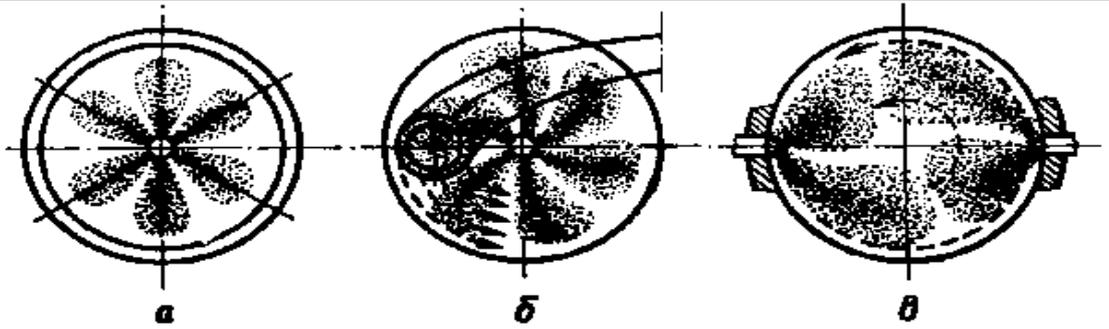
Неразделенные камеры сгорания (рисунок 2.4) представляют собой единый объем, расположенный в надпоршневой полости цилиндра (между днищем поршня и головкой блока или между двумя движущимися навстречу поршнями).

Разделенные камеры (рисунки 2.5, 2.6) состоят из двух полостей: надпоршневой и отделенной (вихрекамера, предкамеры и др.), соединенной с надпоршневой одним или несколькими каналами.

Полуразделенные камеры (рисунок 2.7) состоят из камеры в головке поршня, занимающей 70–90 % полного объема, и камеры между днищем поршня и головкой блока (10–30 % полного объема).

По предъявляемым требованиям камеры сгорания дизелей должны обеспечить:

- качественное смесеобразование;
- полное сгорание при возможно меньшем количестве воздуха за очень малый промежуток времени;
- минимальные потери тепла в стенки;
- плавное нарастание давления при сгорании и допустимые значения давления p_z ;
- работу двигателя на различных сортах топлива;
- относительно простую конструкцию;
- высокую технологичность.



а), б) – камеры между поршнем и головкой блока; в) – камера между поршнями

Рисунок 2.4 – Неразделенные камеры сгорания

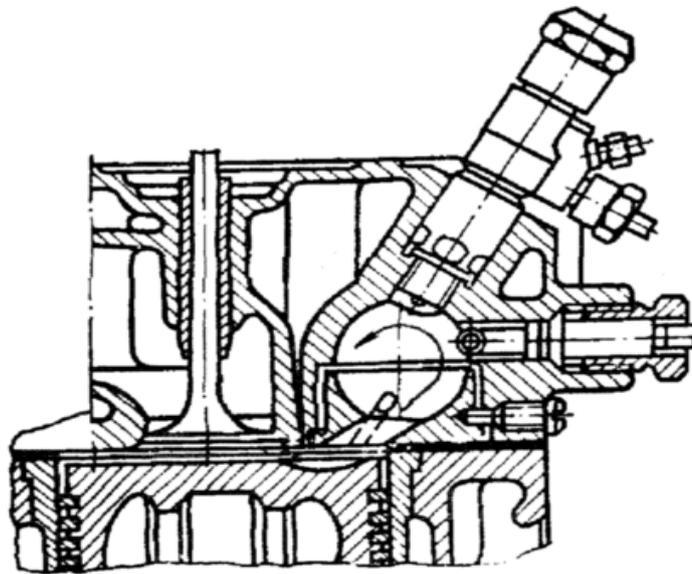
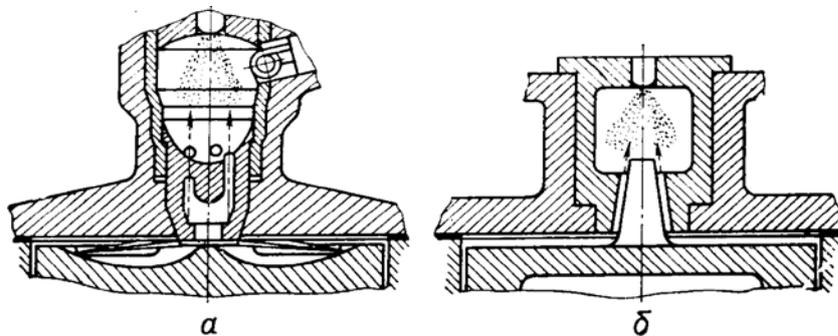
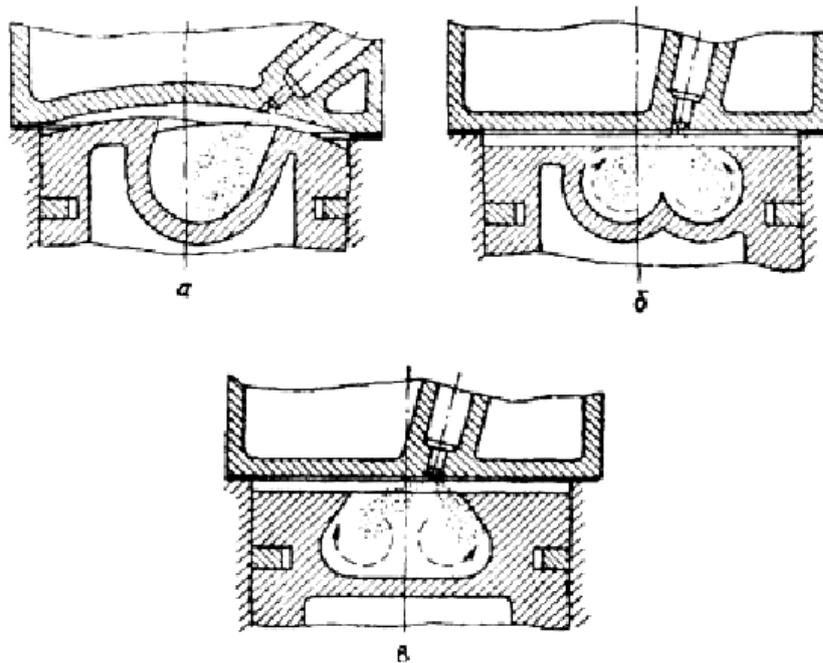


Рисунок 2.5 – Вихрекамера



а) – обычная; б) – с вытеснителем

Рисунок 2.6 – Предкамеры



а) – несимметричная; б) – торообразная; в) – коническая

Рисунок 2.7 – Полураздельные камеры сгорания

2.3.1 Особенности смесеобразования и сгорания в камерах сгорания различных конструкций

Неразделенные камеры сгорания получили наибольшее распространение и применяются практически на всех типах двигателей с диаметром 100 мм. Впрыскивание топлива осуществляется непосредственно в цилиндр. Смесеобразование непосредственное (объемное). Распределение топлива характеризуется большой неравномерностью. Поэтому сгорание топлива в них протекает при высоких значениях $\alpha = 1,5-2,2$ и давлениях впрыска (60–100 МПа). Для повышения равномерности распределения топлива по объему камеры сгорания, воздушному заряду придают вращательное движение вокруг оси цилиндра. Вращательное движение, созданное при впуске, сохраняется и при сжатии, способствуя более равномерному распределению топлива в воздушном заряде. Завихрение создают специальной формой впускных каналов, направляющей ширмой на тарелке впускных клапанов, тангенциальным наклоном продувочных окон двухтактных двигателей.

Таким образом, у дизелей с неразделенными камерами сгорания требуемые качества объемного смесеобразования достигаются:

- за счет тщательного согласования, формы, направления и длины струи топлива с объемом и конструкцией камеры сгорания;
- высококачественного распыливания топлива при больших давлениях впрыскивания многоструйными распылителями форсунок с распыливающими отверстиями малого диаметра;
- применения завихрения заряда.

Достоинства:

- простота конструкции;
- устойчивость смесеобразования;
- высокая компактность элементов системы охлаждения;
- высокая топливная экономичность двигателя;
- $g_e = 220\text{--}250$ г/(кВт·ч) при умеренных степенях сжатия ($\varepsilon = 12\text{--}17$);
- хорошие пусковые качества.

Недостатки:

- пониженные энергетические показатели ($p_e = 0,5\text{--}0,8$ МПа);
- жесткая работа двигателя и большие нагрузки на КШМ;
- $W_p = 0,8\text{--}1,15$ МПа/град; $p_z = 6\text{--}12$ МПа;
- сложная конструкция топливной системы высокого давления;
- ограниченные возможности форсирования по частоте вращения без специальных конструктивных мероприятий, максимальная частота вращения коленчатого вала, соответствующая максимальной мощности, не превышает 2 500–2 800 об/мин. из-за малой скорости сгорания топлива (при $\alpha = 1,5$);
- повышенная чувствительность к сорту топлива.

Разделенные камеры сгорания позволяют значительно увеличить энергию воздушных потоков в дизеле и тем самым уменьшить величину коэффициента избытка воздуха. Разделенные камеры сгорания состоят: из двух полостей; надпоршневой и отдельной, соединенной с надпоршневой одним или несколькими каналами небольшого сечения. Поэтому наполнение отдельной части камеры в процессе сжатия создает в ней интенсивную турбулентность и перемешивание распыливаемого топлива с зарядом. Кроме того, известно, что часть поверхности отделенной камеры и расположенной в головке цилиндра, охлаждается менее интенсивно, чем стенки неразделенных камер. Это повышает температуру заряда в отделенной камере и улучшает испарение топлива. Смесеобразование их – вихрекамерное или предкамерное – обеспечивается, в основном, за счет интенсивного вихревого движения. Поэтому двигатели с разделенными камерами хорошо работают на различных видах топлива, при меньших коэффициентах избытка воздуха и давлениях впрыскиваемого топлива, менее чувствительны к изменению условий работы двигателя.

Из разделенных камер наиболее распространение получили вихрекамеры и предкамеры.

Вихревые камеры шаровой (рисунок 2.5), цилиндрической или бочкообразной формы располагаются в верхней части блока цилиндров и соединяются с надпоршневым пространством камеры сгорания одним-тремя каналами цилиндрической или овальной формы. Каналы выполняются в горячей вставке касательно к окружности камеры, $S_b = (0,8-2,7 \%)S_{п}$, это способствует при движении поршня в **ВМТ** в такте сжатия образованию в отдельной камере вращательного движения воздуха. Топливо подается, как правило, штифтовой форсункой в направлении к поверхности горячей вставки. Этим обеспечивается высококачественное смесеобразование.

Достоинства вихрекамер:

- коэффициент избытка воздуха $\alpha = 1,15-1,4$, что положительно сказывается на величине среднего эффективного давления;

- топливная система высокого давления проще и надежней, вследствие сравнительно низкого давления впрыскивания и применения штифтовых форсунок;

- мягкая работа и меньше нагрузки на КШМ ($W_z = 0,25-0,4$ МПа/град;

$p_z = 6,0-7,0$ МПа);

- возможность работы двигателя на высоких скоростных режимах

($n = 3\ 000-3\ 500$ об/мин) с удовлетворительными экономическими показателями, бездымным выпуском и малым шумом, так как при увеличении частоты вращения растет интенсивность вихрей.

Недостатки:

- худшие пусковые качества холодного двигателя из-за интенсивного отвода теплоты к стенкам, имеющим большую относительную теплопередающую поверхность (компенсируется применением пусковых свечей);

- высокая степень сжатия – до 18;

- более высокий удельный расход топлива $g_e = 245-300$ г/(кВт·ч), вследствие увеличения теплоотдачи в систему охлаждения и на элементы двигателя и частичной потери энергии на перетекание газа из цилиндра в вихрекамеру и обратно;

- усложнение конструкции и применение жаропрочных сталей.

Предкамеры (рисунок 2.6) располагают в крышках или головках блоков цилиндров. Предкамеры имеют меньший относительный объем (20–40 % объема V_c), чем вихревые камеры, и значительно меньшую площадь соединительных каналов (0,3–0,6 % площади поршня).

Особенности процесса смесеобразования заключается в следующем. В процессе сжатия воздух перетекает из цилиндра в предкамеру со скоростью до 230 м/сек. При этом образуются мощные хаотически движущиеся вихри воздушного заряда. Впрыскивание топлива осуществляется по направлению к соединительным каналам, навстречу потоку воздуха. Для распыливания топлива используют штифтовые форсунки или форсунки с одноструйным распылителем. Воздух, движущийся с большой скоростью навстречу струе топлива, захватывает пары и мелкие капли с оболочки струи и уносит их в верхнюю часть предкамеры, где происходит воспламенение смеси. Основная часть впрыскиваемого топлива сосредотачивается в нижней части предкамеры.

В процессе горения давление в предкамере резко возрастает, топливо вместе с горящими газами выдувается в надпоршневую полость, где активно перемешивается с воздухом и полностью сгорает. Предкамеры делают двигатели еще менее чувствительными к сорту топлива и условиям работы, чем вихрекамеры.

При больших размерах цилиндра длина струи и её энергия не обеспечивает необходимую турбулизацию, поэтому в последние годы для таких двигателей применяют предкамеры с одним отверстием и выступом-вытеснителем на поршне. Этот выступ входит в предкамеры и создает интенсивную турбулизацию заряда при выходе из камеры, способствующую получению экономичности, близкой к экономичности двигателей с неразделенными камерами.

Достоинства предкамер:

- коэффициент избытка воздуха $\alpha = 1,05-1,2$;
- простая и надежная топливная аппаратура с давлением впрыскивания топлива 7,8–12,3 МПа;
- интенсивный подогрев воздуха и топлива в предкамере позволяет применять топлива с меньшим цетановым числом разных марок и сортов;
- мягкая работа и малые нагрузки на КШМ, ($W_z = 0,2-0,3$ МПа/град;
 $p_z = 5,5-6$ МПа);
- возможность работы двигателя на высоких скоростных режимах ($n = 3\ 000-4\ 000$ об/мин), так как энергия газового потока не зависит от скоростного режима.

Недостатки предкамер:

- худшие пусковые качества холодного двигателя (компенсируется применением пусковых свечей);
- самая высокая степень сжатия ($\epsilon = 19-22$);

- сравнительно низкая экономичность, за исключением предкамер с выступом-вытеснителем на поршне;

- усложнение конструкции и применение жаропрочных сталей.

Полуразделенные камеры сгорания. Стремление улучшить процессы смесеобразования и сгорания и уменьшить недостатки неразделенных камер сгорания способствовало созданию так называемых полуразделенных камер в днище поршня, камера в поршне соединяется с надпоршневым пространством при помощи горловины сравнительно большого диаметра. Поэтому потери энергии на перетекание воздушного заряда в камеру и продуктов сгорания из нее в полуразделенных камерах значительно меньше, чем в разделенных.

Кроме того, в отличие от неразделенных камер сгорания полуразделенные камеры обеспечивают сравнительно мягкую работу дизеля. Здесь в камерах создается интенсивное вихревое движение воздушного заряда, позволяющее обеспечить бездымное сгорание топлива при сравнительно низком значении коэффициента избытка воздуха. К основным схемам полуразделенных камер сгорания относятся: несимметричная, шарообразная (сферическая), торообразная, коническая и др.

Объемы полуразделенных камер в поршнях составляют 70–90 % полного объема; коэффициент избытка воздуха $\alpha = 1,3–1,6$; давление начала впрыскивания топлива 15–17 МПа; число распыливающих отверстий 2–5.

В полуразделенных камерах сгорания протекает пленочное или объемно-пленочное смесеобразование.

При пленочном смесеобразовании для уменьшения жесткости двигателя стремятся к тому, чтобы за период задержки воспламенения успевало испариться и перемещаться с воздухом минимальное количество топлива.

Струя топлива подается под острым углом на стенку камеры сгорания таким образом, чтобы капли не отражались, а растекались по поверхности в виде тонкой пленки толщиной 0,012–0,014 мм. Путь струи топлива от распыливающего отверстия до стенки камеры выбирается минимальным, чтобы уменьшить количество испаряющегося топлива за период задержки воспламенения. Пленочное смесеобразование протекает в несимметричных или шарообразных камерах сгорания. Здесь направление вектора скорости воздушного заряда совпадает с движением струи топлива, что способствует растеканию пленки по поверхности камеры. Это уменьшает парообразование в связи с понижением относительных скоростей движения топлива и воздуха. Для обеспечения необходимой скорости испарения топлива температура поршня поддерживается в пределах 450–610

К. Чрезмерно увеличивать температуру поршня нецелесообразно, так как это приводит к закипанию топлива, образованию капель сферической формы и отскакиванию их от стенки.

Развитие процесса сгорания начинается с самовоспламенения небольшого количества топлива (порядка 5 % от цикловой подачи) в центральной части камеры сгорания с наиболее высокой температурой.

Достоинства камер пленочного смесеобразования:

- $\alpha = 1,10-1,15$, что обеспечивает высокие значения среднего эффективного давления ($p_e = 0,75-0,85$ МПа);
- высокая экономичность $g_e = 220-225$ г/(кВт·ч), мягкая работа двигателя ($W_p = 0,25-0,4$ МПа/град), причем величина скорости нарастания давления мало зависит от сорта топлива, поэтому двигатели с пленочным смесеобразованием по своей природе являются многотопливными;
- сравнительно простая топливная аппаратура (одноструйные форсунки) и некоторые возможности форсирования по частоте вращения.

Недостатки:

- затруднен пуск холодного двигателя, так как основная масса топлива попадает на стенку и его испарение происходит медленно;
- дымление при работе двигателя на малых нагрузках;
- большая высота головки поршня, вследствие чего возрастает его масса и инерционные нагрузки.

Объемно-пленочное смесеобразование организуется в торообразных (Татра), конических (ЦНИИДИ), чашевидных (ЯМЗ) и других камерах. В отличие от пленочного смесеобразования в этих камерах на стенку подается 35–60 %. Хорошему перемешиванию топлива с воздухом способствует вихри вытеснения и тангенциальные составляющие вращательного движения заряда.

Достоинства камер объемно-пленочного смесеобразования:

- высокая экономичность $g_e = 220-225$ г/(кВт·ч);
- меньшая чем у неразделенных камер величина коэффициента избытка воздуха ($\alpha = 1,3-1,5$);
- сравнительная мягкая работа двигателя ($W_p = 0,4-0,5$ МПа/град) и умеренное значение максимального давления рабочего цикла ($p_z = 6-6,5$ МПа);
- сравнительно простая топливная аппаратура.

Недостатки:

- худшие пусковые качества, чем у двигателей с неразделенными камерами сгорания;
- большая высота головки поршня.

2.4 Сравнительная оценка дизельных и карбюраторных двигателей

Каждый тип двигателя обладает рядом особенностей, которые оказывают существенное влияние на те или иные свойства боевых и транспортных машин. В танках и других боевых машинах применяется главным образом дизели, они также применяются и на колесных машинах средней и большой грузоподъемности.

Основное преимущество дизелей – их высокая топливная экономичность. Удельные эффективные расходы топлива у дизелей ниже, чем у карбюраторных двигателей, в среднем на 30 %. Это обстоятельство наряду с большим удельным весом дизельного топлива, по сравнению с бензином, позволяет при одинаковой емкости топливных баков увеличить запас хода машины на 40–50 %.

Малая испаряемость дизельных топлив обеспечивает удобство их хранения и транспортировки, и, особенно важно, существенно повышает противопожарную безопасность машин.

Работа дизеля при повышенных значениях коэффициента избытка воздуха определяет более низкие максимальные и средние за цикл температуры газов в цилиндрах. Поэтому доля тепла, отводимого в окружающую среду, в дизелях меньше, чем в карбюраторных двигателях. Следовательно, нормальный тепловой режим может быть обеспечен при меньших размерах радиатора охлаждения или меньших расходах охлаждающего воздуха. Это позволяет выполнить силовую установку машины более компактной.

В отличие от карбюраторных двигателей дизели обладают свойством многотопливности, то есть могут работать на различных видах топлива, включая бензины и их смеси, что расширяет возможности их применения.

Дизели более приспособлены к осуществлению в них двухтактного цикла и форсированию наддувом. У дизелей [КПД](#) выше примерно на 10 %. КПД дизеля – 40 %, КПД карбюраторного двигателя – 30 %.

Преимущества карбюраторных двигателей заключаются в следующем.

В результате большого числа оборотов и низких значений коэффициента избытка воздуха карбюраторные двигатели имеют повышенную литровую мощность. Поэтому при равной с дизелем эффективной мощности карбюраторный двигатель имеет меньшие размеры и вес. Уменьшение веса карбюраторного двигателя определяется также тем, что достаточная прочность основных элементов двигателя может быть обеспечена при меньших затратах металла, так как при относительно небольших степенях

сжатия нагрузка на детали в результате давления газов меньше, чем в дизелях.

Меньшая стоимость агрегатов систем питания и зажигания, по сравнению со стоимостью топливоподающей аппаратуры дизелей (наряду с другими факторами), определяет меньшую стоимость изготовления карбюраторного двигателя в целом. Карбюраторные двигатели характеризуются более легким запуском, что определяет применение пусковых устройств сравнительно небольшой мощности. Наиболее широко карбюраторные двигатели применяются в автомобильном транспорте, а дизельные – на танках, БИР, [БМП](#), [БМД](#) и части колесных машин общего назначения.

В настоящее время наша машиностроительная промышленность держит курс на дизелизацию всего транспорта.

2.5 Энергетические и экономические показатели поршневых ДВС

Оценка рабочего цикла поршневой части двигателя в целом осуществляется по ряду энергетических и экономических удельных показателей, которые, в свою очередь, делятся на индикаторные и эффективные.

Индикаторные показатели характеризуют энергетические и экономические свойства рабочего цикла, эффективные – энергетические и экономические качества двигателя в целом.

К энергетическим показателям относятся: среднее индикаторное давление p_i ; среднее эффективное давление p_e ; литровая мощность N_λ .

К экономическим показателям относятся: удельные расходы топлива – индикаторный g_i и эффективный g_e ; коэффициенты полезного действия – индикаторный η_i и эффективный η_e .

Индикаторные показатели. Работа, совершаемая силами давления газов в цилиндре за один цикл, определяется площадью индикаторной диаграммы, построенной в координатах $p - V$. Разделив эту площадь на величину рабочего объема цилиндра, находят такое давление газов, при котором на ходе поршня в точности получится работа за цикл.

$$L_i = p_i V_h; \quad p_i = L_i / V_h. \quad (2.6)$$

Это давление называется средним индикаторным давлением и представляет собой такое условное постоянное давление, которое, оказывая воздействие на поршень, совершает за один ход работы, эквивалентную индикаторной работе L_i газов в цилиндре за цикл.

Индикаторная мощность поршневой части многоцилиндрового двигателя при частоте вращения коленчатого вала n , об/мин, составит:

$$N_i = p_i V_h n / (30\tau), \quad (2.7)$$

где N_i – индикаторная мощность, кВт;
 p_i – индикаторное давление, МПа;
 V_h – рабочий объем, л.

Отношение индикаторной мощности N_i к тепловому потоку, подведенному к рабочему телу в результате сгорания топлива, называют индикаторным [КПД](#) двигателя.

$$N \cdot i = N_i (G H_u), \quad (2.8)$$

где G – расход топлива, кг/с;

H_u – низшая теплотворная способность топлива, кДж/кг.

Индикаторный КПД характеризует степень использования теплоты в цилиндре реального двигателя с учетом всех потерь, кроме механических. У современных [ДВС](#) индикаторный [КПД](#) достигает 0,5.

Экономичность действительного цикла кроме индикаторного КПД часто оценивают удельным индикаторным расходом топлива, под которым понимают расход топлива на единицу индикаторной мощности за единицу времени, г/(кВт·ч);

$$g_i = 10^3 G_T / N_i = 3,6 \cdot 10^6 / (\eta_i H_u), \quad (2.9)$$

где G_T – часовой расход топлива, кг/ч.

Эффективные показатели двигателей. Эффективную работу двигателя за один цикл в самом общем случае можно выразить формулой

$$L_e = L_i - L_{bk} + L_H - L_T, \quad (2.10)$$

где $L_{bk} + L_H$ – работа, затрачиваемая на преодоление внутренних потерь и на привод нагнетателя;

L_T – работа, получаемая от турбины за цикл и на один цилиндр.

Разделив (2.9) на рабочий объем V_h , получим

$$\begin{aligned} p_e &= p_i - p_{вн} + p_T, \\ p_e &= h_e / V_h, \end{aligned} \quad (2.11)$$

где p_e – среднее эффективное давление, МПа.

То есть полезная работа, получаемая за цикл с единицы рабочего объема цилиндра или это условное постоянное давление, которое, действуя на поршень за один ход, совершило бы работу, равную полезной работе всего двигателя за цикл.

Умножив выражение (2.10) на $V \cdot h \cdot i \cdot n / (30\tau)$, получим:

$$N_e = N_i - N_{bn} - N_H + N_e, \quad (2.12)$$

где $N_e = p_e \cdot V \cdot h \cdot i \cdot n / (30\tau)$ – эффективная мощность двигателя, кВт;

N_{bn} – мощность, затрачиваемая на внутренние потери, кВт;

N_H – мощность, затрачиваемая на привод нагнетателя, кВт;

N_e – мощность турбины, кВт.

Механический КПД двигателя – величина, характеризующая относительное уменьшение индикаторной мощности N_i за счет механических потерь:

$$N_M = L_e / L_i = p_e / p_i = N_e / N_i . \quad (2.13)$$

Под эффективным КПД двигателя понимают долю от всей подведенной с топливом теплоты, превращенной в полезную работу:

$$N_e = 10^3 L_e / (G_T H_u) = \eta_i \eta_M . \quad (2.14)$$

Аналогично получается удельный эффективный расход топлива на единицу эффективной мощности в единицу времени

$$g_e = 3,6 \cdot 10^6 / (\eta_e H_u) = g \dot{i} / I \eta_M . \quad (2.15)$$

Литровой мощностью двигателя называют номинальную мощность, отнесенную к единице рабочего объема

$$N = N_e / (V_h \dot{i}) = p_e n / (30 \tau) . \quad (2.16)$$

2.6 Форсирование двигателя

Форсированием двигателя называют проведение системы конструктивных мероприятий, обеспечивающих повышение максимальной мощности существующего двигателя. Основным показателем форсированности поршневых двигателей считают их литровую мощность. Согласно выражению (2.17) имеются три возможности форсирования двигателей: по частоте вращения n , по тактности τ и среднему эффективному давлению p_e .

Форсирование по частоте вращения n давно применяется, однако, оно имеет ограничения по прочности кривошипно-шатунного механизма (силы инерции растут пропорционально Rn^2), а также в связи с уменьшением p_e из-за снижения с ростом частоты вращения величин η_v и η_i .

Форсирование переходом на двухтактный процесс (от $\tau = 4-2$) не дает двукратного увеличения $N_{л}$, так как у двухтактного двигателя значительно ниже, чем у четырехтактного, из-за уменьшения при прочих равных условиях η_i и особенно η_v . Но, вообще, вопрос о применении двухтактных двигателей очень сложен и практически решается неоднозначно.

Главным путем форсирования является увеличение среднего эффективного давления p_e за счет увеличения цикловой подачи топлива, то есть уменьшения коэффициента избытка воздуха α , увеличения коэффициента наполнения η_v за счет повышения числа и увеличения проходных сечений впускных органов, уменьшения их сопротивления, подбора фаз газораспределения и т.д. Наибольшие возможности форсирования двигателей дает увеличение плотности поступающего в цилиндры воздуха $\rho_k = p_k / RT$ в результате применения наддува, а также уменьшения температуры воздуха

T_k в специальном охладителе, что, кроме того, способствует снижению теплонапряженности двигателя.

2.7 Характеристики двигателей

Для оценки показателей двигателей и параметров их рабочего цикла на различных режимах работы используются различного вида характеристики.

Характеристика двигателя представляет собой графически выраженную зависимость его основных показателей от параметра, характеризующего режим работы (частота вращения, нагрузка), или от какого-либо регулировочного параметра (угол опережения впрыскивания топлива, фазы газораспределения, закон управления подачей топлива и т.д.).

На работу двигателя одновременно оказывает воздействие большое число различных факторов, учет совместного влияния которых весьма затруднителен. Поэтому возникла необходимость в получении характеристик двигателей на специально оборудованных стендах, на которых возможно исследование того или иного из показателей двигателя в функции одного из независимых переменных, который в данном случае является аргументом характеристики, при этом другие независимые переменные сохраняют постоянными. В зависимости от параметра, принимаемого в качестве независимого переменного, различают три основные группы характеристик: нагрузочные, скоростные и регулировочные.

Нагрузочной характеристикой называют зависимость часового удельного расходов топлива от нагрузки при постоянной частоте вращения коленчатого вала.

Скоростные характеристики выражают зависимость основных показателей двигателей N_e , M_e , G_T , g_e от частоты вращения коленчатого вала при постоянном положении органа, регулирующего подачу топлива. Скоростные характеристики делятся на внешние, частичные, регуляторные и тормозные.

Внешней скоростной характеристикой дизеля называют зависимости, полученные при постоянном полном выходе рейки топливного насоса высокого давления (рисунок 2.8).

Работа двигателя при $\eta > \eta_N$ нецелесообразна вследствие ухудшения топливной экономичности при уменьшающейся эффективной мощности и возрастания инерционных нагрузок. Рабочим диапазоном скоростных режимов называют интервал частот вращения от η_{\min} (минимально устойчи-

вой частоты вращения под нагрузкой) до η_N (частоты вращения при максимальной мощности).

Частичными скоростными характеристиками называют аналогичные зависимости, получаемые при условии постоянного, но не максимального выхода рейки.

Регуляторные характеристики поршневых двигателей выражают зависимость основных показателей двигателя от частоты вращения коленчатого вала при перемещении органа управления подачей топлива автоматическим регулятором. Регулировочными характеристиками называют зависимость основных показателей двигателя от одного из регулируемых параметров.

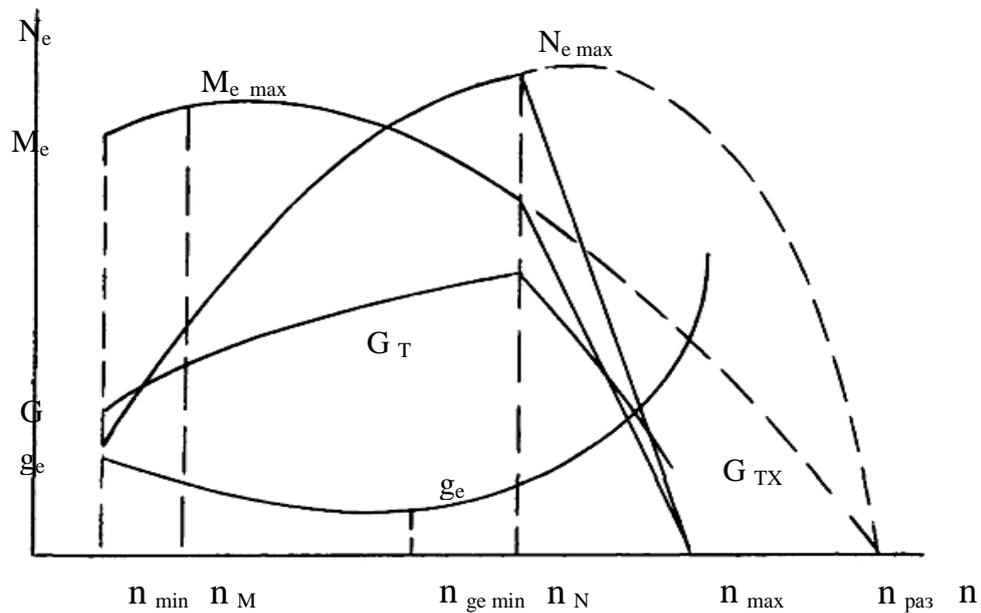


Рисунок 2.8 – Скоростная характеристика дизеля

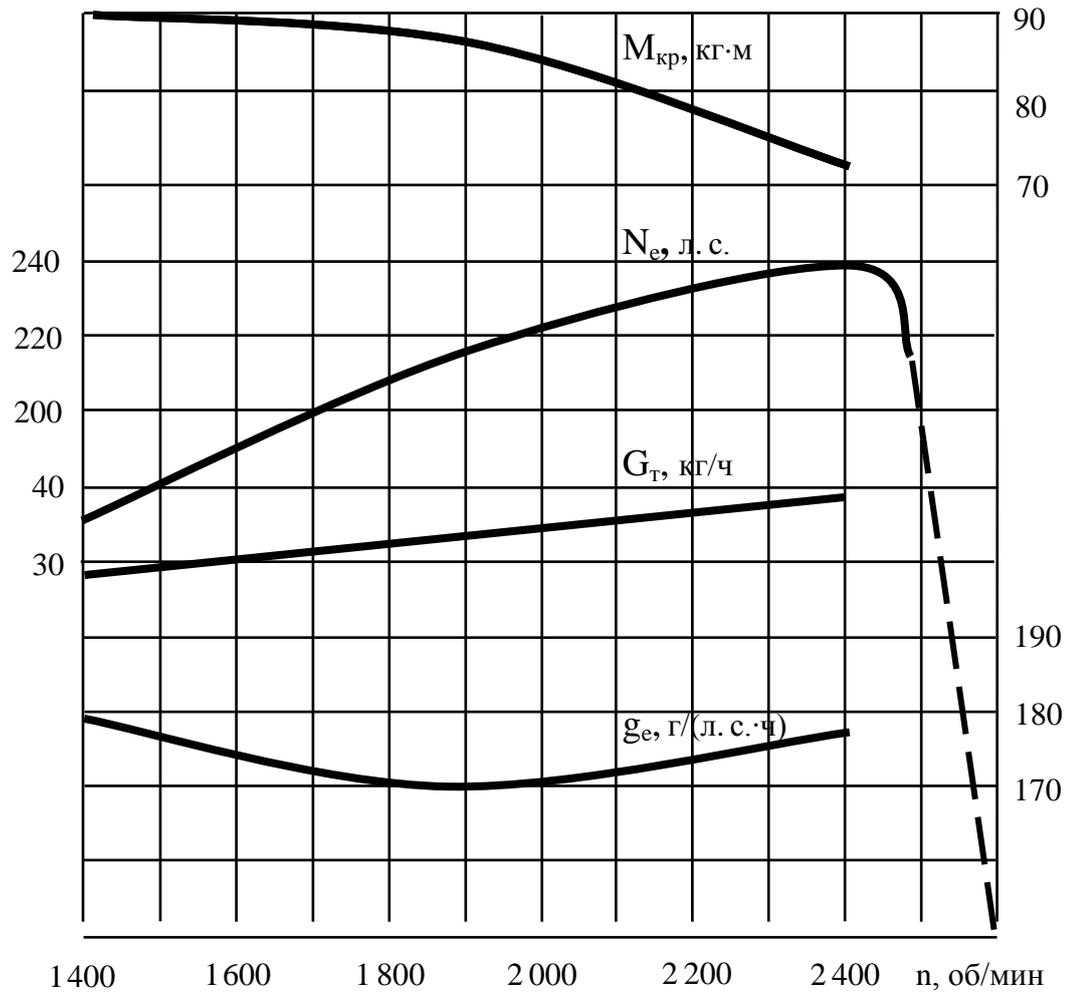


Рисунок 2.9 – Внешняя характеристика двигателя 5Д20-240

Эти характеристики используют для экспериментальной отладки и проверки отдельных узлов и механизмов.

Тормозной характеристикой поршневого двигателя называется зависимость энергии, необходимой на проворачивание коленчатого вала (тормозной мощности) без подачи топлива, от его частоты вращения.

Контрольные вопросы

- 1 Определение двигателя, теплового двигателя, [ДВС](#).
- 2 Признаки классификации ДВС.
- 3 Понятие рабочего цикла рабочего тела, процесса, такта.
- 4 Определение мертвых точек характерных объёмов, степени сжатия.
- 5 Дать определение коэффициентов остаточных газов, наполнения и избытка воздуха.
- 6 Что называют круговой и индикаторной диаграммами работы двигателя?

- 7 Перечислить основные формы камер сгорания двигателей.
- 8 Виды смесеобразования ДВС.
- 9 Сравнительная оценка дизельных и карбюраторных двигателей.
- 10 Энергетические показатели ДВС.
- 11 Экономические показатели ДВС.
- 12 Способы форсирования двигателей.
- 13 Понятия характеристики двигателя.
- 14 Перечислить основные группы характеристик двигателя.
- 15 Что понимают под внешней скоростной характеристикой двигателя?

Глава 3. Силовая установка боевых гусеничных машин

3.1 Определение силовой установки и требования, предъявляемые к ней

В соответствии с принятой в нашей стране оборонительной военной доктриной, в условиях установления паритета по вооружению и военной технике, достижение превосходства над вероятными противниками по боевому потенциалу возможно только за счет качественных параметров – высокой боевой эффективности [ВВТ](#) и умелого владения ими с наиболее полным использованием их технических возможностей. В настоящее время на вооружении Воздушно-десантных войск состоит целый ряд боевых машин десанта ([БМД-1П](#), БМД-2, БМД-3).

Под эффективностью объектов ВВТ понимается их способность выполнять поставленные задачи с учетом внешних условий и противодействия противника, а также технических и материальных ограничений.

Повышению боевой эффективности бронетанковой техники в значительной мере зависит от совершенствования и развития силовых установок, влияние которых на боевые свойства существенно возросло. Если в танках Второй мировой войны силовая установка, как источник механической энергии, определяла в основном показатели подвижности, то в современных многоцелевых гусеничных машинах, оснащенных энергопотребляющими системами вооружения и защиты, она оказывает непосредственное влияние на огневую мощь и защищенность.

Из опыта боевых действий в Чечне и Республике Афганистан выявлено, что у боевых машин наибольшее число отказов приходится на силовую установку (35,7 %).

Современные [СУ](#) [БГМ](#) представляют собой сложные технические комплексы, включающие в себя двигатели внутреннего сгорания различных типов и системы, обеспечивающие их работоспособность.

Силовой установкой боевой гусеничной машины называют двигатель вместе с агрегатами и приборами систем, обеспечивающих его работу.

К основным системам, обслуживающим двигатель относятся:

- система охлаждения;
- смазывающая система;
- система питания топливом;
- система питания воздухом;
- система газовыпуска;
- система пуска;
- система подогрева.

Система охлаждения – совокупность устройств, обеспечивающих принудительный отвод тепла от деталей двигателя, контактирующих с горячими газами, с целью поддержания наиболее благоприятного теплового состояния.

Системы охлаждения должны удовлетворять всем требованиям, предъявляемым к силовым установкам и дополнительно:

- стабильно поддерживать тепловое состояние двигателя на всех режимах его работы, во всех дорожных и климатических условиях;
- компактность.

Масляная система предназначена для непрерывного и принудительного подвода масла под давлением к трущимся поверхностям двигателя, очистки масла, частичного отвода тепла от трущихся поверхностей, защиты поверхностей от коррозии, хранения и транспортировки определенного количества масла.

Основные требования к маслам:

- возможна более низкая температура застывания;
- химическая и физическая стабильность;
- минимальное коррозионное воздействие на металлы;
- отсутствие механических примесей и воды.

Система питания топливом обеспечивает очистку и подачу определенных порций топлива в мелкораспыленном виде, в строго определенное время; изменения количества подаваемого топлива в зависимости от скоростного и нагрузочного режима работы двигателя, а также для хранения и транспортировки определенного запаса топлива и обеспечения работы подогревателя и системы подогрева впускного воздуха.

В топливной системе обычно выделяют три основных элемента:

1) топливная система низкого давления (ТСНД), которая служит для размещения видимого запаса топлива, очистки и нагнетания его к [ТНВД](#). Все устройства этой системы размещаются на машине, только топливоподкачивающий насос и фильтр тонкой очистки – на двигателе;

2) дренажная система, обеспечивающая связь баков между собой и с атмосферой, а также возвращение избытка топлива, его паров от фильтра и ТНВД в баки, что особенно необходимо для многотопливных дизелей при работе на бензине;

3) топливная система высокого давления (ТСВД), обеспечивающая точное дозирование топлива в соответствии с режимом работы дизеля, нагнетание в камеру сгорания и распыливание его. ТСВД, как правило, включает топливоподающую аппаратуру и устройства, регулирующие рабочий процесс в ней.

Система питания воздухом предназначена для забора воздуха, очистки его и подачи очищенного от пыли воздуха к цилиндрам двигателя.

Основной элемент системы – воздухоочиститель, который должен обеспечивать низкий коэффициент пропуска пыли 0,1–0,2 %, иметь относительно не большое сопротивление для сохранения величины коэффициента наполнения, быть компактным, выдерживать воздействие вибрации и кратковременных динамических перегрузок.

Система газовыпуска предназначена для отвода отработавших газов за пределы броневго корпуса машины.

Система подогрева обеспечивает надежный разогрев двигателя перед пуском и дает возможность поддерживать температуру двигателя не ниже определенного предела, при котором его можно нагружать в холодное время путем периодического включения в работу подогревателя.

Основные требования к системе подогрева – удобство и надежность в работе, безопасность в пожарном отношении, компактность, экономичность.

При разработке технических требований к силовой установке определяющим является обеспечение высоких боевых свойств БВТ с учетом концепции применения боевых машин в современной войне, уровня научно-технической мысли и достижений в области технологии, состояния производственной базы, накопленного опыта двигателестроения и перспектив его развития.

В соответствии с современными требованиями к [БГМ](#) по их боевым свойствам [СУ](#) должны иметь следующий уровень параметров и показателей.

По обеспечению подвижности:

- удельная мощность $N_{уд} = 2,2–2,5$ кВт/кН, что обеспечит требуемые скорости движения и маневренность БГМ на поле боя;
- габаритная мощность двигателя;
- габаритная мощность моторно-трансмиссионного отделения;
- плотность компоновки [МТО](#) $\varphi_{МТО} = 80–85$ %;
- коэффициент приспособляемости дизеля равен 1,3–1,4;
- приемистость дизеля в объектовых условиях $\tau_p = 4–6$ с;
- удельный эффективный расход топлива на режиме максимальной мощности для дизеля – 210–225 г/(кВт·ч), а километровый расход – менее 4,3 л/км.

По обеспечению защищенности:

- высота [СУ](#) 800–1 000 мм;
- температура в [МТО](#) – не более 100–120 °С, а наиболее нагретых локальных участков броневых листов [МТО](#) – не более 60 °С.

По обеспечению боеготовности:

- гарантированный пуск двигателя в интервале температур окружающего воздуха от +50 до –50 °С;
- время готовности двигателя к работе под нагрузкой 3 мин при $T = -20$ °С и 20 мин при $T = -40$ °С.

По надежности:

- гарантийная наработка двигателя и его систем – не менее 500 моточасов, ресурс – 1 000 моточасов;
- время на замену моторно-трансмиссионного блока 1 час;
- сохраняемость СУ – на уровне сохраняемости объекта, на котором она установлена.

По функционированию в различных условиях эксплуатации:

- при температуре окружающей среды +50...–50 °С, а в зонах пожаров кратковременно до +100 °С;
- при пониженном атмосферном давлении (до 59,8 кПа), соответствующем высоте над уровнем моря до 4 000 м;
- при большом противодавлении на выходе из двигателя, соответствующем глубине водной преграды до 7 м;
- при кренах объекта на подъемах и спусках до 35°, без ограничения по времени;
- при знакопеременных и ударных нагрузках (при десантировании);
- при значительном запылении воздуха;
- возможность глушения двигателя при любой допустимой температуре охлаждающей жидкости и масла.

По обслуживанию:

- время на обслуживание СУ, отнесенное к единице пути пробега БГМ, – 0,010–0,015 км/ч;
- минимальный объем и время работ при сезонном обслуживании и подготовке к эксплуатации в особых условиях (под водой, на плаву);
- ремонтпригодность, легкость замены навесных агрегатов и двигателя в сборе в полевых условиях.

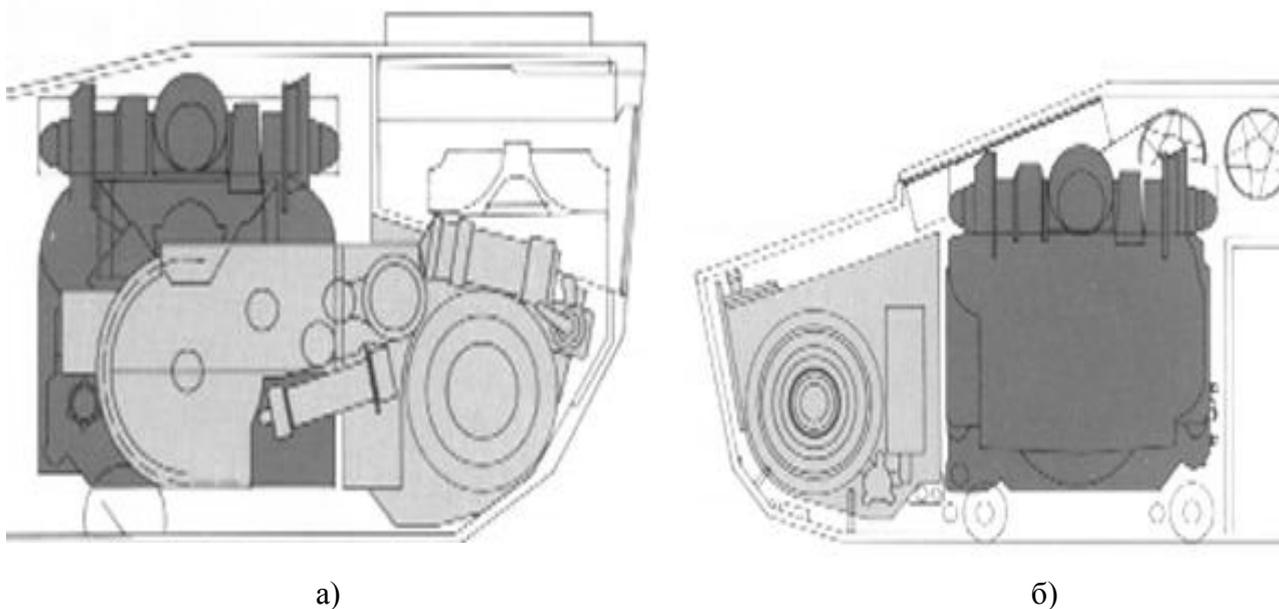
Общеконструкторские требования:

- минимальная масса;
- сравнительная дешевизна изготовления и монтажа;
- минимальный расход мощности на привод приборов и агрегатов систем двигателя.

Практически в полной мере этим требованиям отвечают силовые установки боевых машин десанта (таблица 3.1).

3.2 Компоновка силовой установки

Компоновка силовой установки является частью общей компоновки моторно-трансмиссионного отделения (МТО) и подчинена решению задачи – установке мощного двигателя с обеспечивающими его системами и приводами управления при минимальном объеме и длине МТО. При этом предусматривается удобства обслуживания, монтажа и демонтажа агрегатов, возможность движения на плаву и надежная защита от пуль, осколков, поражающих факторов ОМП.



а) в задней части корпуса машины; б) в передней части корпуса машины

Рисунок 3.1 – Виды компоновки силовой установки

В танкостроении различают два основных вида компоновки (рисунок 3.1):

- в задней части корпуса машины;
- в передней части корпуса машины.

Компоновка силовой установки и отделения в целом зависит от габаритных размеров и способа охлаждения выбранного двигателя. Двигатели, расположенные вдоль оси боевой машины, удлиняют МТО, уменьшая главное отделение – боевое. Поперечное размещение двигателя позволяет сократить длину МТО, но усложняет трансмиссию, в состав которой входит дополнительный редуктор, соединяющий коленчатый вал с ведущим валом коробки передач.

Для двигателей с жидкостной системой охлаждения необходимы радиаторы, которые устанавливают в общем объеме отделения или в изоли-

рованных отсеках. Если радиаторы устанавливают в изолированных отсеках, то воздушный тракт системы охлаждения оказывается изолированным от внутреннего объема машины. Воздух продувается через радиаторы осевыми или центробежными радиаторами или эжекционным путем, за счет использования энергии в отработавших газов двигателя (БМД). Эжекционная система охлаждения компактнее вентиляторной, обеспечивает теплозащитку, но при работе создает сильный шум.

При компоновке коммуникаций питающего воздуха и установке воздухоочистителей сокращают длину тракта для уменьшения разряжения всасывания, воздухоприток размещают в наименее запыленной области боевой машины, предусматривают переключение на питание двигателя воздухом из боевого отделения при движении на плаву. Компоную выпускной тракт, предусматривают теплозащитку: горячие отработавшие газы предварительно смешивают с охлаждающим воздухом и только после этого охлажденную смесь выводят за пределы броневых корпусов.

Для монтажа, демонтажа и обслуживания силовой установки броневые листы, крыши МТО делают съемными, предусматривают люки, лючки и отверстия в крыше и днище машины.

Основные компоновочные характеристики, энергетические и экономические показатели силовой установки должны обеспечить заданную тактико-техническими требованиями подвижность БМД. Важнейшей компоновочной и энергетической характеристикой двигателя является габаритная мощность, представляющая собой отношение эффективной мощности к габаритному объему двигателя.

Чем выше значение габаритной мощности, тем меньше объем занимаемый двигателем в ограниченном объеме МТО, и соответственно, меньше его масса.

Поэтому высокая габаритная мощность является одним из главных требований, предъявляемых к двигателю и силовой установке в целом.

3.3 Техническая характеристика силовых установок современных боевых гусеничных машин, перспективные направления их развития

Характерными особенностями современных дизелей являются:

- широкое использование наддува;
- форсирование их по частоте вращения коленчатого вала;
- многотопливность;
- повышение надежности.

К отличительным особенностям относятся:

- разнотипность по тактности;
- способ смесеобразования;
- система наддува;
- способ охлаждения.

Большинство двигателей танков и [БМП](#) – четырехтактные дизели, двухтактные двигатели установлены на отечественных танках серии Т-64 и Т-80УД, на английском танке «Чифтен» и японских танках «74» и «90».

По способу смесеобразования отличаются двигатели фирмы MTU (Германия), имеющие предкамерное смесеобразование, и французский двигатель фирмы «Испано-Сюзиза» HS-110 с вихрекамерным смесеобразованием.

Современные двигатели танков и БМП за исключением отечественных двигателей боевых машин пехоты имеют наддув, который осуществляется либо приводным нагнетателем (центробежным или объемным), либо турбонагнетателем.

Большинство фирм отдает предпочтение жидкостной системе охлаждения. Исключение составляют американские двигатели фирмы «Континенталь» и японские двигатели фирмы «Мицубиси», имеющие воздушное охлаждение.

Основные данные последних серийных образцов приведены в таблице 3.2.

Для отечественного танкового двигателестроения характерно дальнейшее развитие четырехтактных дизелей типа В-2, создание двухтактных и газотурбинных двигателей.

К семейству дизеля типа В-2 относятся двигатели В-46-6 и В-84-1, установленные в танках Т-72А и Т-72Б.

Двигатель В-46-6 – четырехтактный двенадцатицилиндровый V-образный с углом развала блоков $\gamma = 60^\circ$ многотопливный дизель с непосредственным смесеобразованием жидкостного охлаждения, имеющий наддув от приводного центробежного нагнетателя с $\pi_d = 1,9$. Максимальная мощность двигателя N_e равна 575 кВт (780 л. с.) при частоте вращения $n_N = 2\ 000$ об/мин, удельный эффективный расход топлива $g_e = 245$ г/(кВт·ч) [180 г/(л. с.·ч)]. С введением наддува изменены фазы газораспределения для улучшения продувки цилиндров и наполнения их свежим зарядом, понижена степень сжатия ε с 15 до 14 для ограничения максимального давления сгорания ($p_Z = 10$ МПа), внедрен ряд конструктивно-технологических мероприятий, повышающих надежность форсированного двигателя.

Дефорсированный вариант двигателя В-46-6, получивший индекс В-46-5М, устанавливается в модернизированных танках Т-55М и Т-62М. Снижение мощности этого двигателя до $N_e = 510$ кВт (690 л. с.) осуществлено путем уменьшения цикловой подачи топлива и понижения частоты вращения коленчатого вала с 2 000 до 1 900 об/мин. На некоторых танках Т-55М и Т-62М устанавливается двигатель В-55У, имеющий мощность 455 кВт (620 л. с.).

Двигатель В-84-1 является модернизированной моделью двигателя В-46-6 с увеличенной мощностью до $N_e = 615$ кВт (840 л. с.). Повышение мощности получено за счет увеличения цикловой подачи топлива. Основные данные двигателя приведены в таблице 3.2.

С середины шестидесятых годов в нашей стране начато серийное производство танков с двухтактными двигателями, которые отличаются весьма высокими удельными энергетическими показателями.

Двигатель 5ТДФ, установленный в танках серии Т-64 – двухтактный пятицилиндровый быстроходный турбопоршневой многотопливный дизель жидкостного охлаждения с прямоточной двухпоршневой продувкой.

Цилиндры двигателя расположены горизонтально. В каждом из них установлено по два противоположно движущихся поршня, соединенных каждый со своим коленчатым валом. Процессы газообмена осуществляются через продувочные и выпускные окна, выполненные с одной и другой сторон цилиндра ближе к его краям. Открытие и закрытие окон осуществляются поршнями. Поршни двигателя комбинированные, охлаждаемые орошением масла. Они состоят из корпуса, выполненного из алюминиевого сплава и стальной жаровой накладки, соединенных четырьмя болтами. Подвод масла для смазки двухрядного игольчатого подшипника поршневого пальца и охлаждения поршня осуществляется по каналу в шатуне от шатунного подшипника коленчатого вала.

Продувка цилиндров и наддув их свежим зарядом осуществляются центробежным нагнетателем с $\pi_k = 2,67$. Привод нагнетателя комбинированный – от осевой газовой турбины и коленчатых валов.

Двигатель имеет максимальную эффективную мощность $N_e = 515$ кВт (700 л. с.) при частоте вращения $n_N = 2\,800$ об/мин.

Использование двухтактного цикла и форсирование двигателя наддувом и по частоте вращения обеспечили высокие удельные энергетические показатели ($N_{л} = 38,1$ кВт/л, $N_{г} = 630$ кВт/м³). Высокая экономичность двигателя [$g_e = 238$ г/(кВт·ч)] достигнута за счет продолженного расширения газа в турбине, малого относительного теплоотвода в систему охлаждения, так как камера сгорания в цилиндре образуется между двумя поршнями, и двигатель не имеет охлаждаемой головки цилиндров, а также

качественного смесеобразования, обусловленного организованным воздушным вихрем в сочетании с мелким распыливанием топлива, впрыскиваемого под высоким давлением.

Двигатель 6ТД, установленный в танке Т-80УД, выполнен по той же схеме, что и 5ТДФ. Он имеет 6 цилиндров и более высокую степень форсирования ($\pi_k = 3,3$), в результате чего его мощность увеличена до 735 кВт (1 000 л. с.). Другие основные данные этого двигателя приведены в таблице 3.2.

В 1976 г. впервые в практике мирового танкостроения в нашей стране на вооружение был принят серийный танк с газотурбинным двигателем.

Двигатель ГТД-1000Т, установленный в танке Т-80, выполнен по трехвальной схеме с двумя независимыми турбокомпрессорами и со свободной силовой турбиной.

К конструктивным особенностям двигателя относятся применение центробежных компрессоров низкого и высокого давления с рабочими колесами закрытого типа, кольцевой противоточной камеры сгорания, осевых турбин привода компрессоров и осевой силовой турбины, имеющей регулируемый сопловой аппарат. РСА используется для создания режима нулевой мощности при переключении передач, ограничения максимальной частоты вращения силовой турбины и создание тормозной мощности.

Двигатель имеет максимальную эффективную мощность $N_e = 735$ кВт и удельный эффективный расход топлива $g_e = 325$ г/(кВт·ч) [240 г/(л. с.·ч)]. Эти показатели получены при параметрах рабочего цикла $T_r = 1\,240$ К и $\pi_k = 9,2$. На режиме холостого хода, называемым малым газом (МГ), часовой расход топлива $G_{\text{МГ}} = 70$ кг/ч.

Совершенствование двигателя шло в направлении повышения мощности и улучшения экономичности за счет освоения более высоких температур газа и степени повышения давления, уменьшения гидравлических сопротивлений проточной части, а также увеличения надежности и обеспечения многотопливности с переходом от реактивного топлива к дизельному как основному виду топлива.

В результате этих работ были созданы модернизированные двигатели ГТД-1000ТФ и ГТД-1250.

Двигатель ГТД-1000ТФ поступил в серийное производство и стал устанавливаться в танках Т-80Б с 1978 г. Параметры его рабочего тела повышены до $T_r = 1\,250$ К, $\pi_k = 9,6$, при этом мощность двигателя увеличена до 810 кВт (1 100 л. с.), а удельный эффективный расход топлива уменьшен до 315 г/(кВт·ч) [230 г/(л. с.·ч)]. Для уменьшения расхода топлива при длительной работе на холостом ходу введен режим стояночного малого газа (СМГ) с расходом топлива 50 г/ч.

Двигатель [ГТД-1250](#) устанавливается с 1991 г. в танке Т-80У. Двигатель имеет еще более высокие параметры цикла ($T_r = 1\,255\text{ К}$, $\pi_k = 9,8$), мощность его возросла до $N_e = 920\text{ кВт}$ (1 250 л. с.), а удельный эффективный расход топлива снизился до $g_e = 305\text{ г/(кВт·ч)}$ [225 г/(л. с.·ч.)]. Другие данные двигателя приведены в таблице 3.2.

В моторно-трансмиссионном отделении танка Т-80У в специальном бронированном отсеке скомпонован энергоагрегат мощностью 18 кВт с приводом от одновального газотурбинного двигателя ГТД-40 мощностью 23,5 кВт при максимальной температуре газа $T_r = 1\,173\text{ К}$ и $\pi_k = 3,2$. Часовой расход топлива $G_T = 25\text{ кг/ч}$ при потребляемой мощности 18 кВт и $G_T = 18\text{ кг/ч}$ при мощности 8 кВт, энергоагрегат используется для питания электропотребителей при функционировании танка на месте, что уменьшает расход топлива и экономит моторесурс тягового двигателя, для подзаряда аккумуляторных батарей, а также для пуска совместно с АКБ тягового двигателя, когда пуск его только от АКБ оказывается невозможным (при слабо заряженных батареях и низкой температуре окружающей среды).

В боевых машинах пехоты применяются двигатели семейства УТД – четырехтактные быстроходные дизели с непосредственным смесеобразованием жидкостного охлаждения.

Двигатель УТД-20, установленный в [БМП-1](#) и БМП-2, имеет V-образное расположение шести цилиндров с углом развала блоков 120° . Мощность двигателя $N_e = 220\text{ кВт}$ (300 л. с.) при частоте вращения $n_N = 2\,600\text{ об/мин}$, удельный эффективный расход топлива $g_e = 238\text{ г/(кВт·ч)}$ [175 г/(л. с.·ч.)]. Учитывая форсирование по частоте вращения, двигатель выполнен короткоходным с отношением хода поршня к диаметру цилиндра $S/D = 150/150$.

Дефорсированная модификация двигателя УТД-20 с индексом 5Д20, мощность которого равна 175 кВт (240 л. с.) устанавливается в боевых машинах десанта [БМД-1](#) и БМД-2.

Двигатель УТД-29Б БМП-2 имеет мощность $N_e = 370\text{ кВт}$ (500 л. с.) при $n_N = 2\,600\text{ об/мин}$. Повышение мощности получено за счет увеличения количества цилиндров до 10. Расположены цилиндры также V-образно, но с большим углом развала блоков ($\gamma = 144^\circ$), что дало возможность уменьшить высоту двигателя и обеспечить десантирование боевого расчета машины. Основные данные двигателя приведены в таблице 3.2.

В 1989 г. на вооружение поступила боевая машина десанта БМД-3, в которой установлен двигатель 2В-06, относящийся к создаваемому семейству турбопоршневых дизелей типа 2В.

Двигатель 2В-06-2 – четырехтактный шестицилиндровый оппозитный (с горизонтальным расположением цилиндров) турбопоршневой мно-

готовливный дизель с непосредственным смесеобразованием жидкостного охлаждения. Максимальная мощность двигателя $N_e = 335$ кВт (455 л. с.), при частоте вращения $n_N = 2\ 000$ об/мин, удельный эффективный расход топлива $g_e = 220$ г/(кВт·ч) [160 г/(л. с.·ч.)].

Наддув двигателя осуществляется двумя турбонагнетателями с охлаждением надвучного воздуха в двух встроенных воздушно-жидкостных охладителях.

К конструктивным особенностям двигателя относятся:

- применение блок-картера, выполненного из высокопрочного чугуна, со смещением блоков цилиндров один относительно другого на половину межцилиндрового расстояния;
- индивидуальных головок из алюминиевого высокопрочного и жаропрочного сплава;
- индивидуальных стальных омедненных колец, уплотняющих газовый стык;
- роликовых коренных подшипников коленчатого вала;
- механизма газораспределения с приводом впускных и выпускных клапанов одним кулачковым валом через коромысла.

Двигатель 2В-06-2 – шестицилиндровый, быстроходный, многотопливный дизель с турбонаддувом и охлаждением надвучного воздуха, с непосредственным впрыском топлива и жидкостным охлаждением. Он выполнен по оппозитной схеме с продольным смещением блоков цилиндров на половину межцилиндрового расстояния и обеспечивает отбор мощности с обоих концов коленчатого вала.

Системами, обслуживающими двигатель, обеспечивающими его нормальную работу, являются: масляная, топливная, воздухообеспечения и газораспределения, охлаждения и подогрева, а также защиты от попадания воды и аварийных режимов работы двигателя.

Т а б л и ц а 3.1 – Технические характеристики силовых установок [БМД](#)

Параметры	Семейства	
	БМД-2	БМД-4
1 Двигатель	5Д20-240	2В-06-2
1.1 Число цилиндров	6	6
1.2 Угол развала блока цилиндров	120°	180°
1.3 Порядок работы цилиндров	1л-1п-2л-2п-3л-3п	1л-3п-2л-1п-3л-2п
1.4 Степень сжатия	15,8	14-0,5

Продолжение таблицы 3.1

Параметры	Семейства	
	БМД-2	БМД-4
1.5 Диаметр цилиндра, м	0,15	0,15
1.6 Ход поршня, м	0,15	0,16
1.7 Мощность номинальная, кВт (л. с.)	177 (240)	295 (400)
1.8 Литраж, л	15,9	16,9
1.9 Минимально устойчивое число оборотов, об/мин	700	600
1.10 Масса, кг	665	870
1.11 Угол начала подачи топлива (до ВМТ в такт сжатия)	24–27°	20°
2 Система пуска	Основная – сжатым воздухом, дополнительная – стартерным двигателем	
3 Топливная система		
3.1 Применяемое топливо	Основное – дизельное	
		Дублирующее – керосин, бензин-450
3.2 Емкость топливных баков, л	280	450
4 Масляная система	Комбинированная, с сухим картером	
4.1 Масло	МТ-16п МТЗ-10п	М12В2РК М16ИХП-3 М8В ₂ С МТ-16п МТЗ-10п
4.2 Количество масла в баке, л	40	57
5 Система охлаждения	Принудительная, закрытого типа, Эжекционная	

Продолжение таблицы 3.1

Параметры	Семейства	
	БМД-2	БМД-4
5.1 Охлаждающие жидкости	Летом – вода с трехкомпонентной присадкой Зимой – НОЖ 40,65	
		Тосол А-40М Тосол А-65М
5.2 Емкость системы вода/НОЖ, л	50/47,5	60/57
6 Система подогрева	Жидкостная, с форсуночным подогревателем	
		С дистанционным управлением с места механика-водителя

3.4 Сравнительная оценка силовых установок современных боевых гусеничных машин

Сравнительная оценка дизелей и карбюраторных двигателей. Применение на танках дизелей обусловлено рядом присущих им преимуществ по сравнению с карбюраторными двигателями, основным из которых является:

- лучшая топливная экономичность. Удельный расход топлива дизелей в среднем на 30 % ниже, чем у карбюраторных двигателей. Это позволяет при одинаковой емкости топливных баков и большей плотности дизельных топлив по сравнению с бензинами увеличить запас хода машины примерно на 40–50 %;

- малая испаряемость дизельных топлив обеспечивает удобство их хранения, транспортировки и, что особенно важно, существенно уменьшает пожарную опасность в танке;

- в отличие от карбюраторных двигателей дизели могут работать на различных видах топлив, в том числе бензине, то есть являются многотопливными. Это свойство дизеля расширяет возможности их применения в сложных условиях энергетического кризиса и затрудненного снабжения войск основным видом топлива;

- дизели более приспособлены к форсированию по среднему эффективному давлению за счет наддува.

По некоторым показателям карбюраторные двигатели превосходят дизели. Так, при одинаковой эффективной мощности дизель имеет большие габаритные размеры за счет меньшей величины литровой мощности. Высокие максимальные давления газов, достигаемые в цилиндрах дизеля при сгорании, требуют внедрения конструктивных и технологических мероприятий по обеспечению надежной работы, что ведет к увеличению стоимости и массы двигателя. Вследствие разного способа воспламенения топливовоздушной смеси в карбюраторных двигателях и дизелях последние имеют худшие пусковые качества несмотря на то, что степень сжатия у них выше.

Сравнительная оценка двухтактных двигателей. При одинаковом литраже работа газов за цикл и пропорциональное ей среднее эффективное давление p_e в двухтактных дизелях без наддува меньше, чем в четырехтактных.

Это объясняется следующими обстоятельствами:

- малым временем, отводимым на процессы газообмена;
- ухудшением очистки цилиндров от отработавших газов и наполнения их свежим зарядом;
- наличием потерянного хода поршня, в течение которого открыты продувочные и выпускные окна.

Однако, несмотря на меньшее p_e из-за более высокой частоты циклов величина литровой мощности $N_{л}$ в двухтактных дизелях на 40–70 % выше, чем в четырехтактных дизелях без наддува.

Большая частота циклов является причиной высокой тепловой напряженности деталей цилиндропоршневой группы, что требует разработки дополнительных мероприятий по обеспечению надежности их работы и уменьшает возможности форсирования двигателей наддувом.

В двухтактных двигателях к отработавшим газам подмешивается продувочный воздух. Это снижает их температуру и улучшает защиту объекта от тепловизионных средств обнаружения и поражения боеприпасами с тепловыми головками самонаведения.

По экономическим показателям двухтактные двигатели при равных условиях уступают четырехтактным, что объясняется меньшей полнотой сгорания топлива из-за худших условий смесеобразования, наличием потерянного хода поршня и затратами энергии на привод продувочного насоса.

В двухтактных двигателях значительное количество воздуха идет на продувку цилиндров. Это увеличивает суммарный расход воздуха и требует установки воздухоочистителя больших размеров. Такие двигатели более чувствительны к сопротивлениям на впуске и выпуске. Из-за отсутствия

выталкивающего действия поршня при выпуске двигатель не может работать при высоких противодавлениях и для преодоления танком водных преград по дну необходимо применять газывыводящую трубу.

Сравнительная оценка газотурбинных двигателей. В газотурбинных двигателях вследствие невысоких параметров цикла, ограничиваемых жаропрочностью лопаток турбин, работа, совершаемая одним килограммом газа, значительно меньше, чем в поршневых двигателях. Однако, несмотря на низкую работоспособность рабочего тела по величине габаритной мощности газотурбинные двигатели могут превосходить поршневые двигатели, что объясняется непрерывностью протекания процессов рабочего цикла. Повышение жаропрочности материалов и совершенствование способов охлаждения лопаток турбин, позволяющие улучшить параметры цикла, будут способствовать возрастанию преимуществ [ГТД](#) по данному показателю.

Газотурбинные двигатели имеют более высокие тяговые качества, оцениваемые коэффициентом приспособляемости, что позволяет значительно уменьшить число передач в трансмиссии, упростить ее конструкцию и повысить среднюю скорость движения танка.

Важным преимуществом ГТД с точки зрения обеспечения высокой боевой готовности танков являются высокие пусковые качества двигателя и быстрый выход его на эксплуатационные режимы работы при любых климатических условиях.

Однако процесс ГТД, занимающий около 30 секунд, более продолжителен, чем у поршневых двигателей. Это требует больших затрат энергии и уменьшает возможное количество пусков.

Существенными преимуществами ГТД являются:

- отсутствие жидкостной системы охлаждения;
- малый расход масла, которые уменьшают размеры силовой установки, упрощают ее эксплуатацию, сокращают время и объем обслуживания;
- в газотурбинных двигателях нет возвратно-поступательно движущихся масс, которые в поршневых двигателях часто являются причиной появления неуравновешенных сил и моментов, вызывающих вибрацию двигателя;
- в газотурбинных двигателях все подвижные детали – вращающиеся, причем узлы, имеющие высокую частоту вращения, предварительно балансируются;
- высокая равномерность хода и хорошая уравновешенность ГТД повышают надежность его работы;

- в газовом факеле поршневых двигателей вследствие неполного сгорания топлива содержатся твердые частицы продуктов сгорания, имеющие высокую температуру и являющиеся мощным источником теплового излучения. В отличие от поршневых в газотурбинных двигателях процесс сгорания протекает при значительно большем количестве избыточного воздуха, что обеспечивает практически полное сгорание топлива и меньшую температуру отработавших газов. По этой причине [ГТД](#) имеет меньшие демаскирующие свойства, что уменьшает дальность обнаружения танков с ГТД тепловизионными средствами наблюдения, а также дальность поражения их боеприпасами с тепловыми головками самонаведения;

- меньший шум при работе ГТД и значительно меньшее загрязнение отработавшими газами окружающей среды.

Наряду с положительными качествами газотурбинные двигатели имеют и ряд недостатков.

К наиболее существенным относятся:

- низкая топливная экономичность, особенно на частичных режимах. Это объясняется протеканием рабочего цикла при меньших температурах и давлении рабочего тела. При улучшении параметров рабочего цикла экономические показатели ГТД могут быть повышены. Другим эффективным путем уменьшения расходов топлива является применение теплообменников;

- вследствие меньшей работы, совершаемой единицей количества газа, расход воздуха через газотурбинный двигатель значительно больше, чем через поршневой, что увеличивает размеры воздухоочистителя;

- мощность и экономичность ГТД в большей степени зависят от температуры и давления окружающей среды, а также от сопротивлений на впуске и выпуске, вследствие чего для преодоления водных преград по дну необходима установка как воздухопитающей, так и газоотводящей трубы;

- в силовых установках с ГТД кроме обычных систем, обеспечивающих работу двигателя, дополнительно применяется ряд специальных систем, кратковременно функционирующих лишь при определенных условиях. Включение и выключение этих систем осуществляются автоматически, что усложняет их конструкцию и снижает надежность работы;

- к числу недостатков ГТД относятся также большие трудоемкость их изготовления и стоимость, меньшая ремонтпригодность в эксплуатации.

Оценка влияния силовой установки на боевые свойства [ВВТ](#). Повышение уровня боевых свойств объектов ВВТ в самой существенной мере зависит от энергетических, топливно-экономических и объемно-массовых показателей силовых установок. Влияние этих показателей на эффектив-

ность боевого использования [БГМ](#) проявляется в основном через параметры подвижности, защищенности и боеготовности.

Подвижность БГМ оценивается главным образом средней скоростью их движения и запасом хода по топливу.

На основе многочисленных экспериментальных данных получена эмпирическая зависимость

$$V_{\text{ср}} = (14,2 + 24,6N_{\text{уд}} - 4,0N_{\text{уд}}^2) \cdot K_{\text{ТС}}, \quad (3.1)$$

где $N_{\text{уд}}$ – удельная мощность, $N_{\text{уд}} = Ne_{\text{max}} / M_{\text{T}}g$, кВт/кН;

$K_{\text{ТС}}$ – коэффициент технического совершенства, $K_{\text{ТС}} = 0,65–0,8$.

Эта зависимость представлена на рисунке 3.2.

На величину $V_{\text{ср}}$ оказывают влияние такие тяговые свойства двигателя, которые определяются крутизной зависимости вращающего момента от частоты вращения коленчатого вала и оцениваются коэффициентом приспособляемости

$$K_{\text{п}} = Me_{\text{max}} / M_{\text{Ne}} = 1,1–1,3. \quad (3.2)$$

Чем больше $K_{\text{п}}$, тем меньше изменяется частота вращения коленчатого вала при изменении внешнего сопротивления.

$$V_{\text{ср}} = A (1 - e^{-BN_{\text{уд}}}) K_{\text{ТС}}, \quad (3.3)$$

где $A = 54,5$ км/ч;

$B = 1,02$ кН/кВт.

Величина запаса хода БГМ определяется количеством возимого топлива $Q_{\text{топл}}$, л и средним километровым расходом топлива g_{T} , л/км

$$L_{\text{топ}} = Q_{\text{топл}} / g_{\text{T}}.$$

Высокая боевая готовность БГМ означает, прежде всего, содержание ее в исправном состоянии с достаточным запасом ресурса и подготовку к боевому использованию с минимальными затратами времени.

Важной составной частью боеготовности БГМ является продолжительность подготовки [СУ](#) к работе под нагрузкой

$$t_{\text{г}} = t_{\text{аб}} + t_{\text{пп}} + t_{\text{р}} + t_{\text{пд}} + t_{\text{пр}}, \quad (3.4)$$

где $t_{\text{аб}}$ – время установки АБ, $t_{\text{аб}} = (0,2–0,34)$;

$t_{\text{пп}}$ – время подготовки и пуска подогревателя, $t_{\text{пп}} = (0,04–0,1)$;

$t_{\text{р}}$ – время разогрева СУ, $t_{\text{р}} = (0,25–0,7)$;

$t_{\text{пд}}$ – время пуска двигателя;

$t_{\text{пр}}$ – время прогрева двигателя до температуры охлаждающей жидкости до 35°C , при которой допускается движение на низшей передаче, $t_{\text{пр}} = (0,02–0,1)$.

На огневую мощь СУ оказывает влияние через динамические, габаритно-объемные показатели, плотность компоновки, уравновешенность двигателя.

Высокие динамические показатели двигателя позволяют быстро занять выгодную огневую позицию и произвести прицельный выстрел по противнику. Высокие габаритно-объемные показатели и плотность компоновки дают возможность выделить больший объем для размещения боеприпасов. Повышение степени уравновешенности двигателя снижает уровень вибраций и увеличивает точность стрельбы.

Улучшение защищенности [БГМ](#) может быть достигнуто за счет уменьшения силуэта, особенно высоты, и повышения скоростных и маневренных качеств. С увеличением скорости и маневренности обстреливаемого объекта уменьшается вероятность попадания в него вследствие ошибок при наведении и более эффективного использования им защитных свойств местности. Таким образом, те показатели СУ, которые влияют на скорость танка (энергетические, габаритно-объемные, массовые, динамические), оказывают соответствующее влияние и на его защищенность.

Уменьшение габаритного объема, прежде всего высоты СУ, определяющей высоту БГМ, повышение плотности компоновки СУ, также способствуют улучшению защищенности объекта.

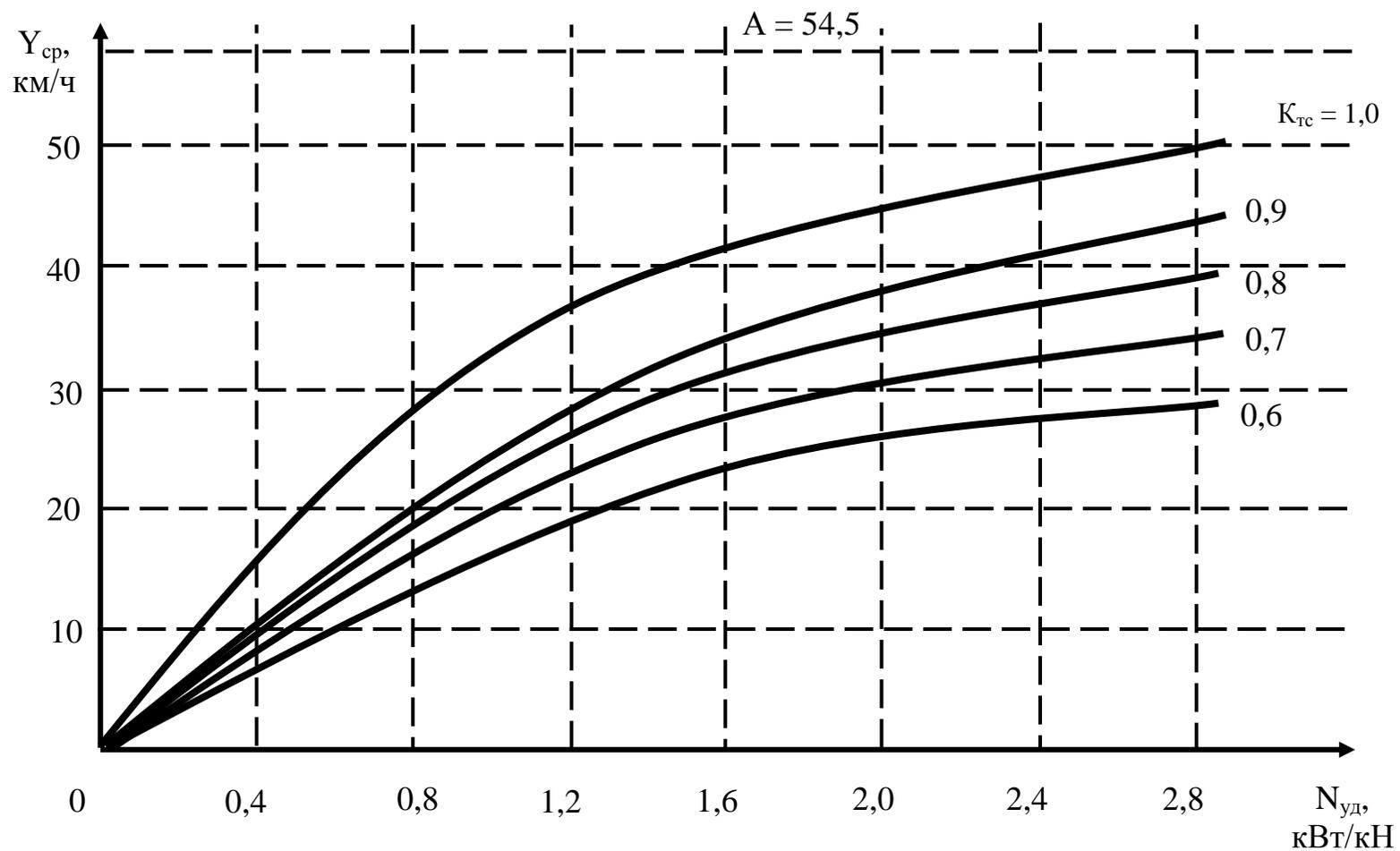


Рисунок 3.2 – Зависимость средней скорости движения БГМ от величины ее удельной мощности при различных коэффициентах технического совершенства

Учитывая интенсивное развитие тепловизионных средств обнаружения и высокоточного оружия с тепловыми головками самонаведения, большое значение для защищенности [БГМ](#) имеет снижение уровня его теплового излучения, наиболее мощным источником которого является СУ. Улучшение защищенности способствует также снижению уровня шума работы двигателя.

3.5 Перспективные направления развития силовых установок боевых гусеничных машин

Дальнейшее развитие силовых установок идет в направлении как модернизации существующих, так и создания новых четырехтактных турбопоршневых и газотурбинных двигателей.

Главными задачами в настоящее время являются:

- уменьшение объема [МТО](#) за счет [СУ](#) на 1/3;
- габаритная мощность перспективного дизеля не менее 920 кВт/м³;
- иметь удельную массу не более 0,67 кг/кВт;
- приемистость: разгон БГМ от 0 до 32 км/ч за время не более 7 с;
- многотопливность;
- легкий пуск без вспомогательных устройств при T до -50 оС;
- наработка на отказ не менее 1 000 ч, до капитального ремонта – 2 000 ч;
- время технического обслуживания при минимальном уровне квалификации не более 1,8 минуты на 1 час работы;
- удельный расход топлива должен быть не более 192 (а к 2010 году – 154) г/кВт·ч.

Анализируя данные таблицы 3.1 с показателями двигателей серийно выпускаемых боевых машин, можно сделать следующие выводы.

1 По удельной мощности наши танки находятся на уровне зарубежных. Но наибольшие показатели имеют двигатели боевых машин десанта [БМД-1](#) – 10,7 л. с./т (2,32 кВт/кН) и [БМД-2](#) – 34,5 л. с./т (2,6 кВт/кН), что полностью удовлетворяет требования к силовым установкам по подвижности (2,2–2,5 кВт/кН).

2 Среднее эффективное давление двигателей без наддува (5Д20 и УТД-29) значительно меньше, чем у двигателей с наддувом. Причем, двигатели зарубежных машин («Леопард-2», «Челленджер») имеют этот показатель выше соответствующих наших танков (Т-72Б) за счет более высокой степени форсирования (у отечественного Т-72Б давление наддува 0,30 МПа вместо 0,18 МПа). По этому показателю зарубежным двигателям не

уступает 2В-06-2 ($p_k = 0,25$ МПа, $p_e = 1,18$ МПа). Аналогичные сравнительные показатели и по литровой мощности.

3 По удельному эффективному расходу выделяются танки с [ГТД](#) – Т-80У и МІАІ, имеющие этот показатель соответственно 305 и 300 г/(кВт·ч). В требуемые показатели удельного эффективного расхода из условий подвижности 210–225 г/(кВт·ч) достигли лишь наши боевые машины [БМД-1](#), БМД-2, БМД-3. Однако даже двигатели этих машин не укладываются в перспективные показатели на 2000 год 192–154 г/(кВт·ч).

4 По коэффициенту компактности, характеризующему величину рабочего объема цилиндров, снимаемого с единицы общего объема двигателя, наши двигатели значительно превосходят зарубежные (23,2–26,2 против 14,9–17,9). То есть двигатели значительно компактнее.

5 По показателю удельная масса, приходящая на 1 кВт мощности, двигатели наших танков превосходят зарубежные (1,14–1,65 кг/кВт против 2,11–2,35 кг/кВт), однако, по этому показателю значительно уступают двигатели БМД-3 и БМД (2,04–3,8 кг/кВт), особенно по перспективному требованию этого показателя – 0,67 кг/кВт.

Для выполнения поставленных программных задач в перспективе до 2020 года предлагается использовать результаты разработки адиабатного ТПД или ТПД с уменьшенной теплоотдачей, а также двигателя с уменьшенными потерями на трение. Также планируется применить систему турбонаддува с [РСА](#) турбины, электронные системы регулирования и контроля, более совершенную систему охлаждения и топливную аппаратуру с высоким давлением впрыска.

Особенность адиабатного двигателя состоит в том, что элементы двигателя, непосредственно соприкасающиеся с горячими газами (поршень, втулка цилиндра, головки цилиндров, клапаны и выпускные каналы в головке блока) изолированы с помощью теплостойких керамических материалов (на основе нитрида кремния, имеющего нитевидную кристаллическую структуру, которые сохраняют высокую механическую прочность до 1 900 °С, имеют в два раза меньший коэффициент теплового расширения, чем карбид кремния, химически стойкие, неподвержены коррозии, обладающими свойствами диэлектрика). С созданием такого двигателя может быть реализован ряд преимуществ:

- детали двигателя смогут работать при больших температурах и потребность в их охлаждении отпадает;

- отсутствие системы охлаждения уменьшает массу и объем двигателя и [СУ](#) в целом, увеличивая коэффициент компактности и габаритные показатели СУ; отпадает необходимость установки жалюзи для входа и выхода воздуха – уменьшается уровень шума;

- используя тепловую энергию отработавших газов в турбокомпрессоре или дополнительной газовой турбине, связанной механической передачей с валом двигателя, можно существенно повысить его КПД и экономичность.

Создан вариант такого дизеля на базе серийного 6-цилиндрового «Камминс» с турбонаддувом мощностью 170 кВт (231 л. с.). В результате расход топлива уменьшился на 33 %, из системы охлаждения исключено 360 деталей, масса двигателя уменьшилась на 154 кг, а объем на 56,6 л.

В данный момент считают одним из наиболее перспективных направлений разработку дизельного двигателя с уменьшенными потерями на трение. Большая часть потерь приходится на пары «поршень – гильза», «поршневое кольцо – гильза» (45–55 %).

Намечено реализовать три новых технических решения:

- 1) газодинамическая смазка поршня;
- 2) твердая смазка коренных и шатунных подшипников коленчатого вала, поршневого пальца и вала ротора турбокомпрессора;
- 3) твердая смазка подшипников кулачкового вала, коромысел механизма привода клапанов и насос-форсунок.

Эти мероприятия позволяют уменьшить потери на трение приблизительно на 75 % и довести удельный расход топлива до 154 г/(л. с.·ч).

Другое направление совершенствования силовых установок – дальнейшее форсирование традиционных дизелей. Для достижения высоких удельных показателей предполагают внедрить более эффективные процессы сгорания, использовать новейшие достижения в области создания материалов и технологий производства. На основное внимание уделяют совершенствованию систем газотурбинного наддува за счет конструирования новых турбокомпрессоров с высокими значениями степени повышения давления $= p_k / p_o$ и высоким КПД. Для этого планируют использовать:

- турбину с регулируемым сопловым аппаратом (РСА), что позволит улучшить характеристики дизеля на режимах частичных нагрузок, то есть согласовать расходные характеристики дизеля и турбокомпрессоров;

- регистровую систему наддува (изменяемое количество функционирующих турбокомпрессоров) для улучшения характеристик и переходных процессов дизеля;

- новое техническое решение – выключение части цилиндров и использование их для дозарядки сжатым воздухом работающих во время пуска и функционирования дизеля на холостом ходу и малых нагрузках при низкой степени сжатия ($e = 8,5-10$);

- широкое внедрение электронных систем регулирования и диагностики с целью повышения экономичности и тяговых характеристик дизеля;
- систему сверхвысокого наддува «Гипербар» и устройств, обеспечивающих перепуск и распределение воздуха между двигателем и системой наддува, а также сжигание части топлива и в дополнительной камере сгорания, играющей роль своеобразного регулятора режимов работы агрегатов наддува. Эта система позволяет иметь двигателю ряд ценных свойств: высокий коэффициент приспособляемости ($K_{\text{п}} = 1,35-1,4$), приемистость на всех эксплуатационных режимах, надежный пуск в условиях отрицательных температур, высокий уровень форсирования по среднему эффективному давлению (3,21 МПа у АМХ-40), благоприятный характер изменения крутящего момента, так как давление наддува (0,7 МПа у АМХ-40) поддерживается высоким и на режимах малых нагрузок.

Другое направление в развитии [СУ](#) – создание электропривода, при котором основной двигатель работает на генератор переменного тока, снабжающий энергией небольшие высокооборотные электродвигатели для привода ведущих колес [БГМ](#). Возврат к идее электропривода вызван достижениями в разработке надежных электронных приборов, микропроцессоров для систем регулирования, малоразмерных генераторов и двигателей с высокими удельными показателями и малой массой. Основные преимущества: широкий выбор компоновки, малая масса и объем по сравнению с дизелями (дизель 5 000 кг и 3,04 м³, а электрический вариант 4 000 кг и 3,6 м³), меньшие потери мощности в трансмиссии и лучшие тяговые характеристики.

Одним из принципиально новых направлений развития силовых установок БГМ, позволяющим улучшить их характеристики, является использование газотурбинных двигателей. Работа ведется по двум направлениям: модернизация серийного двигателя ([ГТД-1250](#), Россия и [ГТД-1500](#), США), направленная на повышение его мощностных и экономических показателей, повышение надежности и снижение стоимости производства; разработка ГТД нового (второго) поколения с более высокими показателями рабочего цикла, лучшими объемно-массовыми, энергетическими, динамическими и техническими параметрами.

Новые ГТД должны иметь двухвальную схему с двухступенчатым центробежным компрессором, с центростремительной турбиной привода компрессора, индивидуальной камерой сгорания, двухступенчатой силовой турбиной с [РСА](#) в каждой ступени и для улучшения динамических характеристик НТД, причем управление РСА ступеней осуществляться должно автоматически от ЭВМ.

Считается, что разработка новых [ГТД](#) позволит значительно уменьшить объем [МТО](#) на 48,5 % за счет снижения его длины и высоты, уменьшить массу на 37,4 %, довести топливную экономичность до уровня, сопоставимого с дизелями.

В качестве возможного варианта двигателей для [СУ БГМ](#) следующего поколения зарубежные специалисты (США, Великобритания) рассматривают роторно-поршневые двигатели ([РПД](#)), основным преимуществом которых является высокая габаритная мощность. Фирма «Джон Дир» США принята для доводки и подготовки к серийному производству семейство односекционных, шестисекционных РПД с рабочим объемом 5,8–34,7 л и мощностью 280–1 680 кВт (360–2 284 л. с.). В своих разработках фирма «Джон Дир» ориентируется на РПД с расслоенным зарядом, который может работать при низкой степени сжатия ($\epsilon = 8$), а процесс воспламенения топлива, впрыскиваемого через две форсунки (пусковую и основную), осуществляется свечой зажигания, установленной между форсунками ближе к пусковой. Сначала от свечи воспламеняется небольшое количество топлива, подаваемое через пусковую форсунку, а затем пламя смещается к основной форсунке и обеспечивает сгорание основной порции топлива. Такой РПД может работать на различных видах топлива и запускаться без предварительной подготовки при отрицательных температурах окружающего воздуха.

По степени форсирования РПД находятся на уровне ТПД. Литровая мощность трехсекционного РПД «3 ROTOR-580» составляет 65 кВт/л (88 л. с./л). Вместе с тем РПД имеет меньшую, чем у поршневого двигателя, номенклатуру деталей. При доводке РПД фирма сосредотачивает усилия на поиске путей, позволяющих удовлетворить жесткие требования военного ведомства к топливной экономичности и надежности, по которым РПД уступают ТПД.

Контрольные вопросы

- 1 Определение силовой установки.
- 2 Перечислите системы двигателя.
- 3 Основные требования к силовым установкам.
- 4 Основные виды компоновок силовых установок.
- 5 Перечислите основные параметры силовой установки [БМД-2](#).
- 6 Сравнительная оценка дизельных и карбюраторных двигателей.
- 7 Сравнительная оценка двух- и четырёхтактных [ДВС](#).
- 8 Преимущества и недостатки газотурбинных двигателей.
- 9 Особенности адиабатного двигателя.
- 10 Перспективные направления развития силовых установок.

Глава 4. Устройство двигателя

4.1 Общее устройство двигателя

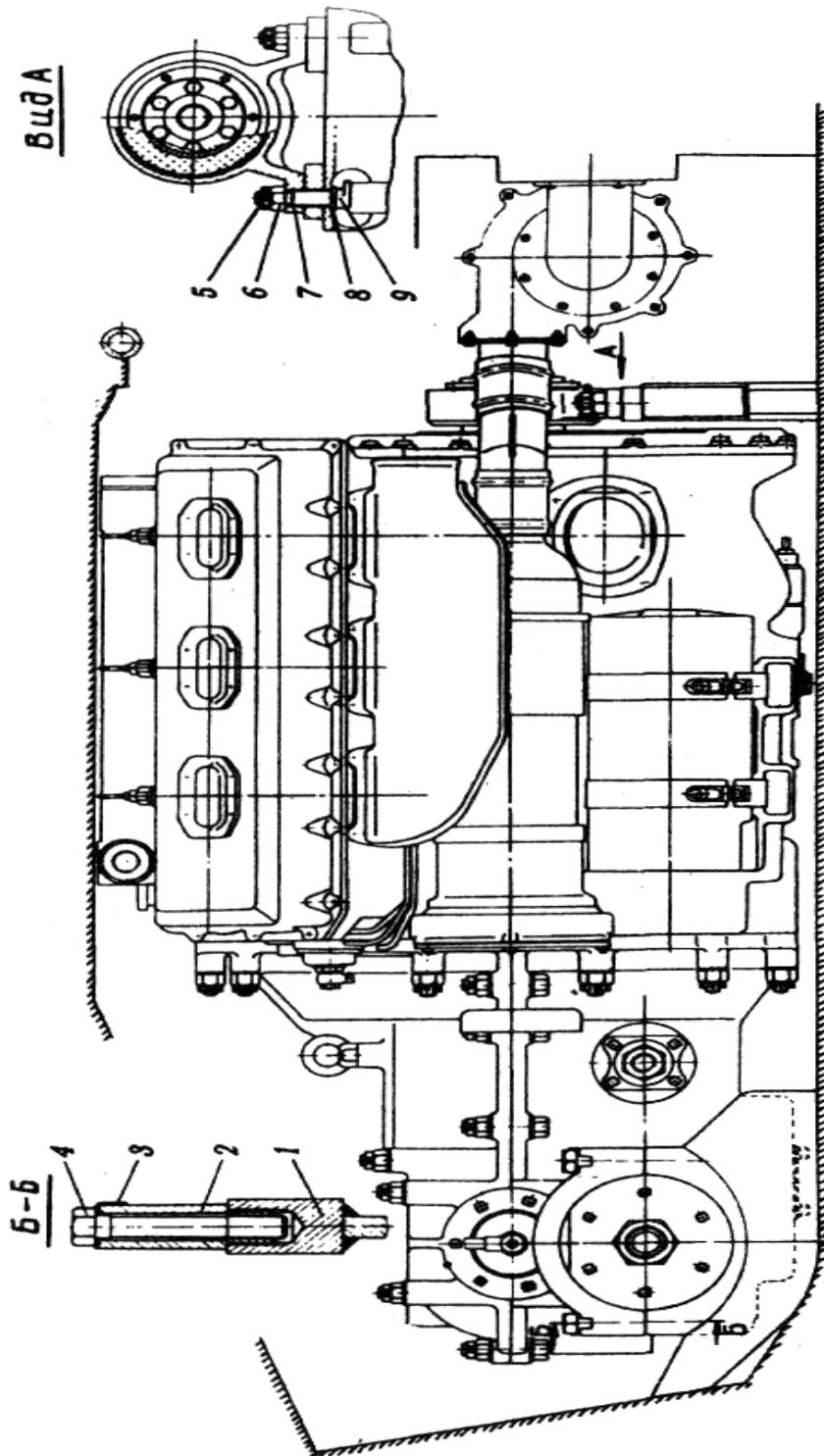
Назначение и характеристика двигателя 5Д20-240. Двигатель 5Д20-240 предназначен для преобразования тепловой энергии, выделяющейся при сгорания топлива, в механическую, необходимую для обеспечения движения машины и преобразования части механической энергии в электрическую – для питания потребителей.

Отбор мощности от двигателя производится на трансмиссию со стороны маховика, на привод гидравлического насоса НШ-39 с противоположной стороны, на компрессор и генератор – от привода генератора.

Двигатель 5Д20-240 представляет собой шестицилиндровый, V-образный, четырехтактный, быстроходный, бескомпрессорный дизель, с непосредственным впрыском топлива, объемного смесеобразования, с неразделенными камерами сгорания, жидкостного охлаждения.

Т а б л и ц а 4.1 – Характеристика двигателя 5Д20-20

Наименование	Количество
Мощность двигателя, л. с.	240
Масса двигателя, кг	665
Максимальный крутящий момент, кгс·м	95
Число и расположение цилиндров	6 V 120
Частота вращения коленчатого вала, соответствующая M_{\max} , об/мин	2400
Минимальная частота вращения КВ эксплуатационная, об/мин	800–1 000
Частота вращения КВ рекомендуемая, об/мин	1 600–2 200
Частота вращения КВ максимальная, об/мин	2400
Литраж $V_{л}$, л	15,9
Степень сжатия	15,8
Порядок работы цилиндров	1л-1п-2л-2п-3л-3п



1 – нижний бугель; 2 – верхний бугель; 3 и 8 – шайбы; 4 – болт; 5 – шплинт; 6 – гайка; 7 – упругая опора двигателя; 9 – установочный болт

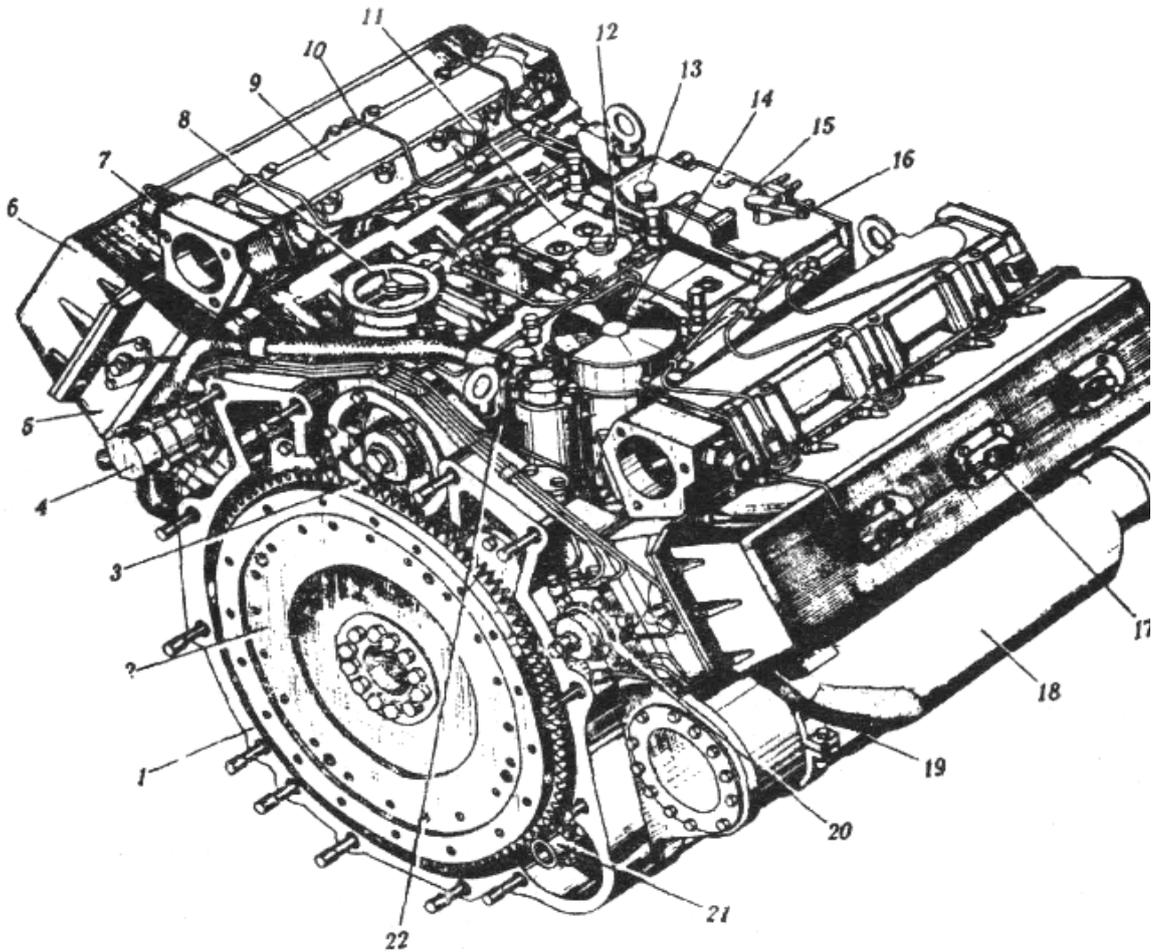
Рисунок 4.1 – Установка силового блока

Двигатель установлен в моторно-трансмиссионном отделении машины в машины в общем силовом блоке с главным фрикционом, коробкой передач и бортовыми фрикционами. Силовой блок крепится на трёх опорах: двух бугелях и на упругой опоре (рисунок 4.1)

Общее устройство двигателя 5Д20-240. Двигатель условно можно разделить на три группы деталей: неподвижные (корпусные) детали, механизмы двигателя, приборы и агрегаты систем расположенных на двигателе (рисунок 4.2).



Рисунок 4.2 – Общее устройство двигателя 5Д20-240



1 – блок-картер; 2 – маховик; 3 – стрелка-указатель; 4 – датчик тахометра; 5 – головка блока; 6 – крышка головки блока; 7 – штуцер отвода охлаждающей жидкости; 8 – топливный фильтр тонкой очистки; 9 – выпускной коллектор; 10 – трубка высокого давления; 11 – топливный насос; 12 – топливоподкачивающий насос; 13 – стержень замера уровня масла в регуляторе; 14 – центробежный масляный фильтр; 15 – всережимный регулятор; 16 – рычаг (регулятор) управления топливным насосом; 17 – крышка лючка доступа к форсунке; 18 – впускной коллектор; 19 – генератор; 20 – воздухораспределитель; 21 – шестерня стартера; 22 – трубка слива топлива из форсунок

Рисунок 4.3 – Двигатель 5Д20-240 (вид со стороны маховика)

Корпусные (неподвижные) детали двигателя 5Д20-240. Блок-картер предназначен для монтажа всех деталей и узлов механизмов двигателя и является силовым остовом двигателя.

Блок-картер тоннельного типа, V-образный с развалом блоков 120° , отлит из кремние-алюминиевого сплава.

Внутри разделен оребренными поперечными перегородками на три цилиндрических отсека и полость для установки механизма передач. В центральные расточки перегородок запрессованы стальные обоймы, в которые устанавливаются коренные подшипники коленчатого вала. В нижней части перегородок параллельно оси коренных опор сделаны расточки для размещения уравновешивающего механизма. С левой и правой сторон выполнено по одному люку для монтажа шатунов. По месту люка третьего цилиндрического отсека устанавливается масляный насос. Ниже окна второго цилиндрического отсека имеется фланец для крепления патрубка водяного насоса.

На стенке заднего торца блок-картера имеется большой выступающий фланец со шпильками для крепления двигателя в машине.

С левой стороны блок-картера выполнено ложе для установки стартера. Стартер крепится полубугелями. К приливу монтируется генератор. К фланцу с переднего торца крепится передняя крышка.

Сверху в расточку блок-картера устанавливается автоматическая муфта опережения впрыска топлива (АМОВТ). Продолжение расточки является опорой топливного насоса, второй опорой служит ложе с двумя резьбовыми отверстиями под болты крепления. По обе стороны ложа имеются отверстия для слива масла из [ТНВД](#) в полость блок-картера. В каждом блоке выполнено по три расточки, в которые вставляются гильзы цилиндров.

В развале блок-картера выполнено сверление – главная масляная магистраль. Четырьмя шпильками крепится масляный центробежный фильтр с уплотнением нижнего фланца резиновым кольцом.

Внутри выполнены литые каналы вдоль каждого блока цилиндров для подвода охлаждающей жидкости к гильзам цилиндров.

В развале блок-картера прилиты бонки для установки рым-болтов.

На верхней плоскости каждого блока ввернуты в перегородки по восемь анкерных шпилек для крепления головок. Для исключения попадания жидкости и масла в анкерный колодец на каждую шпильку надевается резиновое уплотнительное кольцо. С обеих сторон блока имеются приливы с отверстиями для сшивных шпилек. Головка фиксируется по трем установочным штифтам, запрессованным в блок-картер.

Гильза цилиндров предназначена для направления движения поршня и вместе с днищем поршня и головкой блока образует камеру сгорания. Выполнена из стали 38ХМЮА, внутренняя поверхность азотирована, наружная – покрыта молочным хромом.

На наружной поверхности гильзы точно обработаны два выступающих пояска, которыми гильза с натягом ставится в соответствующие рас-

точки блок-картера. Для уплотнения полости охлаждения на нижнем посадочном пояске гильзы выполнены три канавки под резиновые уплотнительные кольца прямоугольного сечения, а на верхнем – одна канавка под круглое резиновое уплотнительное кольцо. В верхней части гильзы имеется бурт с кольцевыми канавками для установки медного уплотнительного кольца газового стыка.

Головка блока предназначена для герметизации верхней полости цилиндров и монтажа деталей газораспределительного механизма, является общей для трех цилиндров.

Головки блока цилиндров установлены на верхней части блок-картера, крепятся 8 анкерными шпильками и 12 сшивными шпильками каждая. Головки отливаются под давлением из алюминиевого сплава. Внутри головки выполнены впускные и выпускные каналы, колодец для установки форсунки. Пространство между стенками и колодцами форсунки служит водяной рубашкой охлаждения головки во время работы. Со стороны механизма передач к головке прилит карман для установки шестерен привода [ГРМ](#). В нижней плоскости головки расточены три камеры сгорания, в каждой из которых имеются четыре отверстия, соединяющие камеру с впускными и выпускными каналами. В расточки этих отверстий запрессованы стальные седла клапанов и направляющие втулки. В головку ввернуты шпильки для крепления впускных и выпускных коллекторов. На плоскости привалки впускного коллектора ниже впускного окна на оси каждого цилиндра ввернуты резьбовые втулки, в которые установлены клапаны системы воздушного пуска. На верхней плоскости головки установлены четыре подшипника распределительных валов. Головки блока закрыты сверху крышками.

Впускные коллекторы предназначены для подвода свежего заряда воздуха в цилиндры. Установлены с наружной стороны блока картера. В нижней части коллектора приварена бонка с резьбовым отверстием закрытым пробкой. Отверстие служит для слива смазки, попадающей в коллектор при консервации двигателя.

Выпускные коллекторы – служат для отвода отработавших газов, охлаждаемые. Коллектор к головке крепится болтами. Стык между головкой и коллектором уплотняется медно-асбестовой прокладкой, смазанной графитной смазкой. Коллектор состоит из алюминиевого корпуса, в расточку которого установлен экранирующий узел, состоящий из вставленных одна в другую труб из жаропрочной стали.

Передняя крышка закрывает (уплотняет) двигатель спереди и является основанием для крепления стакана первого коренного подшипника коленчатого вала.

4.2 Кривошипно-шатунный механизм. Назначение, устройство, размещение в двигателе

Кривошипно-шатунный механизм предназначен для восприятия давления газов в цилиндрах двигателя и преобразования возвратно-поступательного движения поршней во вращательное движение коленчатого вала.

В кривошипно-шатунном механизме условно можно выделить основные группы деталей: 6 поршневых групп, три шатунные группы и группу деталей коленчатого вала.

Поршневая группа воспринимает силы давления газов и через поршневой палец передает их на шатун. Поршневая группа состоит: из поршня, двух компрессионных и одного маслосъёмного кольца, поршневого пальца с заглушками.

Поршень штампуется из алюминиевого сплава. Днищу поршня придана специальная форма, способствующая эффективному смесеобразованию. С внутренней стороны на юбке имеются две бобышки, и в их расточки вставляется поршневой палец. В нижней части бобышек просверлены два отверстия для смазки поршневого пальца разбрызгиванием. На образующей поршня выполнены три канавки, в которые устанавливаются поршневые кольца. Камера сгорания и образующая поршня, включая первую поршневую канавку, анодированы для повышения термостойкости и снижения износа.

Поршневые кольца обеспечивают плотное подвижное соединение между поршнем и цилиндром. Они предотвращают прорыв газов из надпоршневой полости в картер и попадания масла в камеру сгорания.

Два верхних (компрессионных) – стальные, трапецеидального сечения, покрытые по рабочей поверхности хромом.

Третье (маслосъёмное) – чугунное, хромированное с радиальным расширителем (эспандером).

Поршневой палец плавающего типа, стальной, цементированный по наружной поверхности, внутри пустотелый. С двух сторон в поршневой палец устанавливаются бронзовые заглушки, предохраняющие зеркало цилиндра от задира торцами пальца.

Шатунная группа служит для передачи усилия от поршневого пальца на кривошип коленчатого вала. В каждую шатунную группу входят вильчатый и внутренний шатуны.

Установлены шатуны центрального типа. Они изготовлены из высоколегированной стали. Верхние головки вильчатых шатунов соединяются

с поршневыми пальцами поршней левого блока, а внутренних шатунов – правого блока.

Нижняя головка вильчатого шатуна монтируется на шатунную шейку коленчатого вала, а по ее наружному диаметру работает нижняя головка внутреннего шатуна.

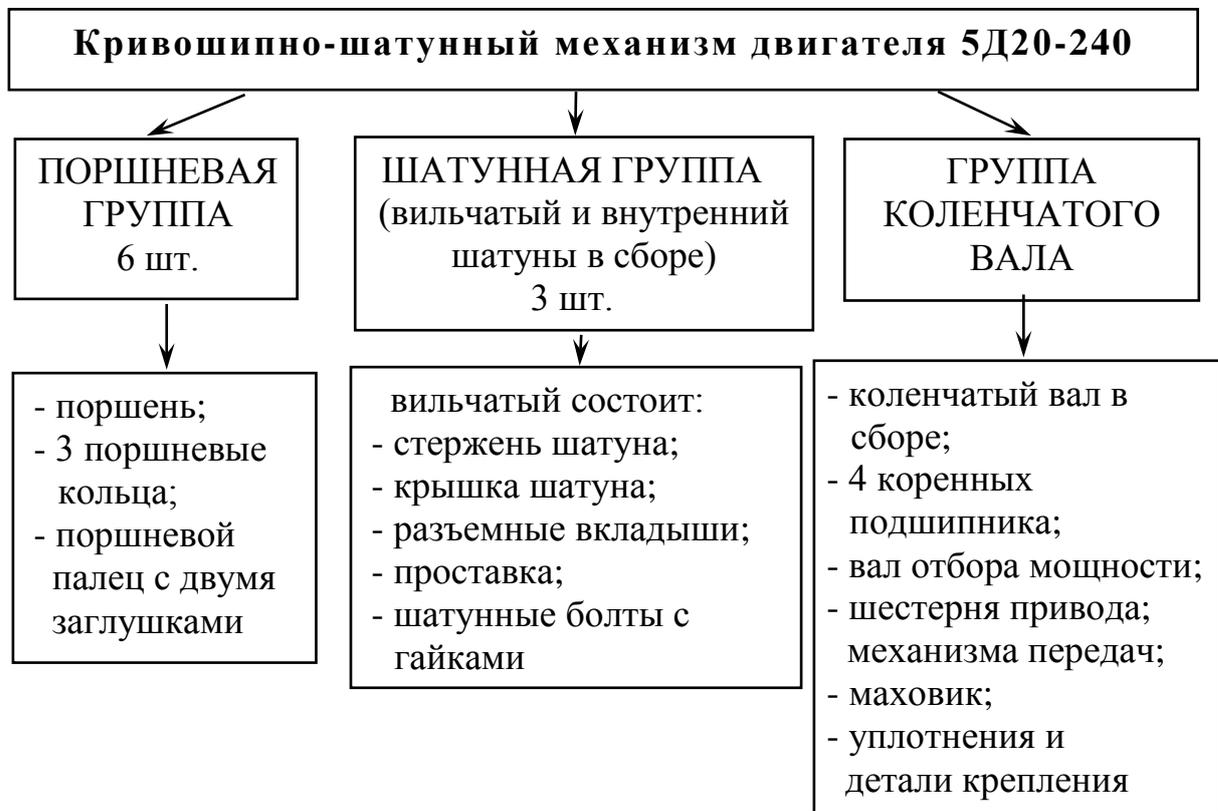


Рисунок 4.4 – Общее устройство кривошипно-шатунного механизма двигателя 5Д20-240

Вкладыши являются подшипниками скольжения. Они изготовлены из стали, внутренняя поверхность вкладышей залита тонким слоем свинцовистой бронзы и для улучшения приработки поверх бронзы губчатым свинцом.

В группу коленчатого вала входят: коленчатый вал в сборе, 4 коренных подшипника, вал отбора мощности, шестерня привода механизма передач, маховик, детали уплотнения и крепления коленчатого вала.

Коленчатый вал изготовлен из высококачественной легированной стали методом горячей штамповки. Вал имеет три шатунных и четыре коренных шейки, которые соединены между собой щеками. Щеки и шатунная шейка образуют кривошип. На первой и второй щеках крепятся болтами противовесы. На коренные щеки устанавливаются коренные подшипники. Внутри коленчатого вала и в шатунных шейках просверлены отверстия для подвода масла к вкладышам шатунов. Со стороны передач на ко-

ленчатый вал с натягом на плоской шпонке устанавливается шестерня коленвала (механизма передач). С переднего торца коленчатого вала в расточку запрессован храповик, в который входит вал отбора мощности.

Коренные подшипники являются роликовыми, радиального типа. Наружные кольца подшипников устанавливаются с натягом в расточке стальных втулок коренных опор блок-картера и фиксируются от осевого перемещения разрезным стопорными кольцами.

Маховик предназначен для повышения равномерности хода двигателя, выполнения вспомогательных тактов, прокрутки коленчатого вала электрическим стартером при запуске двигателя, регулировки фаз газораспределения, а также принимает участие в уравнивании двигателя. Крепится к коленчатому валу коническими штифтами и болтами в строго определенном положении. По контуру маховика нарезан зубчатый венец, а на ободке нанесена градуировка.

Вал отбора мощности предназначен для передачи вращающего момента на электромагнитную муфту насоса НШ-39. Он соединен наружными шлицами с хвостовиком коленчатого вала.

Работа кривошипно-шатунного механизма. Газы, расширяясь в цилиндре двигателя, давят на поршень. Усилие газов от поршня через поршневой палец и шатун передается на шатунные шейки и кривошипы коленчатого вала, тем самым возвратно-поступательное движение поршня преобразуется во вращательное движение коленчатого вала.

Смазка кривошипно-шатунного механизма. Масло, нагнетаемое масляным насосом двигателя, из главной масляной магистрали по сверлениям внутри блок-картера и стакана первого коренного подшипника, подводится внутрь хвостовика и по сверлениям в нем – в полость коленчатого вала. Через сверления в шатунных шейках коленвала, масло под давлением выдавливается между шатунными шейками и вкладышами. При вращении коленчатого вала масло разбрызгивается по всем направлениям. Разбрызгиванием смазываются коренные подшипники коленчатого вала и подшипники уравнивающего механизмов, а также гильзы цилиндров и поршни. Масло с поверхности гильз цилиндров снимается маслосъемными кольцами и по сверлениям в канавке колец смазывает поршневые пальцы.

4.3 Уравнивающий механизм. Назначение, устройство и работа

Понятие об уравниваемости двигателя. Силы, возникающие при работе поршневых двигателей, можно разделить: на уравниваемые и неуравниваемые.

Уравновешенными силами являются такие силы, равнодействующие которых равна нулю и которые при их суммировании не дают свободного момента. К таким силам относятся внутренние силы давления газов в цилиндре двигателя и силы трения.

К неуравновешенным следует отнести силы инерции возвратно-поступательно движущихся и вращающихся масс, а также опрокидывающий момент, который равен по величине и противоположен по знаку переменному суммарному крутящему моменту.

В многоцилиндровом двигателе 5Д20-240 неуравновешенные силы цилиндров вызывают появление неуравновешенных продольных моментов этих сил, действующих в плоскостях, проходящих через ось коленчатого вала.

Неуравновешенные силы и моменты, переменные по величине и направлению, действуя на опоры двигателя и всю машину в целом, вызывают нежелательные явления, вибрации, которые приводят к ослаблению крепёжных соединений, нарушению регулировок, поломке деталей двигателя и трансмиссии и повышению уровня шума. Вибрации, кроме того, оказывают неблагоприятное влияние на человеческий организм, вызывая быстрое утомление и снижение работоспособности экипажа.

Для устранения отрицательных последствий, связанных с вибрацией, двигатель должен быть уравновешен, то есть должна быть создана такая система сил, в которой равнодействующие силы и их моменты были бы постоянны по величине и направлению или равны нулю.

В двигателе 5Д-20-240 созданы конструкционные мероприятия, способствующие ослаблению причин, вызывающие неуравновешенность.

Уравновешивание двигателя 5Д-20-240 осуществляется:

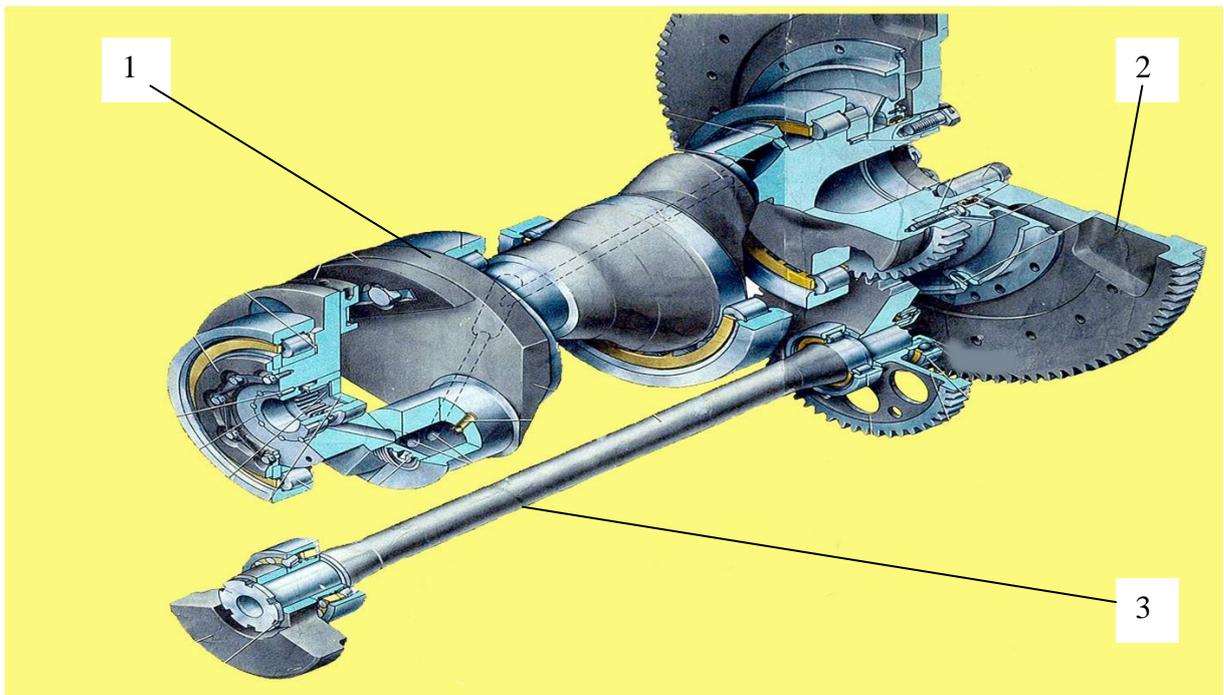
- двумя противовесами на щеках коленчатого вала;
- противовесом на маховике, созданным путём выборки металла в плоскости маховика;
- уравновешивающим механизмом.

Уравновешивающий механизм предназначен для уравновешивания сил и моментов инерции возвратно-поступательно движущихся и вращающихся масс.

Расположен в блок-картере, под коленчатым валом.

Уравновешивающий механизм состоит: из вала с подшипниками; шестерни-противовеса, которая входит в зацепление с шестерней коленчатого вала и противовеса.

Вал устанавливается на трёх подшипниках качения. Со стороны шестерни-противовеса установлены шарико- и роликоподшипники, со стороны противовеса – сферический двухрядный роликоподшипник.



1 – противовесы на щеках коленвала; 2 – маховик; 3 – вал уравнивающего механизма с противовесом и шестерней-противовесом

Рисунок 4.5 – Уравнивающий механизм

Шестерня-противовес и противовесы установлены на валу в строго определённом положении и на шпонках и стягиваются гайками. Во избежание самоотворачивания гайка со стороны шестерни-противовеса имеет левую резьбу. Гайки стопорятся отгибными шайбами.

4.4 Газораспределительный механизм

Назначение, характеристика, устройство. Газораспределительные механизмы предназначены для открытия и закрытия впускных и выпускных клапанов с целью своевременного впуска свежего заряда воздуха и выпуска отработавших газов.

По конструкции классифицируются: на золотниковые; клапанные; смешанные.

В клапанных механизмах впускные и выпускные каналы перекрываются специальными клапанами, приводимыми в действие кулачками распределительных валов.

Золотниковое газораспределение характеризуется наличием золотников, перекрывающих впускные и выпускные окна или патрубки. Золотник кинематически связан с коленчатым валом. Роль золотника в двухтактном двигателе может выполнять поршень (это петлевая поперечная про-

дувка). Достоинства такого типа механизма состоят в возможности создания больших проходных сечений впускных и выпускных органов и бесшумности работы.

Смешанное газораспределение является комбинацией рассмотренных выше механизмов, как правило, оно применяется в двухтактных двигателях с прямоточно-клапанной продувкой (ЯМЗ-206, ЯМЗ-204). Двигатель имеет выпускные клапаны, а впускные окна в гильзе цилиндра открываются и закрываются поршнем.

Наибольшее распространение на современных двигателях внутреннего сгорания нашли клапанные механизмы газораспределения.

Клапанные [ГРМ](#) классифицируются:

- по расположению клапанов (с нижним и верхним расположением);
- расположению распределительных валов (с нижним и верхним расположением).

Достоинства нижнего расположения клапанов:

- уменьшение высоты головки блока и двигателя в целом;
- упрощение конструкции привода распределительного вала.

Недостатки:

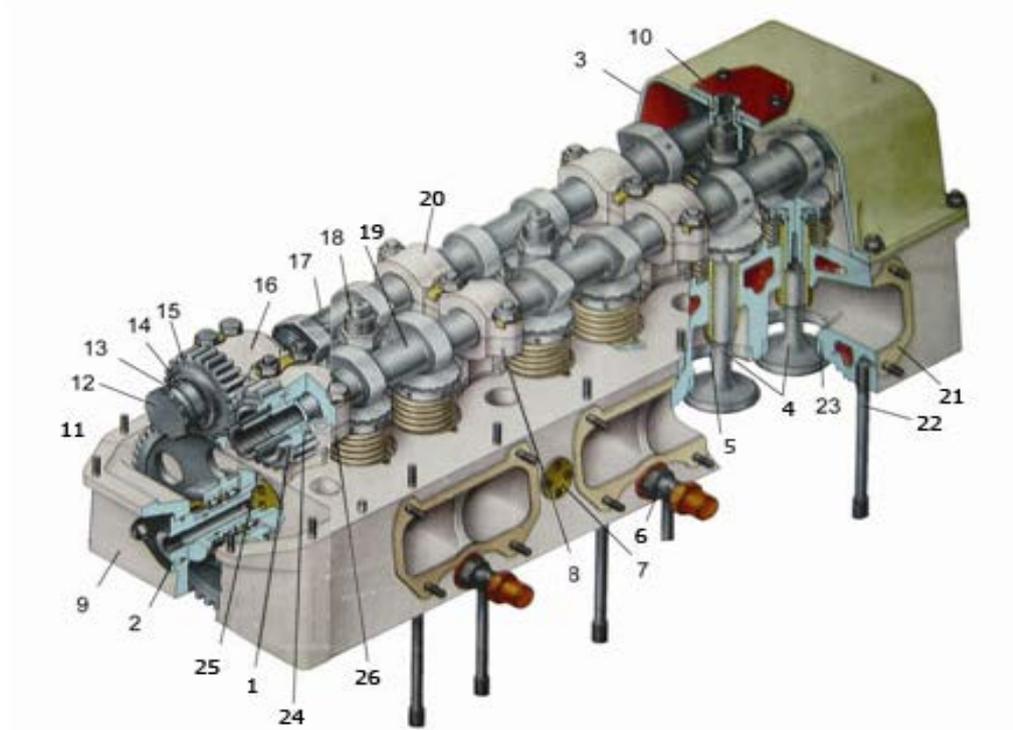
- камера сгорания несовершенная по форме (Г-образная);
- камера сгорания смещена относительно оси цилиндра, способствует возникновению детонационного сгорания;
- камера сгорания увеличивает потери тепла в систему охлаждения, что уменьшает экономичность двигателя.

Достоинства верхнего расположения клапанов:

- лучшее наполнение цилиндров;
- высокая экономичность;
- возможность установки 4 клапанов на цилиндр.

Газораспределительный механизм двигателя 5Д20-240. На двигателе 5Д0-240 применяется верхнеклапанный газораспределительный механизм, с верхним расположением распределительных валов и непосредственным приводом клапанов, передаточное число от коленчатого вала на распределительные валы равно 0,5.

Конструктивно газораспределительного механизм двигателя 5Д20-240 можно разделить на три группы деталей: 4 распределительных валов в сборе, двух шестерён привода, 12 впускных и 12 выпускных клапанных узлов (рисунок 4.6). В каждую группу распределительного вала входят: распределительный вал, регулировочная муфта, четыре опоры подшипников скольжения, шестерня распределительного вала.



1 – шестерня распределительного вала впуска; 2 – ось промежуточной шестерни привода газораспределения; 3 – крышка головки блока; 4 – клапаны впуска; 5 – направляющая втулка; 6 – пусковой клапан; 7 – технологическая пробка; 8 – основание подшипников распределительных валов; 9 – головка левого блока; 10 – крышки лючков для съема форсунок; 11 – промежуточная шестерня привода газораспределения; 12 – гайка; 13 – замковое кольцо; 14 – шлицевая втулка; 15 – шестерня распределительного вала выпуска; 16 – крышка упорного подшипника распределительных валов; 17 – распределительный вал выпуска; 18 – форсунка; 19 – распределительный вал впуска; 20 – крышка подшипника распределительных валов; 21 – прокладка впускного коллектора; 22 – шпилька; 23 – седло клапана; 24 – вкладыш упорного подшипника; 25 – канал подвода масла к подшипникам распределительных валов; 26 – основание упорного подшипника распределительных валов

Рисунок 4.6 – Газораспределительный механизм двигателя 5Д20-240

Распределительный вал осуществляет передачу движения от механизма передач непосредственно к клапанам.

Впускной и выпускной распределительные валы установлены в четырех подшипниках скольжения на верхней плоскости головки блока цилиндров, изготовлены из углеродистой стали. Опорные шейки и кулачки валов закалены токами высокой частоты.

Каждый вал имеет 6 кулачков, внутри полый. Для выхода масла к подшипникам скольжения в каждой опорной шейке вала просверлено отверстие. В затылке кулачков просверлены отверстия для смазки кулачков и тарелей клапанов. С переднего торца масляная полость закрыта резьбовой заглушкой, которая фиксируется пружинным замком. С другого конца на

валу имеется 10 прямоугольных шлицов и внутренняя резьба, для соединения с регулировочной муфтой. На прямоугольные шлицы монтируется шестерня распределительного вала, которая регулировочной втулкой прижата к упорным буртам валов гайками. Гайки от самоотворачивания фиксируются стопорными кольцами. Снаружи регулировочная муфта имеет 41 треугольный шлиц, для зацепления с шестерней вала, а внутри – 10 прямоугольных шлицов для соединения с валом. Шлицы служат для регулировки фаз газораспределения. Регулировочная втулка 4 соединена с гайкой 2 замковым кольцом 12, с помощью которого при вывёртывании гайки втулка вытягивается из зацепления с валом и шестерней. Вращение валов осуществляется в сторону смазочных отверстий в кулачках.

Шестерни привода распределительных валов устанавливаются в кармане головки блока цилиндров на пустотелых осях.

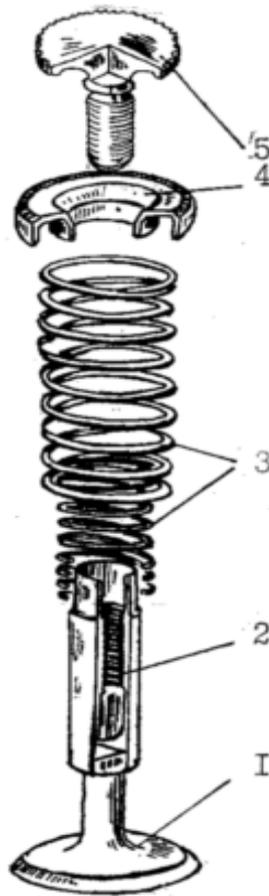
Клапанный узел (рисунок 4.7) состоит из клапана, направляющей втулки, пружин, тарелки, замка тарелки, седла клапана.

Каждый клапан состоит из головки и стержня. Головка имеет небольшой цилиндрический поясok и фаску, снятую под углом 45° , обеспечивающую уплотнение полости цилиндра. Стержень служит направляющей частью клапана при его возвратно-поступательном движении. Впускные и выпускные клапаны отличаются размерами грибка и материалом, из которого они изготовлены. Диаметр грибка впускного клапана больше и сам клапан изготовлен из жаропрочной стали. В стержне клапана выполнено резьбовое отверстие для ввёртывания тарелки клапана. Резьбовое соединение позволяет устанавливать необходимый зазор между тарелкой клапана и затылком кулачка.

Тарелка клапана является опорной поверхностью для пружин клапана, а при непосредственном приводе, кроме того, воспринимает усилие, передаваемое от кулачка распределительного вала.

Положение тарели фиксируется **замком тарели**. Замок посажен на трехгранный конец стержня клапана и поджимается двумя пружинами. Торцевыми шлицами замок прижимается к таким же шлицам тарелки. Двумя концентрично расположенными пружинами.

Клапанные пружины служат для удержания клапанов в закрытом состоянии и для обеспечения постоянной кинематической связи между деталями [ГРМ](#) при перемещении клапана.



1 – головка клапана; 2 – стержень клапана; 3 – пружины; 4 – замок; 5 – тарелка

Рисунок 4.7 – Клапанный узел двигателя 5Д20-240

Для их изготовления используется высококачественная проволока. Для предохранения от коррозии поверхность пружин подвергается лужению, оцинкованию или кадмированию. Для повышения усталостной прочности пружины подвергают дробеструйной обработке. Переменный шаг витка уменьшает возможность возникновения резонанса, опасного для прочности пружины. С этой целью на клапаны ставят по две пружины с витками в разные стороны (двигатели 5Д20-240, 2В-06-02). Установка таких пружин позволяет уменьшить общую высоту клапанного механизма, а также предотвращает аварию двигателя при поломке одной из пружин.

Направляющая втулка запрессовывается в головку блока и предохраняет её от износа при движении клапана.

Седла клапанов устанавливаются в головке блока цилиндров. Уплотняющие фаски и клапана изготавливают с разностью углов $1,0-1,5^\circ$,

при этом меньший угол у фаски клапана, что обеспечивает надежное уплотнение даже при деформациях головки.

Смазка газораспределительного механизма. Масло под давлением из главной масляной магистрали по трубопроводам нагнетается к пустотелым осям шестерен привода ГРМ, затем по сверлениям в головке блока и первым опорам распределительных валов в их полости. Далее под давлением выдавливается в зазор между опорной шейкой распределительного вала и опорой, сливается на головку блока. Часть масла выдавливается через отверстия в кулачках и поливом смазывает кулачок и тарелка клапана.

Работа ГРМ двигателя 5Д20-240. Вращающий момент от коленчатого вала двигателя через шестерни механизма передач передается на шестерни привода ГРМ. От шестерен привода ГРМ на шестерни впускных распределительных валов и от шестерни впускного вала на шестерню выпускного распределительного вала. От шестерен распределительных валов через регулировочную муфту на распределительные валы. Распределительные валы проворачиваются в опорах, кулачки наезжают на тарели клапанов и перемещают клапана, открывая и закрывая впускные и выпускные каналы. Отработавшие газы отводятся из цилиндров двигателя, а свежий заряд воздуха заполняет внутренние полости цилиндров в соответствующих тактах.

4.5 Механизм передач. Назначение, классификация, характеристика, устройство и работа

Механизмы передач двигателя предназначен для передачи вращающего момента от коленчатого вала двигателя к его механизмам и вспомогательным агрегатам, установленным на нем.

По конструкции и способу передачи крутящего момента механизмы передач делятся: на ременные; цепные; с цилиндрическими шестернями; коническими шестернями и промежуточными валиками; центробежно-храповыми муфтами; гидравлическими муфтами; фрикционными муфтами.

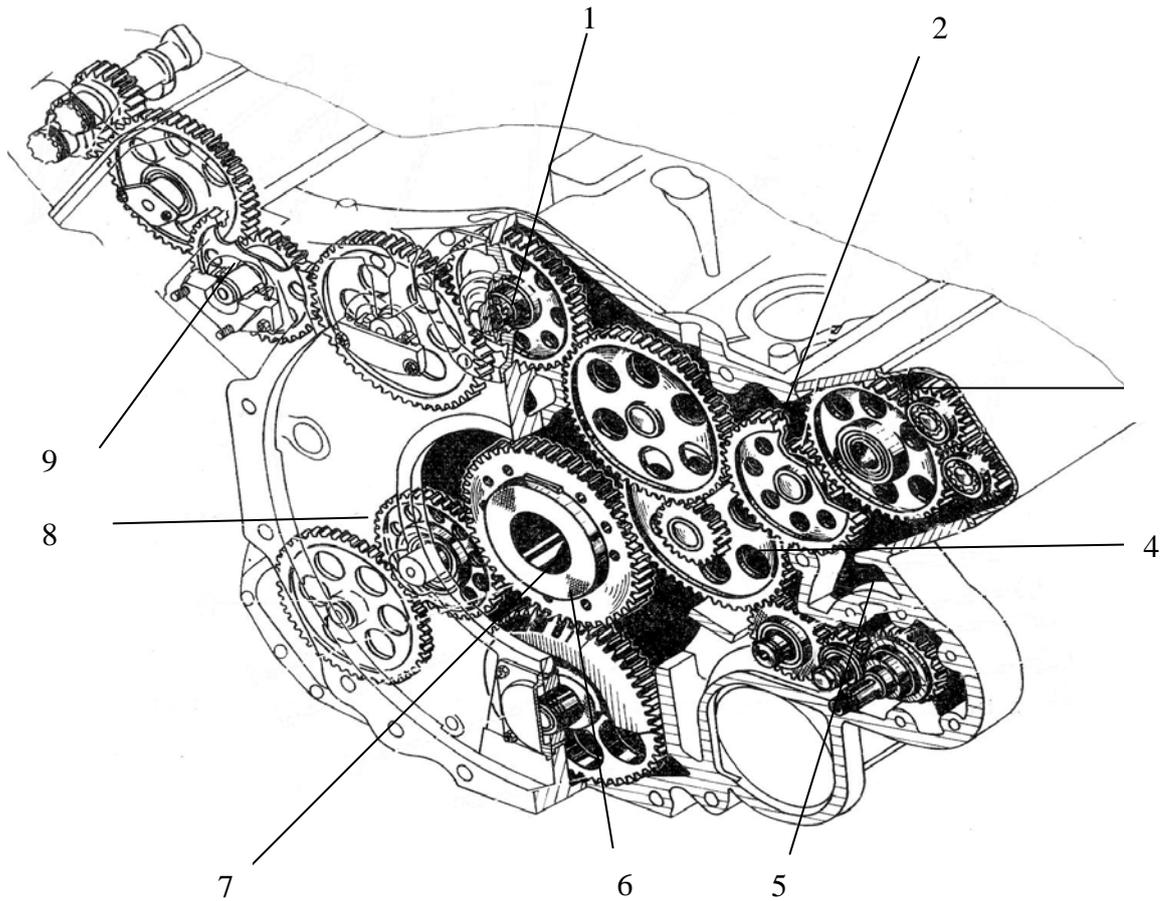
Механизм передач двигателя 5Д20-240. На двигателе 5Д20-240 установлен механизм передач с цилиндрическими шестернями.

Шестерни, составляющие редуктор, располагаются в специальной полости блок-картера и вращаются на подшипниках качения. В целях обеспечения возможности установки и регулировки фаз газораспределения соединения распределительных валов с приводными шестернями осуществляется с помощью регулировочных втулок. Достоинствами такого меха-

низма являются нечувствительность к осевым смещениям шестерни, простота изготовления и монтажа.

Устройство механизма передач двигателя представлено на рисунке 4.8.

Работа механизма передач двигателя 5Д20-240. Вращающий момент от коленчатого вала двигателя через его шестерню передается на шестерню противовеса уравнивающего механизма и промежуточные шестерни, и блок шестерни. От промежуточной шестерни на шестерню привода масляного насоса и от средней шестерни откачивающей секции масляного насоса через рессорный валик на вал крыльчатки водяного насоса. Через промежуточные шестерни вращающий момент передается на шестерни привода генератора, автоматическую муфту и тахометр. От [АМОВТ](#) передается на кулачковый вал [ТНВД](#), от эксцентрика опережения впрыска топлива (АМОВТ), левый и правый [ГРМ](#), воздухораспределитель кулачкового вала на топливоподкачивающий насос. От шестерен привода ГРМ на шестерни впускных распределительных валов и от них на шестерни выпускных распределительных валов (рисунок 4.9).



1 – шестерня привода автоматической муфты опережения впрыскивания топлива и далее на топливный насос высокого давления и топливоподкачивающий насос; 2 – шестерня привода воздухораспределителя; 3 – привод ГРМ; 4 – привод генератора; 5 – привод редуктора компрессора; 6 – шестерня уравнивающего механизма; 7 – шестерня коленчатого вала; 8 – промежуточная шестерня привода масляного и жидкостного насосов; 9 – привод тахометра

Рисунок 4.8 – Механизм передач

Смазка механизма передач. Масло после смазки деталей ГРМ из головок блоков цилиндров через карманы в головках сливается на шестерни механизма передач и смазывает подшипники шестерен и сами шестерни поливом и разбрызгиванием, затем стекает в нижнюю полость блок-картера.



Рисунок 4.9 – Принципиальная схема работы механизма передач двигателя



Рисунок 4.10 – Порядок работы цилиндров двигателя

Последовательность чередования одноимённых тактов в различных цилиндрах называется порядком работы двигателя.

Для двигателя 5Д20-240 порядок работы : 1л – 1п – 2л – 2п – 3л – 3п.

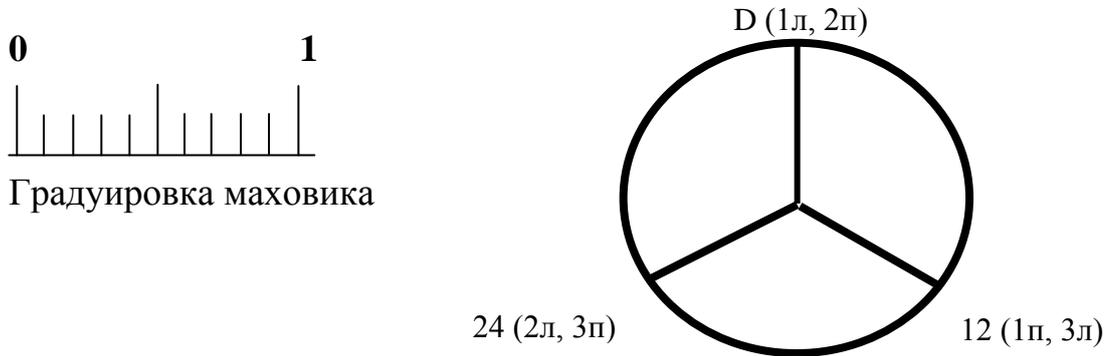


Рисунок 4.11 – Порядок определения [ВМТ](#) конца такта сжатия и выпуска

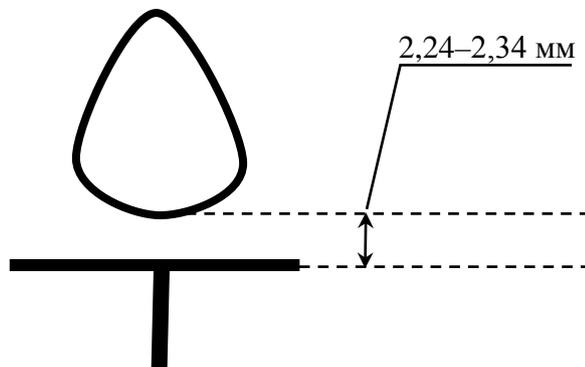


Рисунок 4.12 – Проверка и регулировка зазора между тарелями клапанов и затылками кулачков

Регулировка механизмов двигателя 5Д20-240. Блок-картер двигателя разделён на левый и правый ряд цилиндров. Если смотреть на двигатель со стороны, противоположной маховику (рисунок 4.10), то слева расположен левый ряд цилиндров, а справа – правый ряд цилиндров.

Номера цилиндров начинаются со стороны противоположной маховику и обозначаются цифрами, индекс рядом с цифрой обозначает название ряда (л – цилиндр левого ряда, п – цилиндр правого ряда).

Конец такта сжатия – впускные и выпускные клапаны подняты над клапанами (кулачки приподняты над тарелями клапанов).

Конец такта выпуска – впускные и выпускные клапаны открыты (кулачки надавливают на тарели клапанов).

Контрольные вопросы

- 1 Назначение и характеристика двигателя 5Д20-240.
- 2 Назначение и состав кривошипно-шатунного механизма.
- 3 Назначение и устройство уравнивающего механизма.
- 4 Назначение и состав газораспределительного механизма двигателя 5Д20-240.
- 5 Классификация газораспределительных механизмов, преимущества и недостатки.
- 6 Смазка газораспределительного механизма двигателя 5Д20-240.
- 7 Механизм передач, его состав, назначение, классификация и характеристика.
- 8 Порядок проверки и регулировки зазора между тарелями клапанов и затылками кулачков.
- 9 Общее устройство двигателя 5Д20-240.

Глава 5. Система смазки двигателя

5.1 Необходимость смазки трущихся поверхностей. Понятие о видах трения

Одним из требований, которые предъявляются к двигателям, выпускаемым заводами промышленности, является повышение долговечности, надежности, износостойкости.

Одной из систем, наиболее активно влияющих на долговечность и надежность двигателей, является смазывающая система, так как только при нормальной работе узлов и приборов этой системы обеспечивается долговечная работа деталей двигателя с минимальными износами, с сохранением всех качеств применяемых смазок.

И, наоборот, неисправности, возникающие в системе смазки, вызывают нарушение или прекращение подачи масла к деталям двигателя, как следствие этого – заклинивание, разрушение деталей, авария двигателя.

Масло, проходя через зазоры трущихся пар, уменьшает износ, снижает потери мощности на трение, герметизирует детали (например, поршень и гильзу цилиндра), отводит образовавшееся при трении тепло и защищает металлические поверхности от коррозии.

Кроме своего прямого назначения масло применяется в качестве рабочего тела в гидромуфтах, гидротрансформаторах, гидроусилителях, гидросистемах. Поэтому знание правил эксплуатации обслуживания приборов, узлов смазывающей системы, выполнение всего объема работ по уходу за смазывающей системой обеспечит надежность, долговечность работы двигателей.

По опыту эксплуатации военной техники в Республике Афганистан и Чеченской республике, других горячих точках большинство выходов из строя двигателей боевых машин, заклинивание, поломка шатунов и пробив блок-картера, происходит из-за несвоевременного обслуживания смазывающей системы. В первую очередь – это эксплуатация двигателя без достаточного уровня масла, применение масел низкого качества и не предусмотренных для эксплуатации данного двигателя, засорение масляных фильтров и особенно заборного масляного фильтра маслобака.

Совокупность устройств, обеспечивающих подвод масла к деталям двигателя, составляет смазывающую систему.

Впервые смазочные материалы потребовались человеку 2 000–3 000 лет тому назад в бронзовом веке, когда было совершено много открытий: появление цифр, письменности, арифметики, геометрии, астрономии, и че-

люди научились делать повозки и колесницы – постоянные потребители смазочного материала.

Тонкая масляная пленка, нанесенная на трущиеся поверхности, сделала возможным плавную и длительную работу машин и механизмов, созданных человеком.

История не сохранила имен первых открывателей, заметивших, что смазочные поверхности легче скользят и меньше нагреваются, чем несмазанные. До нас дошла только фраза народной пословицы «не подмажешь – не поедешь», которая со временем приобрела иносказательное значение.

Вся многочисленная и сложная современная техника требует тщательного ухода и, прежде всего, правильной и своевременной смазки.

Долговечность любой машины (самолета, танка, автомобиля, станка и др.) зависит от качества смазочных масел и от правильности их применения.

Известны случаи, когда из-за низкого качества смазочных масел и неумелого их применения разбивались самолеты, происходили аварии автомобилей, выходило из строя дорогостоящее и сложное оборудование, отказывали в работе приборы, сокращался срок службы машин.

В настоящее время наиболее широко распространены смазочные масла, вырабатываемые из нефти, в основном из мазута, составляющего 70–90 % нефти, который даже в конце XIX века или выбрасывался, или уничтожался (сжигался) как негодный продукт.

Всего лишь 100 лет тому назад все механизмы смазывались животными и растительными маслами. Оси железнодорожных вагонов смазывались сначала свиным жиром, затем оливковым маслом (деревянным) или сурепным. Для смазки веретен прядильных машин применялся рыбий жир.

При работе двигателя все подвижные детали перемещаются относительно друг друга, соприкасаются поверхностями при наличии определенных нагрузок, действующих на эти детали. В сопряженных деталях возникают силы трения, работа которых приводит к нагреву деталей, разрушению, износу. Одним из способов уменьшения износа деталей является разделение поверхностей скольжения слоем смазки, уменьшение работы сил трения.

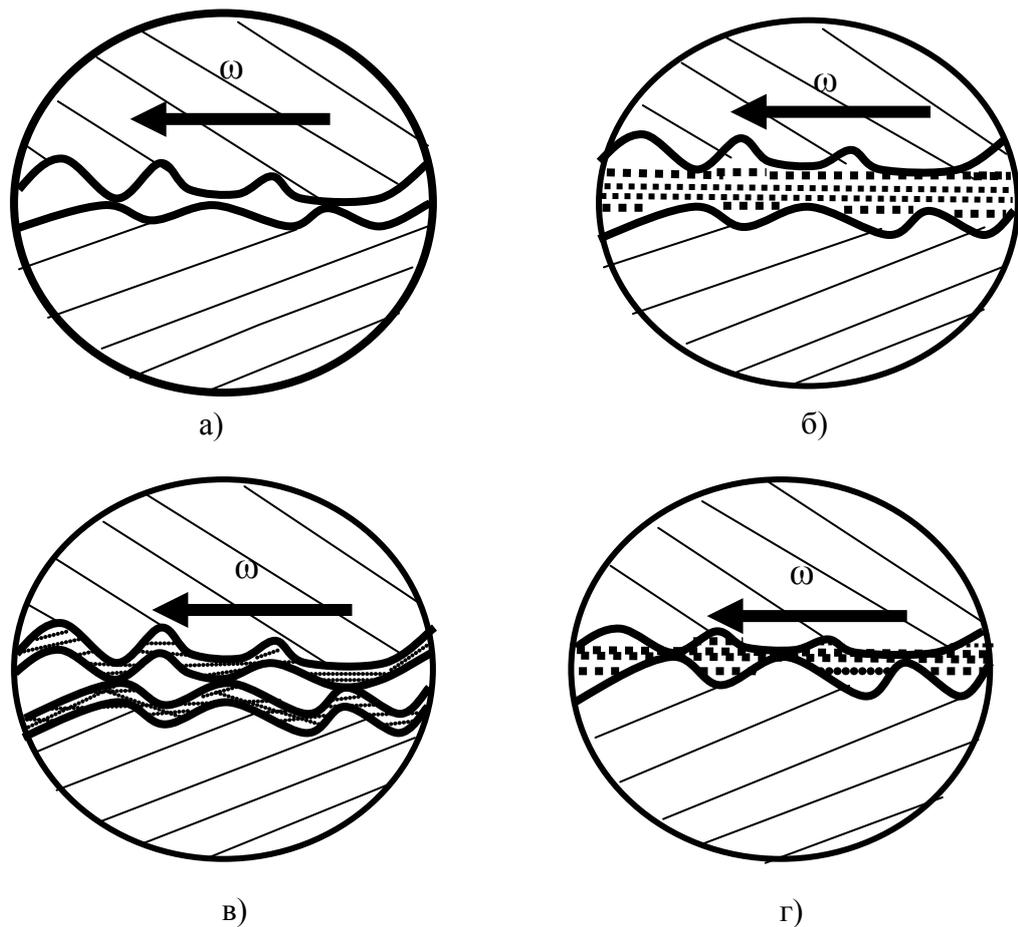
Виды трения, образование «масляного клина». В сопряжениях деталей двигателей внутреннего сгорания преобладающим является трение скольжения, которое подразделяют на следующие виды (рисунок 5.1):

- сухое трение (при отсутствии смазки) – когда при перемещении одной поверхности относительно другой выступы задевают друг за друга и тормозят движение;

- жидкостное трение – трущиеся поверхности полностью разделены слоем масла, и непосредственного контакта между ними нет. Сила трения обусловлена скоростью относительного движения и вязкостью масла, отдельные слои которого при движении деталей смещаются друг относительно друга;

- граничное трение – между трущимися поверхностями адсорбированный на поверхности слой масла толщиной до 0,1–1 мкм. В граничном слое, связанном с металлом силами межмолекулярного сцепления, одновременно сочетаются высокая прочность к нормальным нагрузкам со сравнительно малой прочностью его в касательной к поверхности натяжения;

- полужидкостное и полусухое трение – появляется при разрушении адсорбированного слоя вследствие роста температуры масла при высоких нагрузках и скоростях скольжения, при этом жидкостное и граничное трение в отдельных точках может переходить в сухое.



а) сухое трение, б) жидкостное трение, в) граничное трение, г) полужидкостное трение

Рисунок 5.1 – Виды трения

Условием обеспечения жидкостного трения является наличие разделяющего масляного слоя (рисунок 5.2).

Разделяющий масляный слой создается следующим образом: при вращении вала шейка увлекает масло, находящееся в зазоре, во вращательное движение (первый граничный слой за счет смазывающей способности масла, липкости, а в следующие – за счет его вязкости). Масло, попадая в постепенно уменьшающийся объем, стремится вытекать во всех направлениях, но этому препятствует вязкость масла и незначительные зазоры, через которые масло стремится вытечь. В результате в клиновидной части масляного слоя создается гидродинамическое давление, поднимающее шейку вала (вал всплывает).

Толщина разделяющего масляного слоя при данном диаметральном зазоре будет возрастать с увеличением скорости вращения и вязкости масла, а также при уменьшении нагрузки p на вал.

Как показывает опыт, для обеспечения надежного жидкостного трения в подшипник коленчатого вала необходимо, чтобы минимальная величина масляного слоя (h_{\min}) была не менее 5–6 мк.

При пуске двигателя из-за малой скорости вращения это условие не выдерживается, в подшипниках создается полужидкостное трение. Износ подшипников при запуске холодного двигателя равноценен примерно 200 км пробега боевой машины.

Для обеспечения жидкостного трения согласно гидродинамической теории смазки необходимы следующие условия:

- наличие клиновидного зазора между трущимися поверхностями;
- определенная скорость относительного движения деталей;
- соответствующая вязкость масла;
- нагрузка, не превышающая допустимых пределов;
- непрерывный подвод в клиновидное пространство.

Примеры различных видов трения, имеющих место в различных сопряжениях ДВС при их работе:

- сухое трение нигде не допускается;
- полусухое трение в паре выпускной клапан – направляющая втулка;
- граничное трение в паре впускной клапан – направляющая втулка;
- полужидкостное трение возможно в паре шатунная шейка – нижняя головка шатуна в момент запуска двигателя;
- жидкостное трение в подшипниках коленчатого вала и опорах распределительных валов.

Конструкции современных двигателей удовлетворяют всем указанным условиям.

Масло МТЗ-10п применяется в двигателе 5Д20-240 при низких температурах, позволяющее пускать двигатель без предварительного разогрева при наружных температурах до $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ с помощью электрофакельного устройства (буква З обозначает, что масло содержит загущающие присадки).

5.2 Назначение и классификация систем смазки

Назначение систем смазки и требования, предъявляемые к ним.

Смазывающую систему составляет совокупность элементов (устройств), обеспечивающих подвод масла к трущимся деталям двигателя, очистку масла от продуктов износа и механических примесей, рассеивание отведенного в него тепла, выделяющегося в результате трения.

В общем случае система смазки предназначена:

- для непрерывного принудительного подвода масла под давлением к трущимся поверхностям;
- для очистки масла от механических примесей и продуктов износа;
- для охлаждения трущихся поверхностей (частичного отвода тепла);
- для хранения и транспортировки определенного количества масла;
- для защиты металлических поверхностей от коррозии.

Слой масла, находящийся на поверхности гильз, колец и поршней, обеспечивает уплотнение цилиндров. Масло используется для гидромуфты привода генератора (2В-06-2) и как серводействующий элемент, обеспечивающий работу автоматической муфты опережения впрыска топлива (АМОВТ) и всережимного регулятора частоты оборотов (ВРЧО) и гидроцилиндров механизма защиты двигателя ([МЗД](#)).

К системе смазки предъявляются следующие требования:

- надежная бесперебойная подача масла к трущимся деталям в количестве, достаточном для отвода тепла, выделяющегося в результате трения;
- обеспечение работоспособности во всех климатических условиях, при кренах и дифферентах машины под углами до 30° ;
- обеспечение запаса хода машины по расходу масла, заданного технической характеристикой;
- постоянная очистка масла от продуктов износа, механических примесей и продуктов разложения масла;
- поддержание в заданных пределах температуры масла, поступающего в двигатель;
- возможность быстрого прогрева масла после пуска холодного двигателя;

- простота и удобство эксплуатации при минимальных затратах времени и средств на обслуживание.

Способы подвода масла к трущимся поверхностям. Трущиеся поверхности деталей современных двигателей смазываются следующими способами:

- принудительным способом (под давлением), при котором масло к трущимся поверхностям подается при помощи масляного насоса под определенным давлением;

- разбрызгиванием, при котором масло выбрызгивается на трущиеся поверхности под давлением из сопел и отверстий;

- самотеком, при котором масло стекает самотеком из специальных полостей, расположенных над деталями двигателя и смазывают их;

- масляным туманом, который образуется за счет взбалтывания и испарения масла в специальных емкостях – картерах, вращающимися деталями, периодически окупающимися в масло;

- комбинированным способом, который включает выше перечисленные способы (принудительный, разбрызгиванием, самотеком, масляным туманом).

Системы смазки классифицируются по двум признакам:

1) способу подвода масла к трущимся поверхностям;

2) месту расположения основного запаса масла.

По способу подвода масла к трущимся поверхностям делятся:

- на принудительные системы смазки, когда масло к деталям двигателя подается только под давлением, создаваемым насосом;

- смазку разбрызгиванием, когда масло подводится ко всем трущимся деталям путем разбрызгивания нижними головками шатунов (применяется в основном у мотоциклетных двигателей);

- комбинированные смазывающие системы, в них к коренным подшипникам коленчатого вала масло подается принудительно, а все остальные детали смазываются разбрызгиванием или самотеком.

В современных двигателях применяются комбинированные системы, обеспечивающие надежный подвод масла ко всем деталям двигателя и агрегатам систем, размещенных на нем. При этом под давлением, обеспечивая жидкостное трение, смазываются коренные и шатунные подшипники коленчатого вала, подшипники валов газораспределительного механизма, генератора, турбокомпрессоров, привода компрессора АК-150, кулачкового вала [ТНВД](#), поршневые пальцы, подшипники воздухораспределителей. Самотеком смазываются шестерни и подшипники механизма передач, остальные детали смазываются разбрызгиванием и масляным туманом.

По месту хранения основного запаса масла системы смазки классифицируются:

- системы с сухим картером, когда основное количество масла хранится в баке;
- системы с мокрым картером, когда основное количество масла хранится в нижней части картера (поддоне).

На бронетанковой технике применяются, как правило, системы с сухим картером, что позволяет уменьшить высоту двигателя, а, следовательно, моторно-трансмиссионного отделения и машины в целом.

5.3 Назначение, устройство и работа приборов и агрегатов системы смазки

Для создания давления масла с целью подачи его к трущимся поверхностям и обеспечения циркуляции масла по системе служит масляный насос.

В качестве масляных насосов могут применяться шестерённые, винтовые и плунжерные насосы.

В смазывающих системах боевых и транспортных машин применяются насосы шестеренного типа, с шестернями внешнего зацепления, так как такие насосы просты в изготовлении, надежны в работе, имеют малые габариты и массу.

В масляных системах с мокрым картером шестеренные насосы выполняются с одной или двумя парами шестерен (одно или двухсекционными), а в системах с сухим картером обязательно двух- или трёхсекционными (одна секция нагнетающая и одна или две – откачивающие).

Насос состоит:

- из корпуса;
- двух цилиндрических шестерен, ведущей и ведомой, расположенных в корпусе.

Ведущая шестерня шпонкой крепится на валике, который приводится от кулачкового или коленчатого вала двигателя, а ведомая свободно вращается по оси.

Масло поступает в полости всасывания 1 (рисунок 5.3), и при вращении шестерен заполняет объем впадин, объемы (впадины) освобождаются при выходе зубьев из зацепления.

Во впадинах масло переносится в нагнетательную полость 2, где зубья, входящие в зацепление, вытесняют его из впадин.

Для разгрузки подшипников шестерен насоса и свободного выхода масла из полости между вершиной зуба и впадиной, в корпусе и на крышке делаются разгрузочные канавки, отводящие масло в полость нагнетания.

Обязательный элемент насоса – редукционный клапан 3, который предназначен для поддержания давления в главной масляной магистрали двигателя в заданных пределах.

Клапан поджимается пружиной к седлу. Натяжение пружины регулируется пробкой. При повышении давления выше установленного клапан открывается, и часть масла из полости нагнетания перетекает в полость всасывания, это в том случае, когда клапан смонтирован непосредственно на насосе или масляной магистрали.

На некоторых двигателях для достижения равномерности давления по всей длине масляной магистрали редукционный клапан может устанавливаться в её конце и в случае повышения давления в магистрали выше установленного, клапан открывается, и масло сливается в картер двигателя.

С целью уменьшения размеров и массы насоса в нем удобно объединить три шестерни и получить две секции.

Расположение масляного насоса и его привод могут быть самыми разнообразными. Например, в системах с сухим картером масляный насос целесообразно располагать снаружи двигателя, поскольку в этом случае удобнее осуществить подвод масла к насосу и отвод от него в бак.

В настоящее время получают распространение насосы, имеющие шестерни с косыми зубьями. Применение таких шестерен уменьшает пульсации давления масла в нагнетающей магистрали, а также не требуют выполнения разгрузочных канавок на торцах корпуса.

На двигателе 5Д20-240 применяется трёхсекционный насос (одна секция нагнетающая и две откачивающие).

На двигателе 2В-06-2 насос четырехсекционный (одна секция нагнетает масло в главную масляную магистраль, а три другие откачивают масло из картера).

По назначению масляные насосы подразделяются:

- на маслозакачивающие насосы – создающие давление масла перед запуском двигателя (с электрическим приводом);
- масляные насосы двигателя – создающие давление масла во время работы двигателя (с механическим приводом).

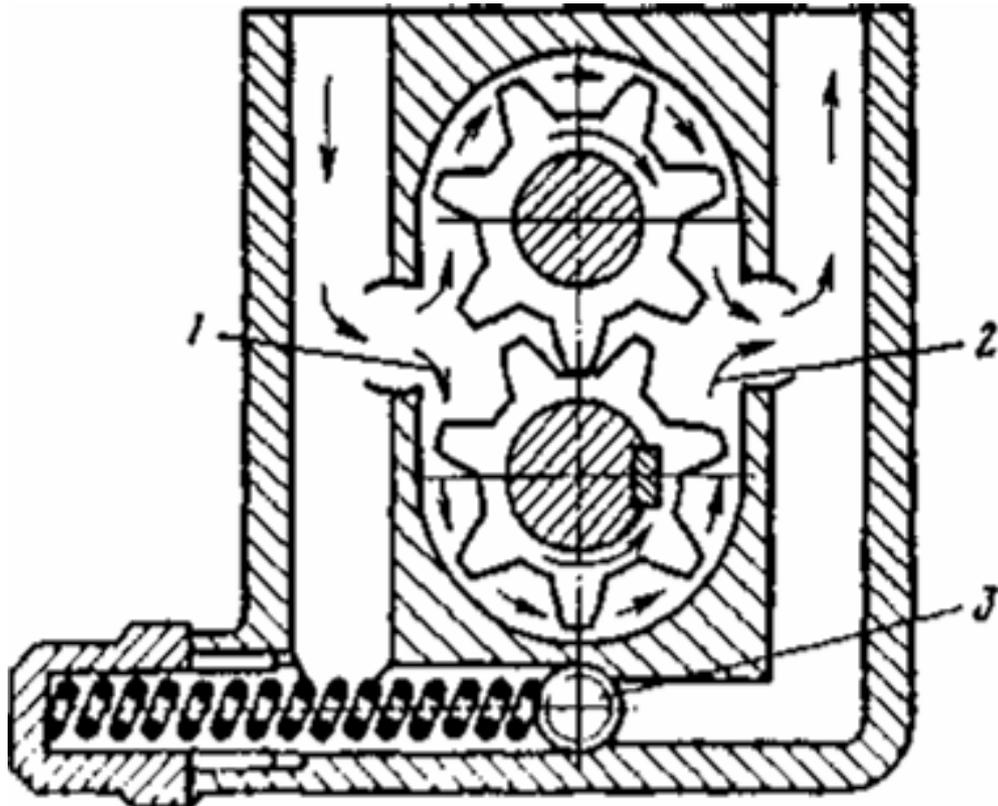


Рисунок 5.3 – Односекционный шестерённый масляный насос с встроенным редукционным клапаном

В процессе эксплуатации двигателя физико-химические свойства масла значительно изменяются. При высокой температуре масла кислород соединяется с наиболее неустойчивыми составляющими масла, вызывая их разложение. В результате химического разложения масла образуются кислоты, смолы, кокс и др. В масло попадает также атмосферная пыль, частицы металла изношенных деталей, топливо, вода, нагар и т.д. Загрязнение масла вызывает износ трущихся деталей и засорение масляных каналов.

Перед поступлением масла к трущимся поверхностям двигателя оно должно быть тщательно очищено.

Для надежной очистки масла от механических примесей и продуктов окисления предназначены два типа фильтров – грубой очистки и тонкой очистки.

Фильтры грубой очистки, которые задерживают относительно крупные частицы размером до 40 мк, могут выполняться:

- сетчатыми;
- пластинчато-щелевыми;
- ленточно-щелевыми.

Сопrotивление этих фильтров сравнительно небольшое, в этом случае обеспечивается фильтрация всего масла, поступающего в двигатель.

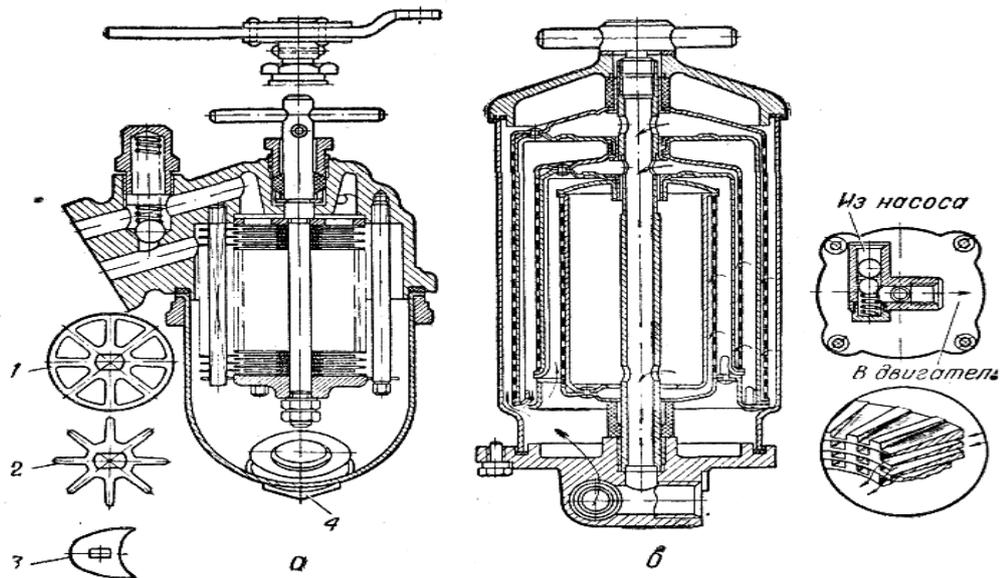
Для обеспечения подвода масла к трущимся поверхностям в случае засорения фильтрующего элемента и при запуске холодного двигателя (когда масло имеет повышенную вязкость) предназначен перепускной клапан, пружина которого регулируется на определенный перепад давления.

При увеличении перепада выше определенных значений клапан открывается, и масло поступает к двигателю, минуя фильтры.

Основными элементами масляных фильтров являются:

- корпус с крышкой;
- фильтрующий элемент;
- перепускной клапан.

В картере выполняются подводящие и отводящие штуцера.



1 – фильтрующая пластина; 2 – отдельные пластины; 3 – очищающая пластина (нож); 4 – пробка сливная

Рисунок 5.4 – Пластинчато-щелевой фильтр (а)
и ленточно-щелевой фильтр (б)

Пластинчато-щелевой фильтр грубой очистки, применяемый на автомобильных двигателях, устроен следующим образом.

В корпусе на центральном валике насажен набор фильтрующих пластин, между которыми находятся отдельные пластины толщиной 0,07–0,1 мм. В зазоры между фильтрующими пластинами входят очищающие пластины (ножи), наборные, на неподвижных стержнях.

При периодическом проворачивании центрального вала зазоры между фильтрующими пластинами очищаются от скопившихся в них частиц. Отстой сливается через отверстие, закрытое пробкой.

Ленточно-щелевые фильтры (аналогичны топливным). Фильтрующий элемент состоит из гофрированного стакана, на поверхности которого навита металлическая лента с выступами на одной стороне. Благодаря этим выступам, между витками ленты образуются щели шириной 0,04–0,09 мм. Механические частицы большого размера задерживаются на поверхности, а масло и более мелкие частицы поступают в двигатель.

Фильтры тонкой очистки задерживают механические частицы размером 1–3 мк.

Они могут быть:

- картонными;
- фетровыми;
- с поглощающей массой;
- центробежными (центрифуги).

Через фильтр тонкой очистки проходит 5–30 % масла, подаваемого нагнетающей секцией насоса, причем все масло, имеющееся в системе, проходит через фильтр тонкой очистки примерно 10 раз за час работы двигателя.

При параллельном включении фильтра тонкой очистки масло, прошедшее через него, может отводиться в картер двигателя, а в системах с сухим картером либо в картер, либо прямо в бак.

Наиболее распространены фильтры тонкой очистки типа АСФО, фильтрующий элемент которых представляет собой набор дисков и разделительных пластин из прессованного картона или войлока, посаженных на центральную трубку, установленную в корпусе.

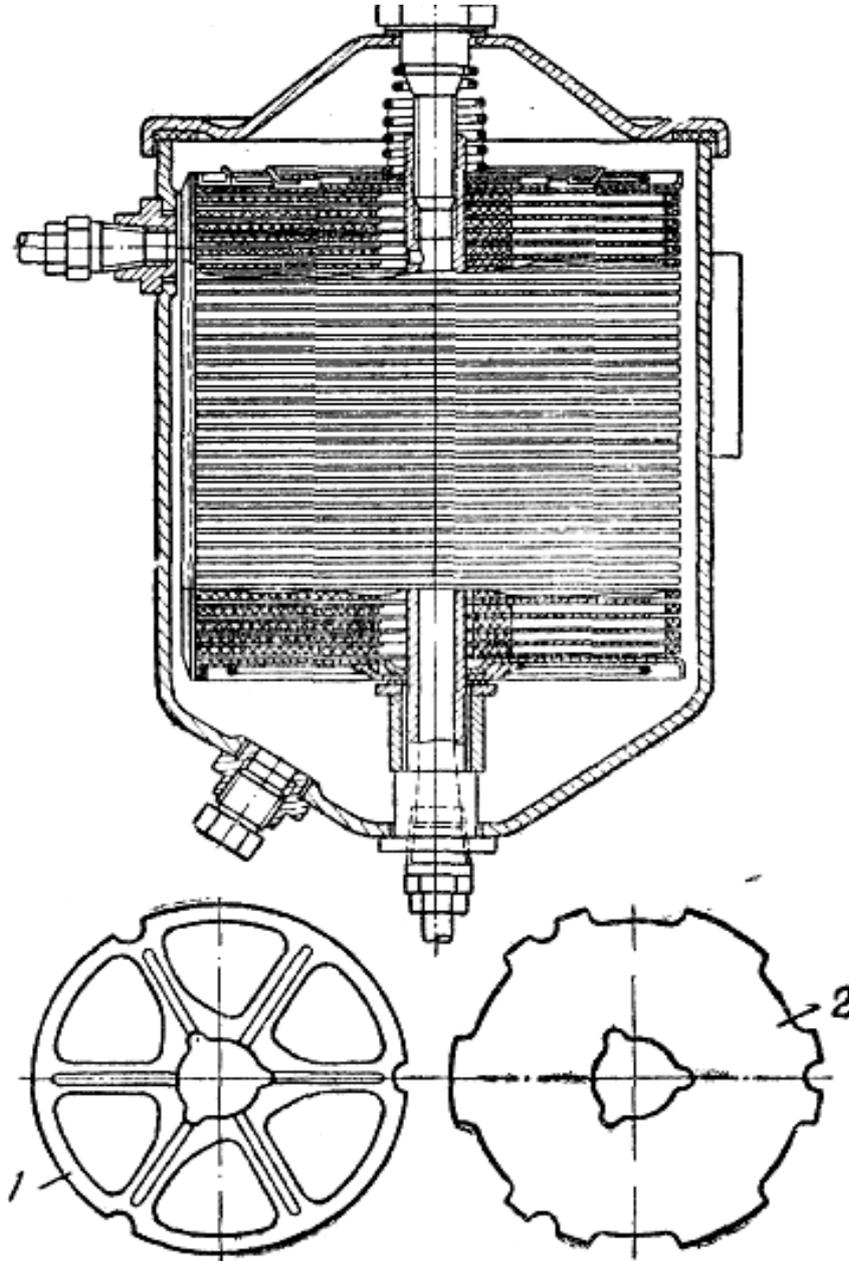
В спицах разделительных пластин выштампованы канавки, соединяющиеся с центральным отверстием. Масло проходит в пространство между дисками и спицами разделительных пластин, затем продавливается диском и пластиной и по канавкам в спицах поступает к центральному отверстию, откуда сливается в картер. Пакет картонных пластин уплотняется пружиной.

В качестве фильтров тонкой очистки широко применяются центробежные фильтры (центрифуги) с механическим и активно-реактивным приводами (БМД-4, КАМАЗ и т.д.), реактивным приводом (БМД-1, БМД-2).

Эффективность очистки масла в центрифуге с механическим приводом зависит от числа оборотов коленчатого вала двигателя – это их недостаток.

Основные части центробежного фильтра:

- корпус;
- ротор, установленный на оси на шарикоподшипнике;
- два сопла, выполненных на роторе;
- центральный стержень;
- подводящий и отводящий масляные каналы;
- перепускной клапан (обратный клапан).



1 – разделительная пластина; 2 – диск

Рисунок 5.5 – Фильтр типа АСФО

Принцип работы центробежных фильтров заключается в центробежной очистке масла за счёт центробежных сил. Масло, находящееся в роторе, увлекается во вращательное движение и под действием возникающих

при этом центробежных сил механические частицы, содержащиеся в нем, отбрасываются к стенкам ротора. Очищенное масло собирается в центре ротора, а потом подается в главную масляную магистраль.

Использование таких центрифуг освобождает от необходимости ставить фильтры грубой очистки, обеспечивает меньший износ двигателя и увеличивает срок его службы.

Число оборотов ротора этой центрифуги при давлении масла 0,6–1 МПа (6–10 кг/см²) и температуре масла 75–85 °С достигает 7 500–8 000 об/мин.

В последнее время широкое применение находят бумажные полнопоточные фильтры тонкой очистки с фильтрующим элементом, сделанным из бумажной ленты, собранной в гармошку.

Такие фильтрующие элементы не обслуживаются, а при засорении заменяются новыми.

Радиаторы. При работе двигателя вследствие трения и контакта с нагретыми деталями двигателя масло нагревается.

Первые трубки, по которым движется масло, омываются жидкостью системы охлаждения, вторые – атмосферным воздухом (рисунок 5.6).

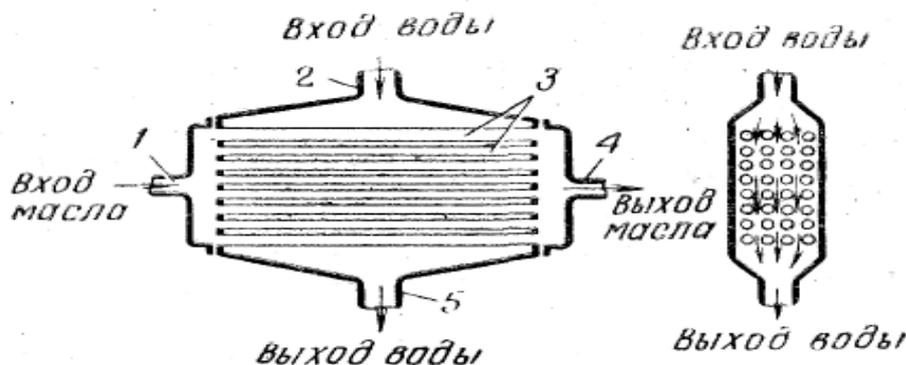


Рисунок 5.6 – Принципиальная схема водомасляного радиатора

Водомасляные радиаторы имеют следующие *преимущества*:

- быстрее подогреться масло при прогреве двигателя после запуска;
- поддерживают более стабильно температуру масла независимо от температуры окружающей среды, нагрузки и оборотов двигателя.

Недостатки:

- относительно большой вес;
- меньшая надежность в работе.

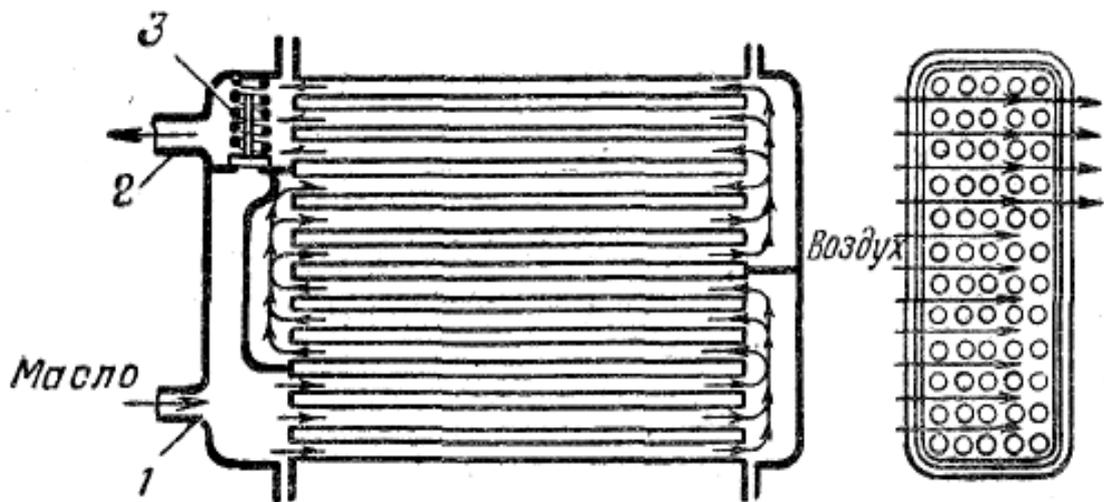
Вследствие указанных недостатков водомасляные радиаторы-реле используют в масляных системах современных двигателей.

Воздушно-масляный радиатор состоит:

- из коллекторов;
- подводящего и отводящего патрубков;
- трубок;
- перепускного клапана.

Масло поступает в коллектор радиатора, и совершает по трубкам радиатора несколько ходов со скоростью примерно 0,8 м/с, что обеспечивает высокий коэффициент теплопередачи, а, следовательно, и достаточно эффективное охлаждение. Охлажденное масло выходит из радиатора через патрубок.

В зимнее время и в период пуска двигателя, когда масло холодное, гидравлическое сопротивление трубок радиатора большое, радиатор автоматически отключается с помощью перепускного клапана. Пружина клапана отрегулирована на определенный перепад давлений.



1 и 2 – патрубки; 3 – перепускной клапан

Рисунок 5.7 – Принципиальная схема воздушно-масляного радиатора

По мере появления температуры масла, его вязкость уменьшается, и часть его проходит через радиатор, а другая часть – через перепускной клапан.

При полностью прогревом двигателя сопротивление радиатора снижается, пружина клапана закрывает его, и все масло будет выходить через радиатор, охлаждаясь до необходимой температуры.

На современной бронетанковой и автомобильной технике наибольшее распространение получили масляные радиаторы воздушного охлаждения. Причем конструктивно они выполняются отдельно на колесных машинах, а на гусеничных, как правило, в одном блоке с радиатором системы охлаждения.

Клапаны. В масляных системах двигателей внутреннего сгорания в общем случае устанавливаются следующие клапаны:

- редуционный;
- перепускной;
- обратный;
- запорный;
- сливной.

Редуционные клапаны устанавливаются в насосах или в главной масляной магистрали двигателя и предназначены для поддержания в главной масляной магистрали определенного давления и ограничения этого давления до определенных пределов. Они регулируются на заводах при сборке на максимальное давление, и в процессе эксплуатации их регулировать запрещается.

Перепускные клапаны устанавливаются, как правило, в масляных радиаторах и предохраняют их от чрезмерного давления, перепускают масло, минуя радиатор.

Перепускные клапаны также устанавливаются в масляных фильтрах, обеспечивая перепуск масла при сильном засорении фильтрующего элемента.

Обратные клапаны устанавливаются, как правило, в трубопроводах и каналах, пропуская масло только в одном направлении и не пропуская в другом.

Этим обеспечивается работа системы на различных режимах. Так в масляной системе 5Д20-240 в главной масляной магистрали установлены два обратных клапана (на входах ее с обеих сторон), обеспечивающие подачу масла и создания в ней давления как от маслозакачивающего насоса перед запуском двигателя, так и от масляного насоса двигателя при его работе.

Запорные клапаны устанавливаются, как правило, в системах смазки с сухим картером, предотвращая самопроизвольное перетекание масла из бака в картер двигателя при неработающем двигателе.

В двигателе 5Д20-240 он установлен на выходе из нагнетающей секции масляного насоса двигателя.

Сливные клапаны установлены в масляных баках и предохраняют систему от вытекания масла при отворачивании или ослаблении сливной пробки.

Для слива масла из бака в [ЗИП](#) машины вводятся специальные ключи.

Контрольно-измерительные приборы. В смазывающих системах двигателей устанавливаются датчики и указатели температуры и давления масла.

Указатели монтируются на щитке механика-водителя. Датчик давления устанавливается в главной масляной магистрали. Датчик температуры – в сливной магистрали на выходе из двигателя.

В системах смазки вместо указателя или дополнительно на пульте механика-водителя может устанавливаться лампочка-сигнализатор минимально допустимого давления масла.

5.4 Система смазки двигателя 5Д20-240

Характеристика системы: циркуляционная, комбинированная, с сухим картером.

Вместимость системы: 48 л, из них в баке – 40 л, минимальное количество в баке – 20 л.

Применяемое масло: МТ-16п – всесезонно; МТЗ-10п – зимой.

Температура масла:

- эксплуатационная (рекомендуемая) – 80–100 °С;
- минимальная, для движение на 1-2 передачах – 35 °С;
- минимальная, при которой можно давать двигателю любую нагрузку, – 55 °С;
- максимальная – 120 °С (105 °С – МТЗ-10п);
- максимальная кратковременная (10 мин) – 125 °С (для масла МТ-16п).

Давление масла:

- эксплуатационное – 5–12 кгс/см²;
- перед пуском двигателя – не менее 2,5 кгс/см²;
- минимальное на оборотах холостого хода – не менее 1,5 кгс/см²;
- максимально-допустимое давление масла – не более 14 кгс/см².

5.4.1 Общее устройство системы смазки двигателя 5Д20-240

В состав системы двигателя 5Д20-240 входят следующие приборы и агрегаты (рисунок 5.8):

- масляный бак 1 с заправочной горловиной-суфлером 2;
 - маслозакачивающий насос (МЗН-3) 7;
 - масляный насос двигателя 3;
 - масляный картер двигателя (поддон со сливной пробкой);
 - фильтры смазывающей системы (7 шт.):
 - грубой очистки масла 4;
 - фильтр тонкой очистки масла (центрифуга) 5;
 - заборный фильтр маслобака 8;
 - сетчатый фильтр МЗН-3;
 - сетчатый фильтр заправочной горловины-суфлера;
 - сетчатый фильтр блок-картера;
 - сетчатый фильтр откачивающей секции масляного насоса двигателя;
 - клапаны системы (7 шт.):
 - 1) сливной маслобака 12,
 - 2) перепускной маслобака и радиатора 9,
 - 3) редукционные клапаны масляных насосов – 2 шт.,
 - 4) запорный клапан масляного насоса двигателя,
 - 5) обратные клапаны главной масляной магистрали и центрифуги – 2 шт.;
 - масляный радиатор 6;
 - главная масляная магистраль (ГММ);
 - обогреваемый заборный маслопровод и трубопроводы.
- Контрольно-измерительные приборы:
- указатель давления масла;
 - датчик температуры масла 11;
 - указатель температуры масла;
 - датчик давления масла 10;
 - кнопка ПОМПА (на щитке механика-водителя);
 - система вентиляции картера двигателя и моторно-трансмиссионного отделения машины.

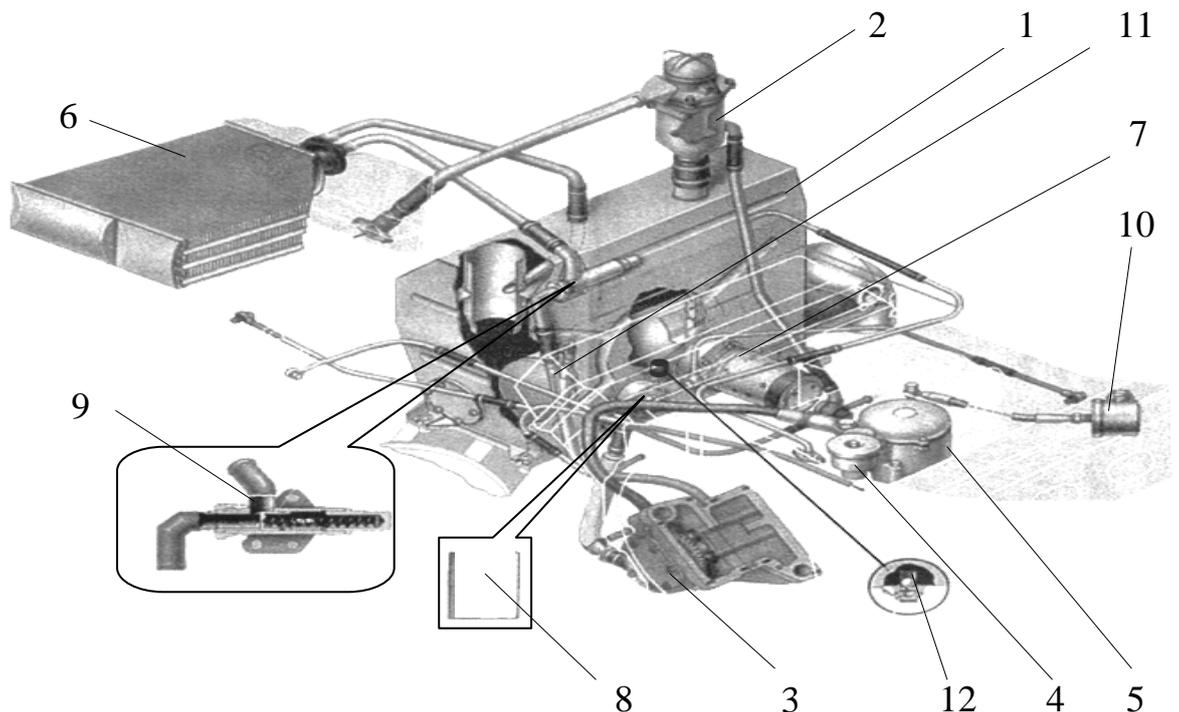
5.4.2 Устройство и работа приборов и агрегатов системы смазки

Масляный бак с заправочной горловиной и суфлером. Служит резервуаром для масла. Установлен в моторно-трансмиссионном отделении между двигателем и левым бортом машины, бак сварной. Имеет отстойник со сливным шариковым клапаном. К верхнему патрубку бака крепится заправочная горловина, одновременно служащая и суфлером, соеди-

няющим бак с атмосферой. Внутри масляного бака установлен котел подогревателя, пеногаситель и перегородки.

Масляный насос двигателя (рисунки 5.9, 5.10) предназначен для подачи масла под давлением к трущимся поверхностям, а также для подачи масла к механизмам и агрегатам двигателя. Установлен на двигателе слева сзади, внизу.

Характеристика насоса: шестеренный, трехсекционный, с приводом от механизма передач двигателя (от масляного насоса двигателя при помощи торсионного вала (рессоры) приводится в действие жидкостной насос).



1 – масляный бак; 2 – заправочная горловина-суфлер; 3 – масляный насос; 4 – фильтр грубой очистки масла; 5 – центробежный масляный фильтр; 6 – масляный радиатор; 7 – маслозакачивающий насос; 8 – заборный масляный фильтр; 9 – перепускной клапан; 10 – датчик давления масла; 11 – датчик температуры масла; 12 – сливной клапан

Рисунок 5.8 – Система смазки двигателя 5Д20-240

Масляный насос состоит:

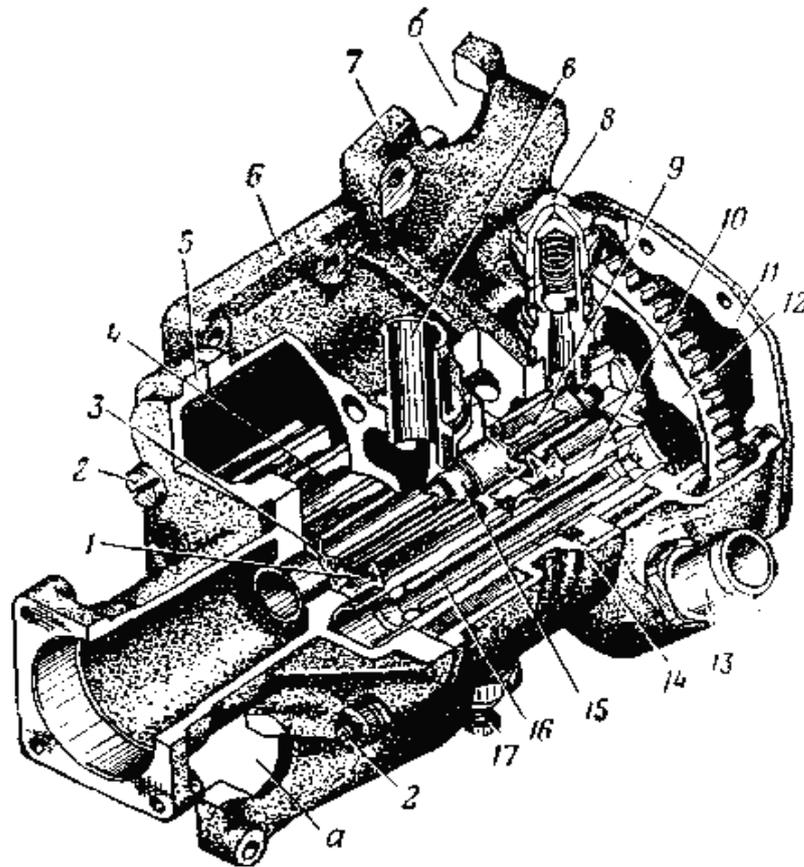
- из нагнетающей секции;
- двух откачивающих секций;
- шестерни привода от механизма передач;
- задней и передней крышек;
- запорного клапана;
- редукционного клапана.

Нагнетающая секция состоит из корпуса, 2-х шестерен, 2-х штуцеров (входного и выходного) и запорного шарикового клапана.

Нагнетающая секция забирает масло из бака и подает под давлением в масляные фильтры через запорный клапан, трубопровод и резиновый шланг.

Запорный клапан предотвращает перетекание масла из масляных фильтров в масляный насос двигателя, за счет чего резиновый шланг постоянно заполнен маслом.

Заборная полость нагнетающей секции связана с маслобаком при помощи маслозаборного обогреваемого трубопровода через заборный сетчатый фильтр маслобака. Маслозаборный обогреваемый трубопровод имеет рубашку подогрева, через которую постоянно циркулирует охлаждающая жидкость, разогревая находящееся в нем масло, при работе подогревателя.



1 – ведущая шестерня откачивающей секции; 2 – стяжной болт; 3 и 4 – ведомые шестерни откачивающей секции; 5 – крышка-фланец; 6 – корпус откачивающей секции; 7 – корпус нагнетающей секции; 8 – запорный клапан; 9 – ведущая шестерня нагнетающей секции; 10 – ведомая шестерня нагнетающей секции; 11 – задняя крышка; 12 – шестерня привода масляного насоса; 13 – штуцер; 14 – самоподжимной сальник; 15 – заглушка; 16 – рессора; 17 – редукционный клапан;

а – отверстие подвода масла из картера; б – отверстие подвода масла из центробежного фильтра; в – канал выхода масла из откачивающих секций в радиатор

Рисунок 5.9 – Масляный насос

Полость нагнетающей секции связана каналом с полостью редукционного клапана. Редукционный клапан поддерживает давление масла в [ГММ](#) двигателя не более 14 кгс/см². Для доступа к клапану в днище машины устанавливается лючок.

Клапан после заводской регулировки пломбируется. В процессе эксплуатации категорически запрещается нарушать заводскую регулировку.

Откачивающие секции состоят: из корпуса, 3-х шестерен, 2-х всасывающих каналов, отводящего штуцера и сетчатого фильтра. Одна пара шестерен откачивает масло из картера двигателя. Вторая пара шестерен забирает неочищенное масло, сливаемое из сопел центрифуги. Из обеих секций масло подается к отводящему штуцеру и далее через перепускной клапан и масляный радиатор в масляный бак. Одновременно из откачивающей магистрали масло подается в гидроцилиндры механизма защиты двигателя от попадания воды (МЗД).

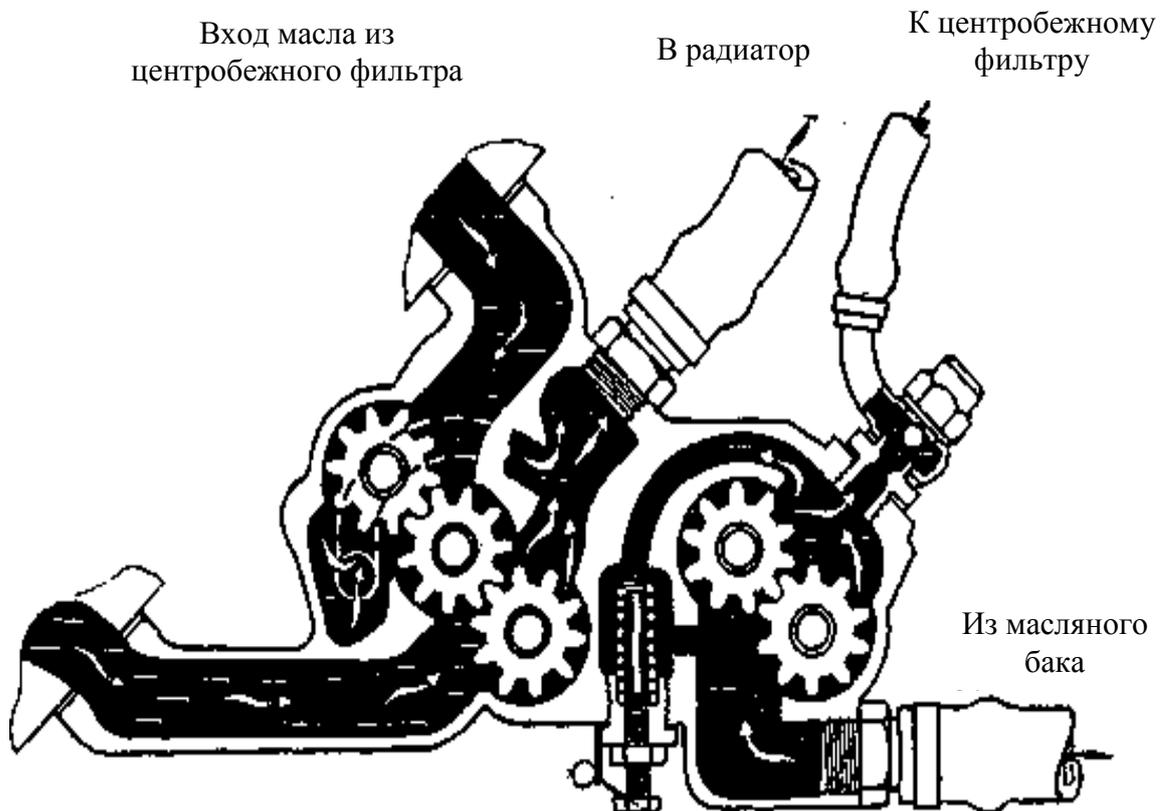


Рисунок 5.10 – Схема работы масляного насоса двигателя 5Д20-240

Масляный картер двигателя имеет сливную пробку, а для доступа к пробке в днище корпуса машины выполнен лючок.

Маслозакачивающий насос МЗН-3 предназначен для подачи масла под давлением к трущимся поверхностям перед запуском двигателя. Он

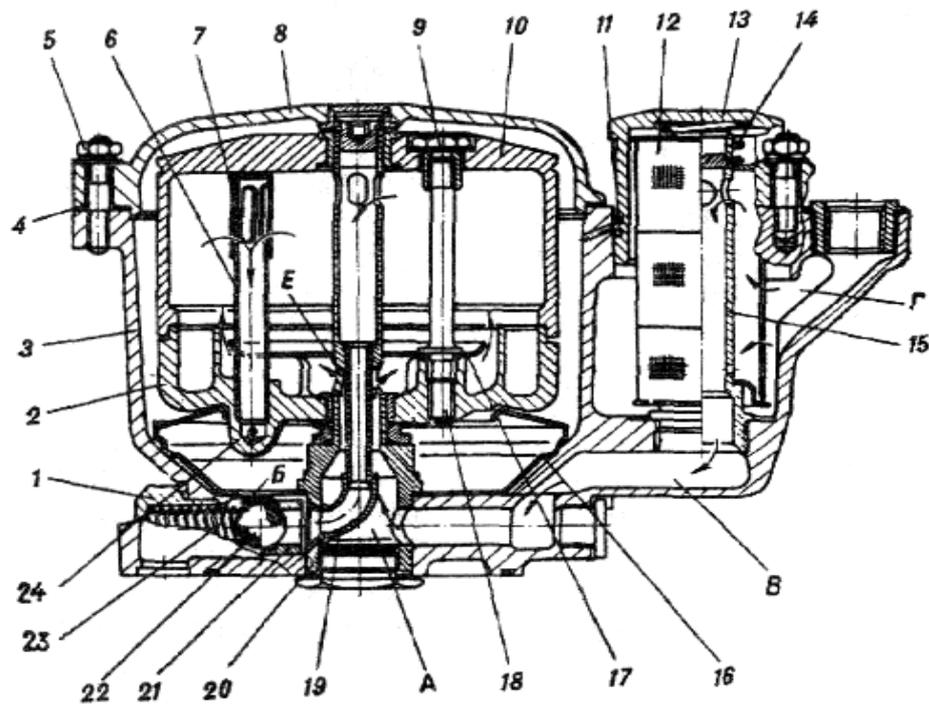
установлен и закреплен на правой стенке масляного бака. Тип насоса: шестеренчатый, односекционный с приводом от электродвигателя.

Редукционный клапан насоса отрегулирован на максимальное давление 14 кгс/см^2 . Включение насоса в работу осуществляется кнопкой ПОМПА на щитке механика-водителя.

При работе насоса масло забирается из масляного бака и нагнетается через сетчатый фильтр по трубопроводу к обратному клапану главной масляной магистрали с передней части двигателя, минуя фильтры грубой и тонкой очистки масла.

5.4.3 Масляные фильтры

Фильтр грубой очистки масла предназначен для предварительной очистки масла от механических примесей. Фильтрующий элемент сетчатый.



1 – корпус обратного клапана; 2 – крышка ротора; 3 – корпус фильтра; 4 – прокладка; 5 и 9 – гайки; 6 – маслозаборная трубка; 7 – сетка; 8 – крышка; 10 – корпус ротора; 11 – уплотнительное кольцо; 12 – фильтрующий элемент; 13 – крышка; 14 и 23 – пружины; 15 и 20 – стержни; 16 – маслоотражательный щиток; 17 – щиток; 18 – шпилька; 19 – трубка; 21 – седло клапана; 22 – шарик; 24 – форсунка

Рисунок 5.11 – Центробежный масляный фильтр

Фильтр состоит: из корпуса, изготовленного заодно с фильтром тонкой очистки (центрифугой); крышки с уплотнительными кольцами; фильт-

рующей сетки; пружины; центрального полого стержня и 2-х шпилек с гайками.

Фильтрация масла происходит при просачивании его через сетку.

Фильтр тонкой очистки масла (центробежный маслоочиститель) предназначен для окончательной очистки масла от механических примесей и продуктов износа. Он установлен, и закреплен в развале блоков. Тип фильтра – центробежный. Конструкция фильтра основана на принципе использования центробежных сил для разделения масла и механических примесей.

Фильтр состоит (рисунок 5.11):

- из корпуса;
- крышки с уплотнительной прокладкой;
- ротора в сборе;
- маслоотражательного кольца;
- трубки отвода очищенного масла;
- обратного клапана;
- центрального стержня.

Ротор состоит: из корпуса; крышки; двух маслозаборных трубок со съемными сетками; 2-х сопел; 2-х стяжных шпилек с гайками; маслоотражательного щитка; 2-х бронзовых втулок; масляных каналов.

Корпус ротора с крышкой соединяются строго в определенном положении по штифту и вырезу для него или по рискам. Гайки стяжных шпилек нумеруются цифрами, и на них нанесены риски. Такие же обозначения имеются на верхней плоскости корпуса ротора.

Масло под давлением от фильтра грубой очистки нагнетается по центральному стержню, через отверстия в нем в полость ротора. Ротор заполняется маслом, 15–20 % масла через сетки и маслозаборные трубки нагнетается к соплам, через которые выбрасываются и раскручивает ротор. Неочищенное масло попадает на отражательное кольцо, с него стекает по трубке к сетчатому фильтру откачивающей секции масляного насоса двигателя. При раскрутке ротора механические примеси и продукты разложения под действием центробежной силы оседают на стенках ротора, а в центре остается очищенное масло. Очищенное масло нагнетается по центральному стержню в трубку отвода очищенного масла, открывает обратный клапан ЦМО и нагнетается в главной масляной магистрали ([ГММ](#)).

Главная масляная магистраль обеспечивает подвод масла от масляных насосов к механизмам двигателя и агрегатам систем силовой установки расположенных на нём.

[ГММ](#) выполнена в развале блоков в виде масляного канала, расположенного выше коленчатого вала, параллельно ему.

Масляный радиатор предназначен для рассеивания тепла, отводимого маслом в окружающую среду. Тип масляного радиатора – пластинчато-трубчатый, двухзаходный, объединен с водяным радиатором.

Радиатор состоит: из двух бачков, к которым крепятся трубчатые пластины (сердцевина); 2-х коллекторов; 2-х штуцеров.

Горячее масло из двигателя проходит по секциям радиатора, интенсивно охлаждается и сливается в масляный бак.

Перепускной клапан предназначен для защиты трубопроводов радиатора от разрыва при увеличенном сопротивлении масляного радиатора во время прокачки загустевшего масла после запуска холодного двигателя, а также создания в магистрали слива масла давления, обеспечивающего работу гидроцилиндров механизма. Он установлен на боковой стенке масляного бака защиты двигателя от попадания воды, отрегулирован на давление 1,9–2,1 кгс/см².

Когда температура масла низкая, а вязкость его высокая, тогда при нагнетании масла через трубки радиатора давление в магистрали слива повышается и при достижении 1,9–2,1 кгс/см² и выше клапан открывает отверстие в маслобаке и масло сливается в маслобак.

Если масло горячее, то его вязкость низкая, сопротивление в трубках радиатора уменьшается, а давление в магистрали слива – 1,9–2,1 кгс/см², тогда клапан закрывает сливное отверстие в маслобак, и масло, проходя через радиатор, охлаждается.

Контрольно-измерительные приборы (КИП) масляной системы включают два датчика и два указателя. Электрический манометр ТЭМ-15 состоит из указателя и датчика.

Указатель давления масла расположен на щитке механика-водителя в правом нижнем углу. Он показывает давление масла в ГММ. Датчик давления масла закреплен на моторной перегородке со стороны двигателя. Он соединен гибким шлангом со штуцером, ввернутым в масляный канал, идущий от ГММ.

Указатель температуры масла расположен на щитке механика-водителя, в левом нижнем углу и конструктивно объединен с указателем температуры охлаждающей жидкости. Он показывает температуру масла, выходящего из двигателя. Датчик температуры масла установлен в трубопроводе, идущем от откачивающей секции масляного насоса двигателя к перепускному клапану.

5.4.5 Работа системы смазки двигателя 5Д20-240

В работе системы 5Д20-240 выделяются два режима.

1-й режим – работает маслозакачивающий насос МЗН-3 (перед пуском двигателя).

При нажатии на кнопку ПОМПА на центральной щитке механика-водителя электрический ток от бортовой сети подается на электродвигатель маслозакачивающего насоса, который приводит в действие насос. Масло из маслобака забирается насосом и нагнетается через сетчатый фильтр [МЗН](#) по шлангу к обратному клапану [ГММ](#). Давлением масла открывается обратный клапан ГММ, и масло нагнетается в ГММ, при этом перетеканию масла через центрифугу препятствует обратный клапан ЦМО, который еще плотнее закрывается давлением масла. Из ГММ масло по вертикальному и горизонтальному сверлениям в блок-картере нагнетается в сверление в стакане первого коренного подшипника и далее через отверстия в храповике и коленчатом вале к каждой шатунной шейке. Через сверления в шатунных шейках масло выдавливается между поверхностью шейки и вкладышами вильчатых шатунов, обеспечивая жидкостное трение перед запуском двигателя. Одновременно часть масла из ГММ нагнетается в расточку [АМОВТ](#) и по трубопроводам к пустотелым осям шестерен привода левого и правого [ГРМ](#). Далее по сверлениям в головках блока цилиндров и в первых опорах распределительных валов оно нагнетается в кольцевые расточки первых опор распределительных валов, через сверления первых опорных шеек распределительных валов нагнетается внутрь их. Из распределительных валов масло через отверстия других опорных шеек нагнетается в кольцевые канавки всех опор распределительных валов. Из кольцевых канавок масло выдавливается в зазор между расточкой опор и опорными шейками распределительных валов, тем самым обеспечивая жидкостное трение перед запуском двигателя.

2-й режим – работает нагнетающая и откачивающая секция масляного насоса двигателя (после пуска двигателя).

Нагнетающая секция работает следующим образом. Вращающий момент от коленчатого вала двигателя через механизм передач передается на шестерни нагнетающей секции. Масло из маслобака проходит через заборный масляный фильтр, где предварительно очищается, по обогреваемому заборному маслопроводу к шестерням нагнетающей секции масляного насоса двигателя. Нагнетающей секцией масло подается к запорному клапану насоса, открывает его давлением и по шлангу к фильтру грубой очистки.

Масло под давлением от фильтра грубой очистки нагнетается по центральному стержню, через отверстия в нем в полость ротора. Ротор заполняется маслом, 15–20 % масла через сетки и маслозаборные трубки нагнетается к соплам, через которые выбрасывается и раскручивает ротор.

Неочищенное масло попадает на отражательное кольцо, с него стекает по трубке к сетчатому фильтру откачивающей секции масляного насоса двигателя. При раскрутке ротора, механические примеси и продукты разложения под действием центробежной силы оседают на стенках ротора, а в центре остается очищенное масло. Очищенное масло нагнетается по центральному стержню в трубку отвода очищенного масла, открывает обратный клапан ЦМО и нагнетается в [ГММ](#), при этом перетеканию масла через [МЗН](#) препятствует обратный клапан ГММ, который еще плотнее закрывается давлением масла. Из ГММ масло по вертикальному и горизонтальному сверлениям в блок-картере нагнетается в сверление в стакане первого коренного подшипника и далее через отверстия в храповике и коленчатом вале к каждой шатунной шейке. Через сверления в шатунных шейках масло выдавливается между поверхностью шейки и вкладышами вильчатых шатунов, обеспечивая жидкостное трение. При вращении коленчатого вала выдавленное масло разбрызгивается по всем направлениям, разбрызгиванием смазываются поршень (гильза цилиндров), поршневой палец, коренные подшипники коленчатого вала и подшипники уравнивающего механизма, затем стекает в нижнюю полость блок-картера. Одновременно часть масла из ГММ нагнетается в расточку [АМОВТ](#) и по трубопроводам к пустотелым осям шестерен привода левого и правого [ГРМ](#). Далее по сверлениям в головках блока цилиндров и в первых опорах распределительных валов оно нагнетается в кольцевые расточки, через сверления первых опорных шеек распределительных валов поступает внутрь их. Из распределительных валов масло через отверстия других опорных шеек нагнетается в кольцевые канавки всех опор распределительных валов. Из кольцевых канавок масло выдавливается в зазор между расточкой опор и опорными шейками распределительных валов, тем самым обеспечивая жидкостное трение, кроме этого часть масла выливается из отверстий кулачков на тарели клапанов. Масло собирается под крышкой головки блока цилиндров и через карманы в головках сливается через полость механизма передач в нижнюю полость блок-картера, часть его, попадая на вращающиеся шестерни МП, разбрызгивается и смазывает сами шестерни и их подшипники. От левого [ГРМ](#) по трубопроводу масло подводится к воздухораспределителю и поливом смазывает его привод, затем стекает в блок-картер. Одновременно из полости АМОВТ часть масла по штуцеру и шлангу подводится под давлением к датчику манометра. Так же из полости АМОВТ по трубопроводам масло нагнетается к приводу компрессора и компрессору, электромагнитной муфте насоса НШ-39 и по трубопроводам сливается в нижнюю полость блок-картера.

Работа откачивающей секции заключается в следующем. Одна откачивающая секция забирает масло из нижней полости блок-картера двигателя, а вторая – из центрифуги неочищенное масло и направляет его к перепускному клапану с масляного бака по отводящему трубопроводу с вмонтированным в него датчиком температуры масла.

Если масло густое (его температура низкая и вязкость высокая), то при нагнетании его через трубки радиатора давление в магистрали слива повышается и при достижении $1,9\text{--}2,1 \text{ кгс/см}^2$ и выше клапан открывает отверстие в маслобаке, и масло сливается в маслобак.

Если масло горячее и его вязкость низкая, то сопротивление в трубках радиатора уменьшается, а давление в магистрали слива – $1,9\text{--}2,1 \text{ кг/см}^2$, то клапан закрывает сливное отверстие в маслобак, и масло, проходя через радиатор, охлаждается и затем по трубопроводам сливается в пеногаситель маслобака.

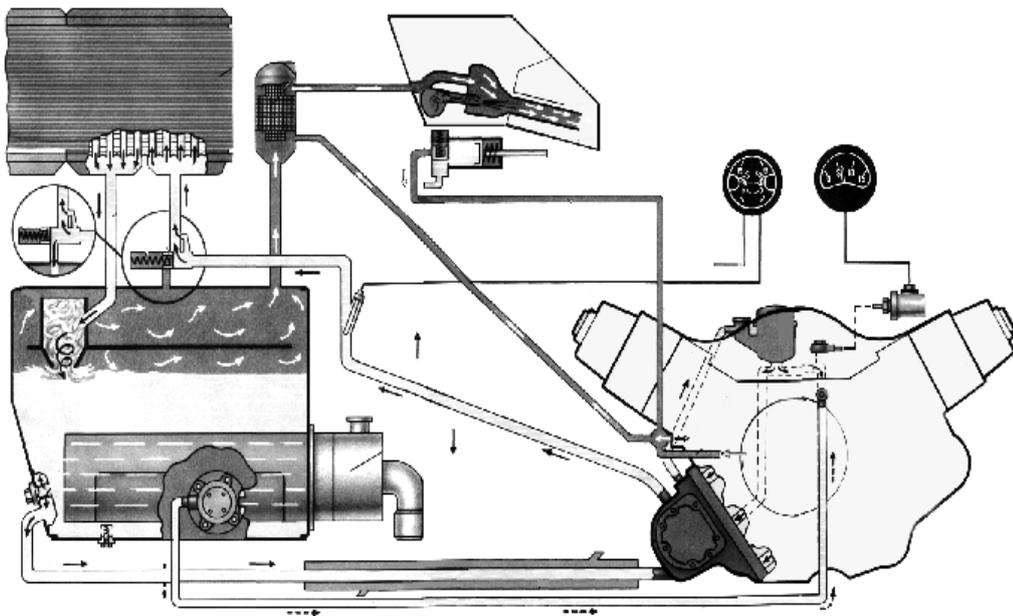


Рисунок 5.12 – Схема работы системы смазки двигателя 5Д20-240

Одновременно часть масла по трубопроводу от откачивающих секций подводится к двум гидроцилиндрам механизма защиты двигателя от попадания воды, под давлением масла срабатывает [МЗД](#). После остановки двигателя масло от гидроцилиндра сливается в нижнюю полость блок-картера. Схема работы масляной системы двигателя 5Д20-240 представлена на рисунке 5.12.

5.4.6 Назначение, устройство и работа системы вентиляции картера двигателя 5Д20-240

Система предназначена для отсоса газов из картера двигателя, масляного бака и моторно-трансмиссионного отделения машины в атмосферу.

Отсос газов осуществляется за счет разрежения, создаваемого выхлопными газами двигателя в специальном эжекторе, установленном в левом эжекторе системы охлаждения двигателя.

Состоит: из эжектора вентиляции блок-картера и [МТО](#); обратного клапана; трубы отсоса газов из суфлера и МТО; суфлера; трубопроводов отвода газов из блок-картера.

В отработавших газах находятся различные окислы продуктов сгорания топлива. Самым вредным являются окислы серы, которые при контакте с маслом в картере двигателя вызывают его старение, то есть оно раньше теряет свои смазывающие свойства.

5.5 Обслуживание системы смазки

Контрольные осмотры по обслуживанию системы смазки проводятся перед каждым выходом, на остановках, привалах и перед преодолением водной преграды в целях проверки готовности машины к движению и плаву.

Ежедневное техническое обслуживание (ЕТО), техническое обслуживание № 1 и № 2. [ЕТО](#) проводится после каждого выхода машины независимо от количества отработанных двигателем часов и пройденных машиной километров.

[ТО-1](#) проводится через каждые 1 300–1 500 км пробега машины, но не более чем через 100–120 часов работы двигателя.

[ТО-2](#) проводится через каждые 3 000–3 200 км пробега машины, но не более чем через 200–240 часов работы двигателя.

Т а б л и ц а 5.1 – Содержание работ по контрольному осмотру машины

Наименование работ	Перед выходом из парка	На привалах	Перед преодолением водной преграды
Проверить крепление шлангов, трубопроводов, приборов и убедиться в отсутствии подтекании масла	+	+	–

Продолжение таблицы 5.1

Наименование работ	Перед выходом из парка	На привалах	Перед преодолением водной преграды
Проверить заправку системы маслом, при необходимости дозаправить	+	+	–

Т а б л и ц а 5.2 – Содержание работ при выполнении [ТО-1](#) и [ТО-2](#)

Наименование работ	ЕТО	ТО-1	ТО-2
Выполнить работы, предусмотренные КО	+	+	+
Обслужить масляные фильтры грубой и тонкой очистки	–	+	+
Заменить масло в системе	–	–	+
Промыть заборный масляный фильтр и сетчатый фильтр МЗН-3 , сетку суфлера	–	–	+
Промыть масляный радиатор			

5.6 Технология выполнения работ по обслуживанию системы смазки

Промывка фильтров грубой и тонкой очистки масла. При обслуживании масляных фильтров необходимо выполнять следующие правила:

- крышки фильтров снимать осторожно, чтобы не повредить прокладки;
- при сборке проверять наличие и целостность уплотнительных прокладок крышек;
- гайки крышек затягивать поочередно не до конца, затяжку проводить в несколько приемов;
- после изъятия ротора из корпуса фильтра необходимо корпус фильтра закрыть крышкой, убедившись, что опорная осталась на центральном стержне корпуса фильтра;
- при разборке ротора необходимо гайки стяжных шпилек отвернуть вначале на 5–6 оборотов, потом постучать по ним деревянным молотком до разъединения корпуса с крышкой, а затем их отвернуть до конца;
- ротор собирать по штифту и вырезу на корпусе или по рискам на его деталях;

- сетки маслозаборных трубок устанавливать так, чтобы их шов не закрывал отверстия трубок;

- гайки стяжных шпилек ротора устанавливаются по цифрам 1–1, 2–2, заворачивая поочередно, и окончательно затягивать до совпадения рисок на них с рисками на роторе;

- перед установкой ротора в корпус необходимо проверить наличие в корпусе на центральном стержне опорной шайбы, а после установки легкость его вращения на оси (толкнуть ротор – он должен свободно без заеданий вращаться);

- после сборки фильтров пустить двигатель и проверить отсутствие подтеканий масла из-под крышек, а после останова двигателя должно быть слышно характерно гудение ротора в течение 2–3 минут, указывающее на его исправную работу.

Особое внимание при разборке фильтра грубой очистки масла обратить на наличие на сетке желтых металлических частиц (частиц свинцовистой бронзы), наличие которых указывает на усиленный износ вкладышей шатунов.

Порядок разборки фильтра тонкой и грубой очистки масла:

- снять крышку люка над двигателем;
- отвернуть гайки и снять крышку фильтра тонкой очистки;
- вынуть ротор из корпуса, корпус закрыть крышкой и промыть ротор чистым дизельным топливом;
- отвернуть поочередно две гайки ротора на 5–6 оборотов каждую;
- отсоединить корпус ротора от крышки, полностью отвернуть гайки, разобрать ротор;
- снять с маслозаборных трубок сетки;
- очистить с внутренних поверхностей ротора и его крышки отложения;
- промыть детали ротора чистым дизельным топливом;
- проверить чистоту сопел отверстий;
- промыть и продуть сжатым воздухом защитные сетки маслозаборных трубок;
- отвернуть две гайки крышки фильтра грубой очистки масла, поднять эту крышку с пружиной, вынуть фильтрующий элемент для промывки;
- промыть фильтрующий элемент фильтра грубой очистки чистым топливом и продуть сжатым воздухом.

Порядок сборки фильтра тонкой и грубой очистки масла:

- надеть защитные сетки на маслозаборные трубки;
- соединить корпус и крышку ротора;

- навернуть гайки на шпильки;
- завернуть гайки по меткам (рискам), нанесенным на гайках и роторе;
- установить ротор в корпус фильтра, убедившись, что опорная шайба находится на стержне ротора;
- закрыть корпус фильтра крышкой и затянуть гайки крепления крышки;
- очистить корпус фильтра грубой очистки, установить на место фильтрующий элемент, крышку с пружиной и затянуть гайки крепления крышки;
- проверить крепление фильтра;
- подготовить двигатель к пуску, пустить его, прогреть до температуры масла 70–75 °С, проверить, нет ли течи в соединениях фильтра и трубопроводах масляной системы;
- закрыть крышкой люк над двигателем.

Порядок замены масла в системе:

а) слив масла из бака и картера двигателя:

- очистить пробку на крышке над маслобаком и место вокруг нее от пыли и грязи;
- вывернуть пробку над маслобаком;
- очистить крышку суфлера над маслобаком и открыть ее;
- вынуть из суфлера сетчатый фильтр;
- вывернуть пробку в днище машины, расположенную под сливным клапаном маслобака;
- вывернуть пробку сливного клапана;
- ввернуть специальный ключ в сливной клапан на 1,5–2 оборота, подставить тару для слива масла;
- вворачивая специальный ключ до отказа, слить масло из маслобака;
- вывернуть специальный ключ из сливного клапана, завернуть пробку сливного клапана и пробку в днище машины;
- вывернуть пробку в днище машины под двигателем;
- расшплинтовать и вывернуть пробку в картере двигателя и слить масло из картера;
- завернуть сливную пробку в картер двигателя, зашплинтовать ее;
- завернуть пробку в днище под двигателем.

П р и м е ч а н и е – Слив масла считается законченным, когда оно начинает стекать каплями;

б) заправка масла в масляную систему:

- залить масло в систему, используя [МЗН-3](#) или ручную в количестве 40 л;

- закрыть крышку суфлера;
- подготовить двигатель к пуску, запустить его, дать ему проработать 3–5 минут. На холостых оборотах и остановить;
- через 10 минут после остановки двигателя замерить уровень масла в маслобаке, дозаправить до нормы;
- установить в заправочное отверстие суфлера сетчатый фильтр и закрыть крышку суфлера;
- завернуть пробку в крышке над маслобаком.

5.7 Возможные неисправности системы смазки, их причины, способы предупреждения и устранения

Возможные неисправности, встречающиеся при эксплуатации смазывающей системы двигателя 5Д-20-240, причины возникновения и способы их устранения представлены в таблице 5.3. Наиболее опасной из них является понижение давления масла в системе. При данной неисправности категорически запрещается дальнейшая эксплуатация двигателя. При её обнаружении механик-водитель должен немедленно заглушить двигатель и только потом приступать к поиску неисправностей.

Т а б л и ц а 5.3 – Возможные неисправности системы смазки, их причины, способы предупреждения и устранения

Причины неисправности	Способы устранения
I Отсутствует или низкое давление масла в системе (внешний признак – манометр показывает давление масла меньше рекомендуемого или вообще не показывает)	
1 Мало масла в системе	Проверить щупом и при необходимости долить до нормы (метка «40»)
2 Подсос воздуха в нагнетающей магистрали (в заборном патрубке масляного насоса двигателя)	При подсосе воздуха стрелка манометра колеблется, а в месте подсоса видны следы подтеканий. Надо затянуть хомуты на шлангах (соединениях)
3 Засорение заборного масляного фильтра или фильтрующего элемента фильтра грубой очистки масла	При засорении заборного масляного фильтра давление после запуска двигателя поднимается, а затем резко падает (промыть заборный масляный фильтр). При засорении сетки фильтра грубой очистки давление масла постоянно низкое (промыть фильтрующий элемент фильтра грубой очистки масла)
4 Засорение (заедание в открытом положении) редукционного клапана масляного насоса	Вывернуть редукционный клапан из корпуса насоса, не разбирая его и не нарушая пломбы, промыть в чистом дизельном топливе

Продолжение таблицы 5.3

Причины неисправности	Способы устранения
5 Низкая вязкость масла вследствие попадания топлива в масло	Проверить наличие топлива в масле (масло жидкое и имеет специфический запах дизельного топлива). Заменить масло, устранить попадания топлива в масло
6 Неисправен датчик или указатель манометра	Заменить оба прибора на рабочие, неисправный удалить
7 Не работает масляный насос двигателя	Отсоединить штуцер забора масла датчиком манометра, провернуть коленчатый вал двигателя стартером без подачи топлива. Если насос не исправен, то из штуцера масло не вытекает. В этом случае насос заменить на рабочий
II После пуска двигателя давление масла повысилось, а потом сразу же резко упало	
1 Засорился заборный масляный фильтр маслобака	Промыть заборный масляный фильтр маслобака
2 Холодное масло в масляном баке	Необходимо остановить двигатель, пустить подогреватель, разогреть двигатель до температуры ОЖ = 90 °С, выключить подогреватель и снова запустить двигатель
III Уменьшенный расход масла или отсутствие его расхода	
1 Попадание в масло топлива: - из-за плохой затяжки топливных трубок высокого давления в месте их соединения с форсунками; - трещины в распылителе (корпусе) форсунки; - утечки топлива в корпус по штоку топливоподкачивающего насоса	Подтянуть штуцеры трубок высокого давления. Снять форсунки с двигателя, проверить на стенде и неисправные заменить. Заменить топливоподкачивающий насос
IV Падение уровня масла в маслобаке на стоянке при неработающем двигателе (после запуска двигателя уровень масла восстанавливается)	
1 Подтекание масла через масляный насос двигателя	Заменить масляный насос двигателя
V Высокая температура масла (МТ-16п выше 120 °С, а МТЗ-10п – 105 °С)	
1 Уровень масла в баке ниже нормы	Проверить уровень масла и дозаправить при необходимости
2 Двигатель перегружен	Перейти на низшую передачу

Продолжение таблицы 5.3

Причины неисправности	Способы устранения
3 Загрязнен радиатор или сетка над ним	Очистить сетку и радиатор, при необходимости промыть струей воды. Если радиатор и сетка чистые, то необходимо его снять, промыть внутренние полости чистым дизельным топливом и продуть сжатым воздухом
4 Неисправен перепускной клапан маслобака	Снять клапан, промыть его, проверить регулировку ($p = 1,9-2,1 \text{ кгс/см}^2$)
5 Неисправны датчик или указатель температуры	Заменить поочередно оба прибора на исправные, а неисправный – удалить

Контрольные вопросы

- 1 Назначение, характеристика и состав системы смазки двигателя 5Д20-240.
- 2 Обоснование необходимости смазки трущихся деталей двигателя.
- 3 Классификация систем смазки.
- 4 Назначение и классификация масляных насосов.
- 5 Назначение и устройство фильтров очистки масла двигателя 5Д20-240.
- 6 Назначение и классификация масляных радиаторов. Преимущества и недостатки.
- 7 Назначение и места установки клапанов масляной системы.
- 8 Работа масляного и маслозакачивающего насосов.
- 9 Работа системы двигателя 5Д20-240.
- 10 Объем и содержание работ по обслуживанию масляных фильтров.

Глава 6. Системы охлаждения и подогрева двигателей

6.1 Необходимость охлаждения двигателя

Система охлаждения представляет собой совокупность устройств, обеспечивающих принудительный отвод тепла от нагреваемых деталей двигателя и поддержание его теплового состояния в определенных пределах.

Температурный режим двигателя существенно влияет:

- на эффективные показатели двигателя (среднее эффективное давление, эффективная мощность, удельный эффективный расход топлива, эффективный коэффициент полезного действия);
- износостойкость цилиндропоршневой группы.

Перегрев двигателя приводит:

- к уменьшению коэффициента наполнения;
- детонации и калильному зажиганию у карбюраторных двигателей;
- пригоранию масла и повышению трения в сопряжениях;
- заклиниванию деталей и аварии двигателя.

Переохлаждение вызывает:

- уменьшению КПД двигателя (вследствие увеличения отдачи тепла стенкам цилиндров и повышения потерь на трение);
- повышение жесткости работы дизеля (стуки при нагрузке на двигатель);
- усиленное смолообразование в дизеле (разжижение масла топливом в карбюраторном двигателе);
- большой износ цилиндров и повышенных колец.

Эксплуатация переохлажденного двигателя тоже может привести, в конечном счёте, к его аварии.

Следовательно, как перегрев, так и переохлаждение двигателя приводят к снижению его мощности, уменьшению срока службы и создают предпосылки к его аварии.

В инструкции по эксплуатации для каждой марки двигателя указываются конкретные цифры температуры охлаждающей жидкости, при которых разрешается эксплуатация двигателя в конкретных условиях.

Анализ ведения боевых действий в республике Афганистан, Чеченской республике и местах других боевых действий, где широко применялась бронетанковая техника, показывает, что характерными эксплуатационными отказами силовой установки являются:

- перегрев двигателя из-за его работы без охлаждающей жидкости;

- пробой газового стыка в результате его работы с закрытыми решётками радиаторов;
- преждевременный износ шатунно-поршневой группы в результате не соблюдения теплового режима работы двигателя.

6.1.1 Требования, предъявляемые к системам охлаждения

К системам охлаждения предъявляются следующие требования:

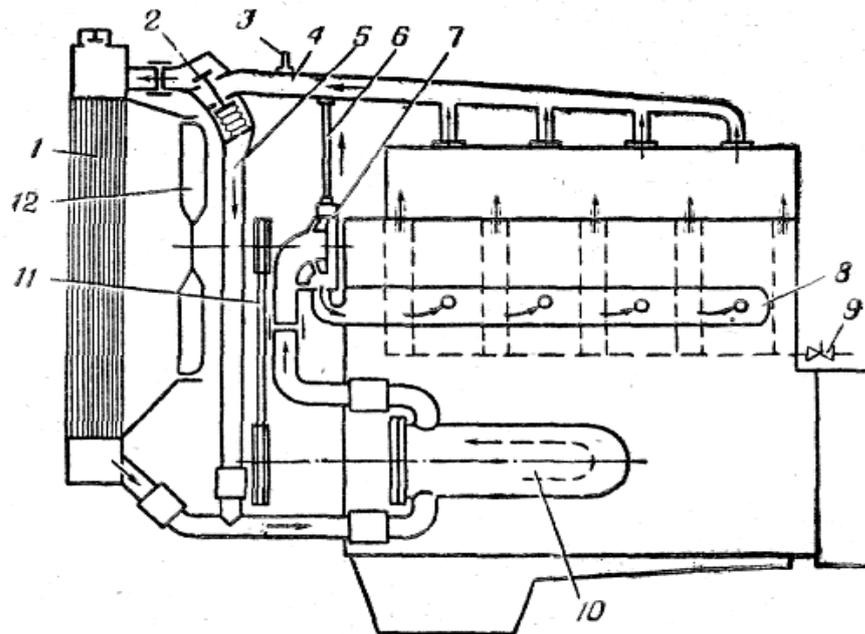
- возможность поддержания стабильного допустимого теплового состояния агрегатов силовой установки на всех режимах работы двигателя в различных дорожных и климатических условиях;
- эксплуатационная надежность, определяемая общим сроком службы и возможным временем непрерывной работы двигателя на любом режиме, а для боевых машин – и стойкостью от поражений;
- компактность, характеризуемая относительным объемом системы;
- сравнительно небольшие затраты мощности на охлаждение;
- простота устройства и эксплуатации;
- возможность быстрого и надежного разогрева двигателя перед его запуском зимой;
- небольшой вес;
- простота подготовки боевой машины к движению в особых условиях.

6.1.2 Классификация систем охлаждения двигателей

Двигатели боевых и транспортных машин имеют два вида систем охлаждения:

- воздушную;
- жидкостную.

Жидкостная система охлаждения двигателя. При жидкостном охлаждении (рисунок 6.1) тепло от нагретых частей двигателя отводится охлаждающей жидкостью, проходящей через рубашку охлаждения двигателя, в водяном радиаторе передается воздуху, охлаждающему радиатор. Движение воздуха через радиатор создается вентилятором или эжектором.



1 – радиатор; 2 – термостат; 3 – датчик термометра; 4 – водяной коллектор;
 5 – трубопровод малого контура; 6 – пароводяная трубка; 7 – водяной насос;
 8 – водораспределительная труба; 9 – сливной кран; 10 – водомасляный радиатор;
 11 – привод к вентилятору; 12 – вентилятор

Рисунок 6.1 – Схема жидкостной системы охлаждения
 однорядного двигателя

Жидкостные системы охлаждения классифицируются:

а) по способу сообщения с атмосферой – на открытые и закрытые системы.

Открытая система охлаждения постоянно свободно сообщается с атмосферой, пар выходит через отверстия пробки радиатора и в системе поддерживается всегда атмосферное давление. Такая система в настоящее время применяется редко, так как имеет существенные *недостатки*:

- быстро выкипает жидкость из системы, и требуется частый контроль уровня жидкости и дозаправка;

- эксплуатация двигателя и машины с такой системой в горных условиях затруднена, так как с повышением высоты вода закипает при меньшей температуре и двигатель будет перегреваться.

Закрытая система охлаждения не имеет постоянного сообщения с атмосферой и сообщается с ней периодически через специальные клапаны, смонтированные в пробке расширительного бачка или радиатора. За счет определения регулировки клапанов в системе охлаждения при работе двигателя поддерживается определенное давление, выше атмосферного,

что обеспечивает кипение воды при температуре более 125 °С. Такая система почти лишена недостатков системы охлаждения открытого типа;

б) по способу циркуляции охлаждающей жидкости в системе – на термосифонные системы и системы с принудительной циркуляцией охлаждающей жидкости.

В термосифонной системе охлаждения нет водяного насоса, циркуляция жидкости осуществляется за счет опускания вниз холодной воды и подъема вверх горячей. В такой системе циркуляция жидкости не интенсивная, и обеспечить необходимую интенсивность отвода тепла в современных двигателях она не может. Поэтому на современных двигателях в системах охлаждения устанавливаются мощные водяные насосы, обеспечивающие необходимую интенсивность циркуляции жидкости;

в) по способу создания воздушного потока через водяной радиатор – на вентиляторные и эжекционные системы.

В вентиляторной системе охлаждения поток воздуха через радиатор создается специальным вентилятором с принудительным приводом от двигателя. Но вентилятор имеет малый коэффициент полезного действия и ряд *недостатков*:

- большие габариты;
- неравномерность движения на входе в радиатор;
- необходимость большой мощности на привод.

Вентиляторные системы охлаждения нашли применение в основном на двигателях колесных машин.

На гусеничных боевых машинах, где ограничен объем броневого корпуса в настоящее время, в основном применяются эжекционные системы охлаждения.

В эжекционных системах охлаждения интенсивный поток воздуха через радиатор создается за счет разрежения, создаваемого под радиатором выхлопными газами, выходящими из двигателя с большой скоростью через специальные сопла, а сверху над радиатором давление атмосферное.

6.1.3 Сравнительная оценка систем охлаждения двигателей

Преимущества жидкостной системы охлаждения:

- лучшие пусковые качества двигателя в зимних условиях;
- возможность применения блочных конструкций цилиндров, а также более интенсивного охлаждения наиболее нагретых частей двигателя (последнее особенно важно для двигателей с искровым зажиганием и дизелей с высоким давлением наддува);

- более широкие возможности компоновки силовой установки и изоляции воздушного тракта;

- возможность использования отводимого от двигателя тепла (например, для обогрева кабины водителя или мест расположения экипажа).

Недостатки жидкостной системы охлаждения:

- меньшая надежность вследствие загрязнения радиаторов и меньшей стойкости поражений;

- сложность эксплуатации из-за потребности в охлаждающей жидкости, а также из-за возможностей ее подтекания и замерзания;

- большая сложность устройства и потребность в дефицитных материалах;

- силовые установки с жидкостным охлаждением имеют, как правило, несколько худшие весовые и объемные показатели, но в них меньше затрачивается мощности на охлаждение.

При воздушной системе охлаждения (рисунок 6.2) тепло от цилиндров и головки блок-картера двигателя передается непосредственно обдуваемому их воздуху. Для улучшения теплоотвода цилиндры и их головки имеют ребра форсированных двигателей среднего литража.

6.2 Общее устройство системы охлаждения двигателя 5Д20-240

Воздушное охлаждение имеют мотоциклетные, сравнительно небольшая часть автомобильные и некоторые танковые двигатели. Применение воздушного охлаждения считается целесообразным для двигателей малого литража и умеренно форсированных двигателей среднего литража.

Характеристика системы. Система охлаждения двигателя 5Д20-240 жидкостная, закрытая, с принудительной циркуляцией охлаждающей жидкости, эжекционная.

В качестве охлаждающих жидкостей применяются:

- в летний период (при $T = +5$ °С и выше) – вода с трехкомпонентной присадкой (на 100 л воды по 50 г тринатрий фосфата, нитрата натрия, бихромата калия).

- в зимний период (при $T = +5$ °С и ниже) – антифриз (низкозамерзающая жидкость) марки 40, 65 или Тосол-А40, Тосол-65.

Антифриз марки А40 (Тосол-А40) применяется при температуре окружающего воздуха минус 35 °С и выше, антифриз марки А65 (Тосол-А65) – при температуре окружающего воздуха минус 60 °С и выше.

Вместимость системы:

- водой – 50 литров;

- антифризом – 47,5 литров.

Антифриза заправляется меньше, так как он имеет больший по сравнению с водой коэффициент объёмного расширения, что соответствует уровню охлаждающей жидкости в расширительном бачке ниже верхней кромки заправочной горловины:

- для воды – 40–50 мм;
- антифриза – 70–80 мм.

Температура охлаждающей жидкости в системе двигателя по штатному термометру должна быть:

- рекомендуемая (эксплуатационная) на различных режимах работы двигателя – +80–100 °С;

- максимально допустимая температура:

для воды – +120 °С,

для антифриза – +105 °С;

- минимальная допустимая для движения на 1-2 передачах – +35 °С;

- минимальная допустимая для любых нагрузок – +55 °С.

В систему охлаждения входят следующие части (рисунок 6.2):

- водяные рубашки (блок-картера, головок блоков цилиндров, выпускных коллекторов, обогреваемого заборного маслопровода);

- расширительный бачок 4;

- пробка расширительного бачка 5 с паровоздушным клапаном 6;

- два радиатора охлаждения 2, 3;

- два термостата 7;

- жидкостной насос 1;

- клапан слива охлаждающей жидкости 8 с рукояткой и тросовым приводом 10;

- радиатор подогрева всасываемого двигателем воздуха 11;

- радиатор обогрева боевого отделения 13 ([БТР-Д](#) и [БМД-1пк](#));

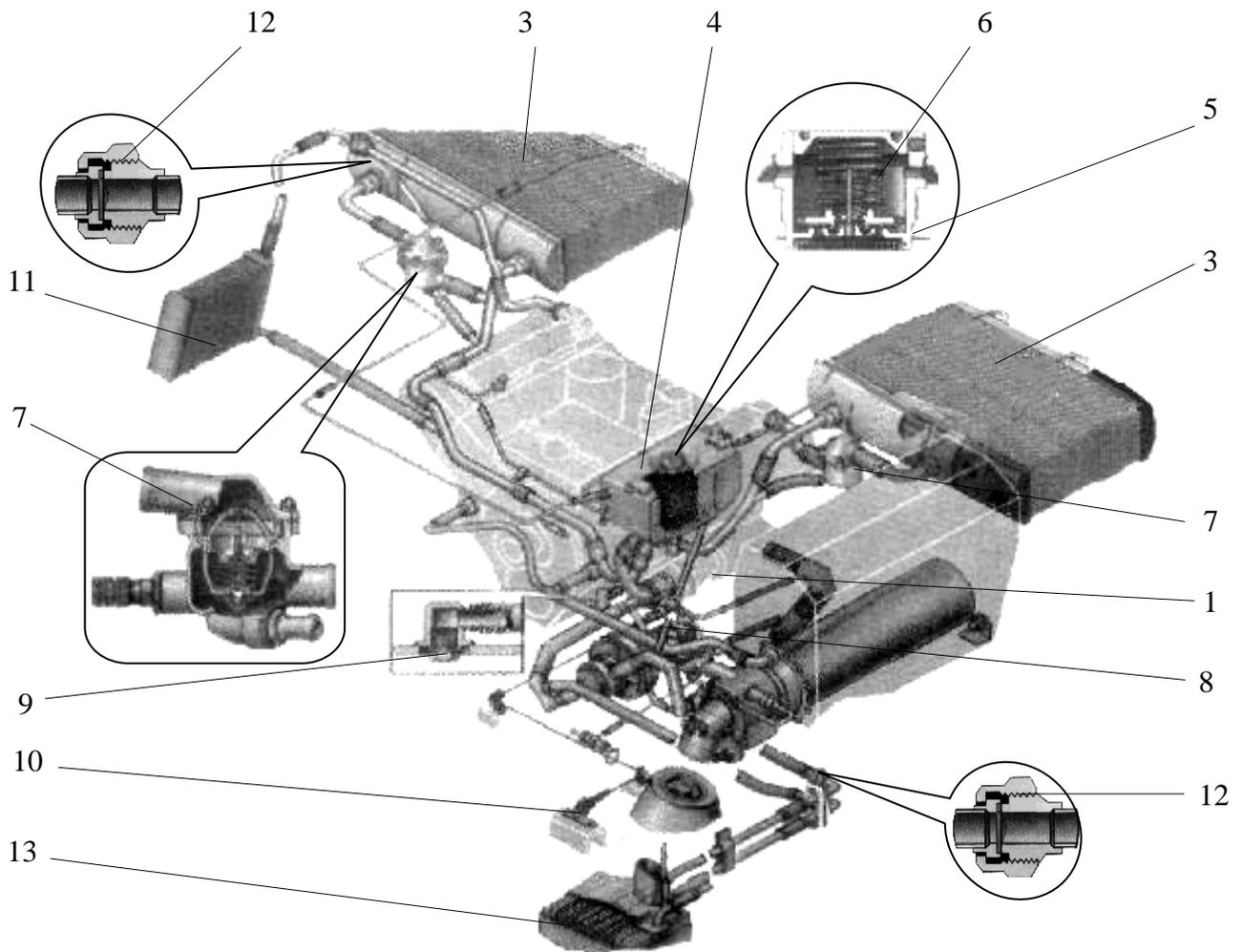
- две муфты отключения радиаторов подогрева всасываемого воздуха и обогрева боевого отделения 12;

- контрольно-измерительные приборы (датчик и указатель температуры охлаждающей жидкости);

- трубопроводы и шланги;

- эжекторы системы охлаждения;

- выключатель ПРОКАЧКА ОЖ ПРИ ВНЕЗАПНОЙ ОСТАНОВКЕ ДВИГАТЕЛЯ.



1 – жидкостной насос двигателя; 2 – водяной радиатор; 3 – водомасляный радиаторы; 4 – расширительный бачок; 5 – пробка расширительного бачка; 6 – паровоздушный клапан; 7 – термостат; 8 – клапан слива охлаждающей жидкости из двигателя; 9 – сливная пробка; 10 – рукоятка с тросовым приводом; 11 – радиатор подогрева всасываемого двигателем воздуха; 12 – муфта отключения; 13 – радиатор обогрева боевого отделения

Рисунок 6.2 – Система охлаждения двигателя 5Д20-240

6.2.1 Приборы и агрегаты системы охлаждения двигателя

Жидкостные рубашки предназначены для подвода охлаждающей жидкости к наиболее нагретым частям двигателя. Они представляют собой полости, внутри которых постоянно циркулирует охлаждающая жидкость.

Водяные рубашки имеют блок-картер, головки блоков, выпускные коллекторы и обогреваемый заборный маслопровод.

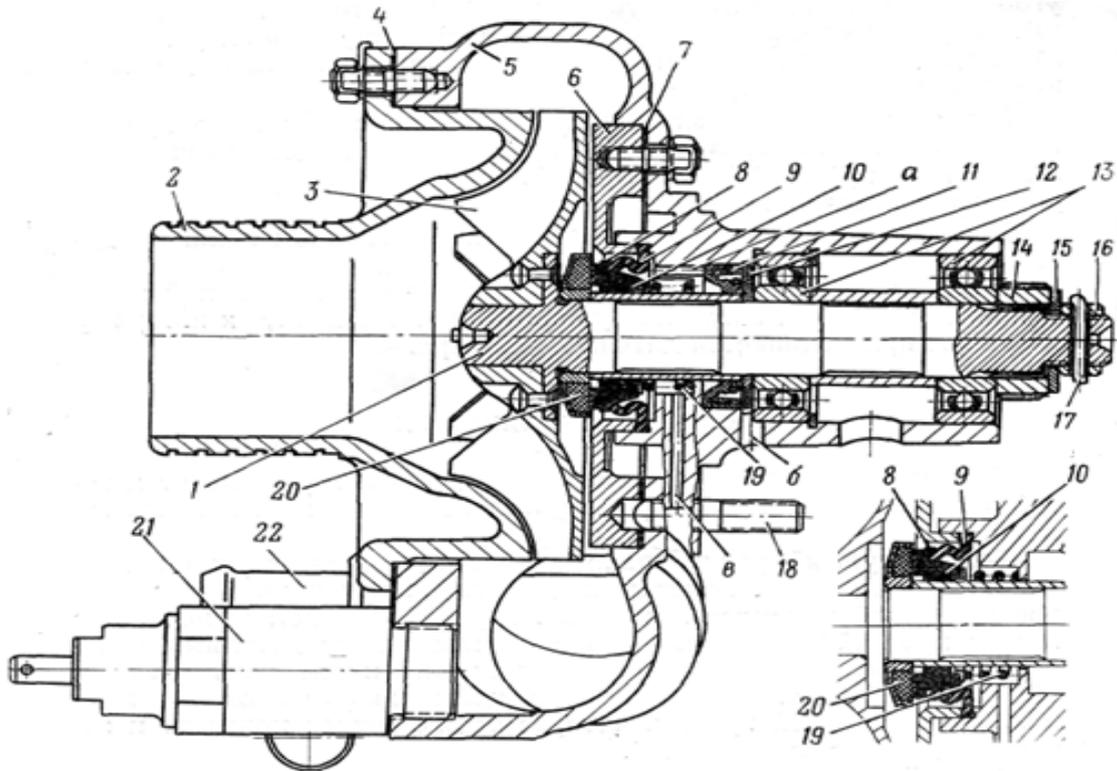
Жидкостной насос предназначен для циркуляции охлаждающей жидкости.

Он расположен на блок-картере двигателя слева, закреплен на фланце масляного насоса двигателя четырьмя шпильками.

Жидкостной насос приводится в действие от масляного насоса двигателя при помощи торсионного валика (рессоры).

По характеристике – центробежного типа.

Жидкостной насос (рисунок 6.3) состоит: из корпуса 5; раструба заборного 2; крыльчатки 3; валика 1 с подшипником 13 и шлицевой втулки 14; фланца 6; уплотнения 10, 11; деталей крепления.



1 – валик жидкостного насоса; 2 – раструб; 3 – крыльчатка; 4 и 7 – прокладки; 5 – корпус водяного насоса; 6 – фланец; 8 – обойма; 9 – резиновое кольцо; 10 – уплотнительное кольцо; 11 – манжета; 12 и 15 – шайбы; 13 – шарикоподшипники; 14 – шлицевая втулка; 16 – гайка; 17 – шплинт; 18 – шпильки; 19 – пружина; 20 – уплотнительный диск; 21 – клапан слива; 22 – штуцер; а, б и в – отверстия

Рисунок 6.3 – Жидкостной насос

Корпус насоса состоит из алюминиевого сплава в виде улитки, заканчивающейся выходным патрубком, из которого охлаждающая жидкость при работе насоса поступает в рубашки охлаждения двигателя. Патрубок подсоединяется непосредственно к блок-картеру снизу. Уплотнением валика насоса со стороны крыльчатки служат стальной диск с металло-керамическим кольцом, графитовое и резиновое уплотнительные кольца, а также паронитовая прокладка во фланце. Все вышеперечисленные уплот-

нения прижимаются к фланцу вала пружинной. Уплотнение со стороны масляного насоса обеспечивается манжетой и маслоотражательной шайбой.

Радиаторы охлаждения предназначены для рассеивания тепла, отводимого охлаждающей жидкостью в атмосферу.

Радиаторы трубчато-пластинчатого типа, установлены в горизонтальном положении в кормовой части машины в верхних частях эжекторных отсеков корпуса машины. Сверху радиаторы закрыты защитными решетками с сетками. Под радиаторами установлены глушители с соплами.

Каждый радиатор состоит из пакета трубок плоскоовального сечения, расположенных в шахматном порядке, охлаждающих пластин, 2-х трубных досок и 2-х коллекторов. Каждый коллектор внутри перегораживается, образуя секции. Концы трубок радиатора и коллекторы припаяны к трубным доскам. Правый радиатор предназначен только для системы охлаждения, имеет четыре секции, через которые жидкость проходит последовательно. Левый радиатор изготовлен в одном корпусе с радиатором смазывающей системы и разделен на шесть секций. Две крайних секции предназначены для охлаждения масла, четыре остальные секции предназначены для охлаждающей жидкости. По устройству секции аналогичны правому радиатору.

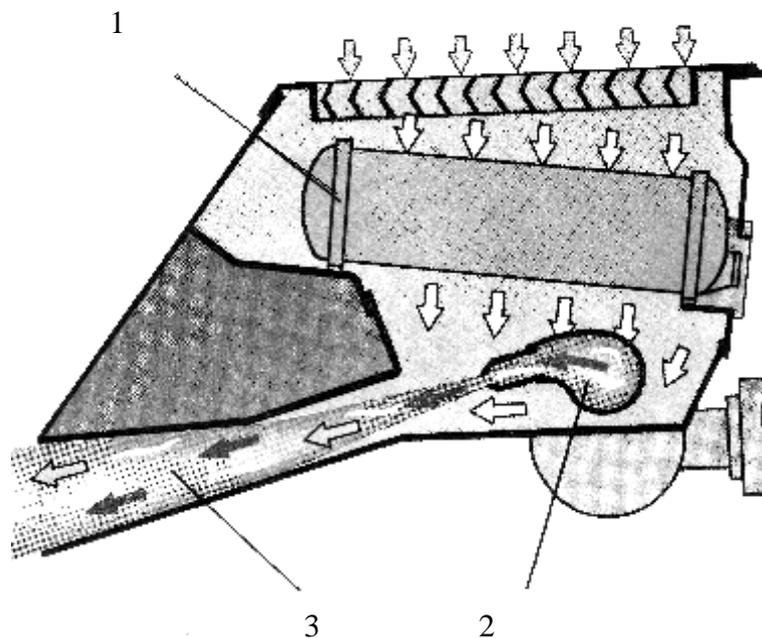
Радиатор подогрева всасываемого двигателем воздуха предназначен для подогрева воздуха, питающего двигатель при его работе, что улучшает смесеобразование внутри цилиндров и уменьшает жесткость работы двигателя в зимнее время. Он установлен внутри короба воздухоочистителя двигателя по правому борту машины. Перед радиатором установлена муфта, при помощи которой он может подключаться к системе охлаждения или отключаться от нее.

Радиатор отопителя боевого отделения предназначен для подогрева воздуха в боевом отделении **БМД** (только командирских), а также подогрева воздуха в десантном отделении **БТР-Д** и обеспечения работы системы приточно-вытяжной вентиляции БТР-Д. Он установлен на левом борту внутри боевого отделения БМД и десантного отделения БТР-Д. Радиатор отопителя помещен внутри специального кожуха, имеющего входное и выходное отверстие, что обеспечивает направленное движение воздуха через него.

Радиатор отопителя подключается к системе охлаждения двигателя через муфту. В БТР-Д кожух отопителя верхним патрубком соединяется с клапанной коробкой вентилятора среднего отделения.

Отопитель состоит из следующих частей: радиатора с кожухом, резинового шланга, клапана с рукояткой, вентилятора с электроприводом, выходного патрубка.

Эжекторы системы охлаждения предназначены для создания потока охлаждающего воздуха, просасываемого через радиаторы за счёт использования энергии отработавших газов. Эжекторы выполнены в виде специальных отсеков корпуса машины, расположенных в кормовой части машины справа и слева. В верхней части каждого отсека в горизонтальном положении размещены радиаторы 1 (рисунок 6.4), глушители с соплами 2, направленными в сторону кормы машины. Рабочая часть эжектора состоит из ряда сопел, смесительной камеры и диффузора.

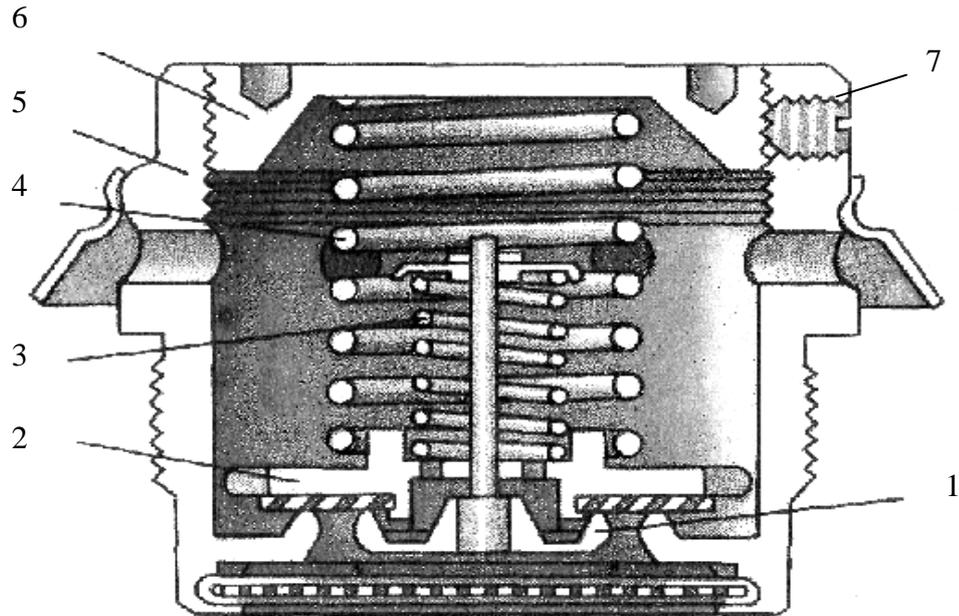


1 – радиатор; 2 – глушитель с соплами; 3 – отработавшие газы

Рисунок 6.4 – Схема работы эжектора системы охлаждения

Расширительный бачок предназначен: для компенсации расширения охлаждающей жидкости при ее нагревании; заправки жидкости в систему; контроля за ее количеством; сбора и конденсации пара; сообщения системы охлаждения с атмосферой; создания постоянного подпора жидкости на выходе в насос за счет постоянного водяного столба между расширительным бачком и водяным насосом с целью снижения кавитации жидкости на входе в насос.

Расширительный бачок расположен в моторно-трансмиссионном отделении по левому борту.



1 – воздушный клапан; 2 – паровой клапан; 3 – пружина воздушного клапана;
4 – пружина парового клапана; 5 – пробка расширительного бачка;
6 – регулировочная гайка; 7 – стопорный винт

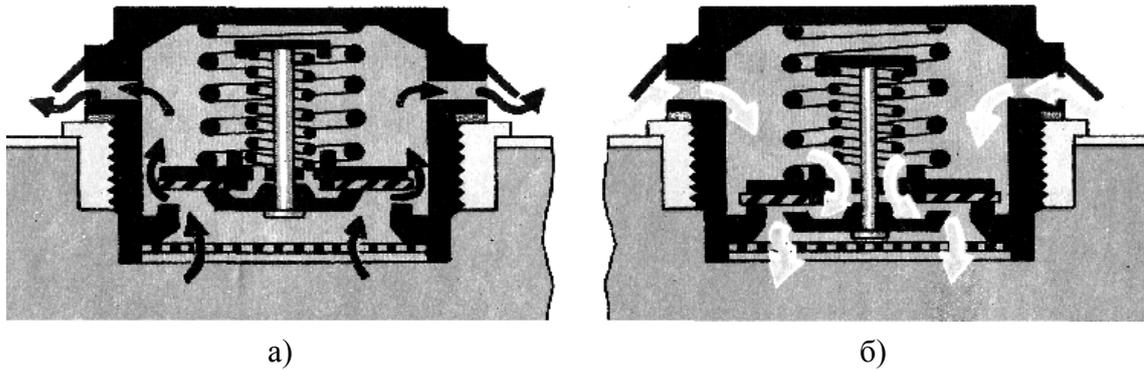
Рисунок 6.5 – Пробка расширительного бачка с паровоздушным клапаном

Паровоздушный клапан расположен в пробке 5 (рисунок 6.5) расширительного бачка. Состоит из парового клапана 2 с пружиной 4 и регулировочной гайки 6, воздушного клапана 1 с пружиной 3.

Паровой клапан предназначен для поддержания в системе охлаждения избыточного давления с целью повышения температуры кипения ОЖ. Он открывается и сбрасывает пар в атмосферу при давлении 2,1–2,3 кгс/см² (рисунок 6.6, а).

Давление открытия клапана регулируется на специальном приборе путем затяжки пружины клапана гайкой. Благодаря повышенному давлению в системе жидкость кипит только при температуре более +125 °С, что намного предотвращает образование в системе паровых пробок, приводящих к быстрому перегреву двигателя. Кроме того, клапан предохраняет систему от разрыва при чрезмерном повышении давления.

Воздушный клапан предназначен для защиты системы охлаждения от разрушения разряжением при остывании двигателя (рисунок 6.6, б). Пружина воздушного клапана отрегулирована на разряжение 0,05–0,2 кгс/см².



а)

б)

а) парового клапана; б) воздушного клапана

Рисунок 6.6 – Схема работы паровоздушного клапана

Термостаты системы охлаждения предназначены для автоматического поддержания температуры двигателя в определенном интервале. Кроме того, термостаты обеспечивают быстрый разогрев холодного двигателя после его пуска за счет пропуска охлаждающей жидкости по малому кругу циркуляции, минуя радиаторы охлаждения.

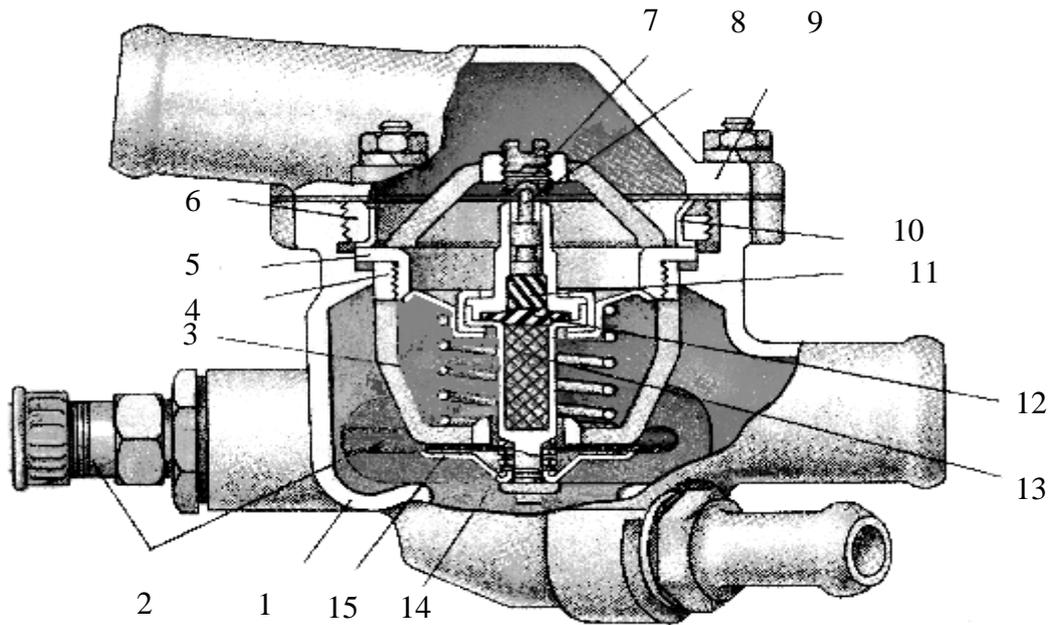
В системе охлаждения установлены 2 термостата (рисунок 6.7) типа ТБпЗ-70. Каждый из них расположен и закреплен в моторно-трансмиссионном отделении перед радиаторами охлаждения. Оба термостата по устройству одинаковы и отличаются только корпусами. В правом термостате выполнен дополнительный штуцер в корпусе для установки датчика термометра.

Термостат состоит: из корпуса 1 с крышкой 9; корпуса клапанов 4 с гайкой 6 и регулировочным винтом 7; перепускного клапана 15 с пружиной 14; клапана отключения радиатора 11 с пружиной 3; термосилового датчика.

Корпус с крышкой называют коробкой термостата.

Корпус клапанов установлен внутри коробки термостата и закреплен гайкой. Внутри корпуса клапанов смонтирован термосиловой датчик, который воздействует одновременно на перепускной клапан и клапан отключения радиатора. Термосиловой датчик представляет собой герметичный баллон, наполненный специальным твердым наполнителем – синтетическим церезином.

Внутри корпуса термосилового датчика расположены наполнитель 13, диафрагма 12, буфер, шток 8 и упор.



1 – корпус; 2 – датчик температуры; 3 – пружина клапана отключения радиатора; 4 – корпус клапанов; 5 – седло клапана; 6 – гайка; 7 – регулировочный винт; 8 – шток; 9 – крышка корпуса; 10 – стопорная шайба; 11 – клапан отключения радиатора; 12 – диафрагма; 13 – наполнитель; 14 – пружина перепускного клапана; 15 – перепускной клапан

Рисунок 6.7 – Термостат (правый)

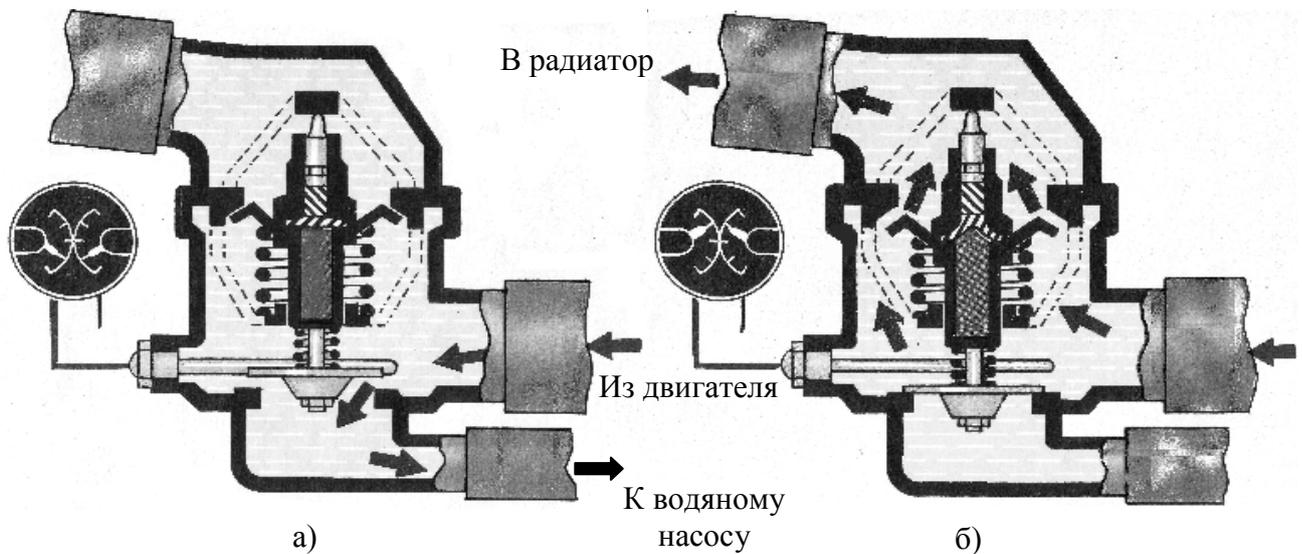
Работа термостата:

1-й режим (рисунок 6.8, а) – при температуре охлаждающей жидкости менее $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ наполнитель не меняет своего объема, и клапаны термостата находятся в исходном положении: перепускной клапан открыт, а клапан отключения радиатора закрыт. Жидкость циркулирует по малому кругу, минуя радиатор, идет быстрый разогрев двигателя после запуска. При температуре жидкости $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ наполнитель начинает плавиться, значительно увеличиваясь в объеме. При этом перепускной клапан начинает закрываться, уменьшая количество жидкости, проходящей по малому кругу, а клапан отключения радиатора начинает открываться, позволяя части жидкости проходить по большому кругу через радиатор.

2-й режим – в диапазоне температур от $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+83\text{ }^{\circ}\text{C}$ открыты оба клапана термостата. Причем величина их открытия зависит от температуры охлаждающей жидкости.

3-й режим (рисунок 6.8, б) – при температуре более $+83\text{ }^{\circ}\text{C}$ перепускной клапан полностью закрывается и циркуляция по малому кругу прекращается. Вся жидкость проходит по большому кругу через радиатор, интенсивно охлаждаясь.

Трубопроводы и шланги предназначены для прохождения охлаждающей жидкости от одного прибора или агрегата системы охлаждения к другому, а также отвода пара в расширительный бачок от наиболее нагретых частей двигателя и системы. Трубопроводы для циркуляции жидкости большого диаметра, а для отвода пара – малого диаметра. Все трубопроводы системы охлаждения окрашены в зеленый цвет.



а) – при температуре ОЖ до $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$; б) – при температуре ОЖ свыше $+83\text{ }^{\circ}\text{C}$

Рисунок 6.8 – Схема работы термостата

Контрольно-измерительные приборы (КИП) предназначены для контроля за температурным режимом двигателя. **КИП** системы охлаждения включают: датчик температуры, указатель температуры охлаждающей жидкости.

Датчик термометра 2 (рисунок 6.8) вмонтирован в корпус правого термостата (вворачивается на резьбе).

Указатель температуры охлаждающей жидкости смонтирован на щитке механика-водителя в левом углу и конструктивно объединен с указателем температуры масла. Под ним снизу надпись ВОДА и МАСЛО. Выключатель ПРОКАЧКА ОЖ ПРИ ВНЕЗАПНОЙ ОСТАНОВКЕ ДВИГАТЕЛЯ включает в работу насосный узел подогревателя и ОЖ циркулирует по системе охлаждения и подогрева.

6.2.2 Работа системы охлаждения

В работе системы охлаждения выделяются три режима (рисунок 6.9).

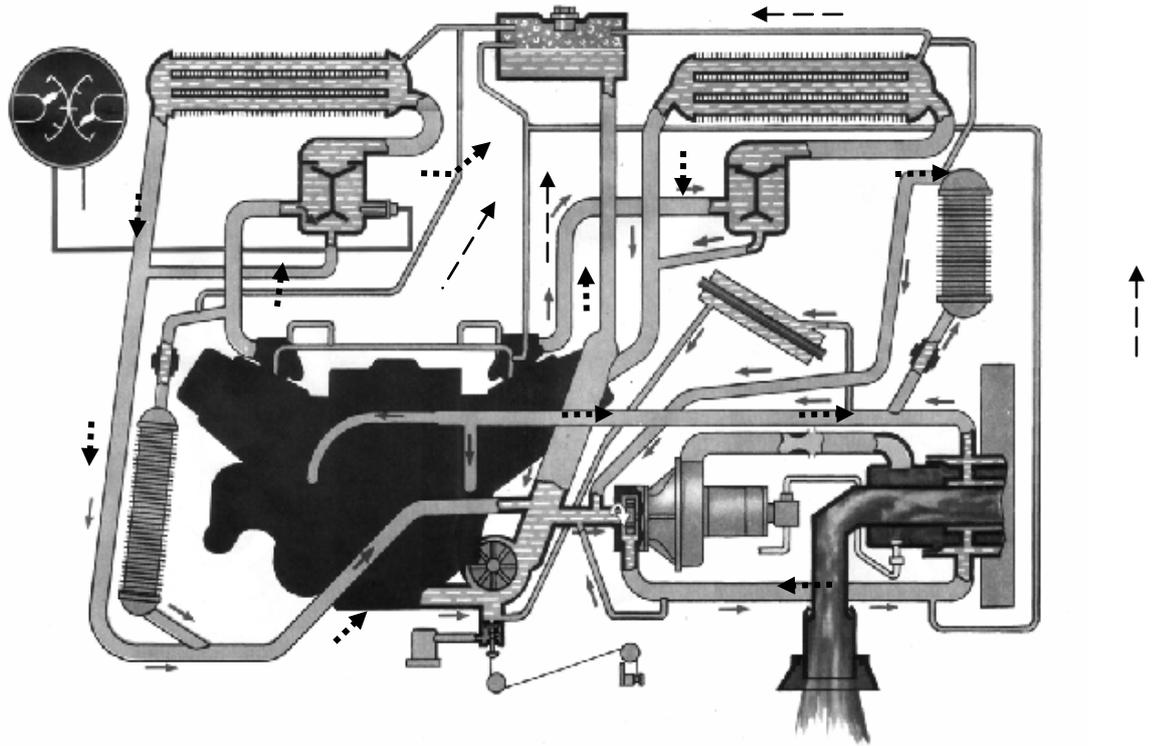
1-й режим – температура ОЖ в системе менее +70 °С. В термостатах закрыты клапаны подключения радиаторов, а перепускные клапаны открыты (ОЖ циркулирует по малому кругу). Вращающий момент от коленчатого вала двигателя через шестерни механизма передач передается на шестерню привода масляного насоса, а от средней шестерни откачивающей секции через рессорный валик на вал крыльчатки и на крыльчатку водяного насоса. Охлаждающая жидкость от насоса нагнетается крыльчаткой в канал нижней полости блок картера, а из него по двум каналам через отверстия в блок картере к гильзам цилиндров (водяным рубашкам блок картера), омывая и охлаждая цилиндры; из водяных рубашек блок-картера через перепускные втулки в водяные рубашки головок блока цилиндров охлаждает головки блока цилиндров и через перепускные втулки в выпускные коллекторы, охлаждая их. Из выпускных коллекторов ОЖ поступает в термостатные коробки, проходит через открытый перепускной клапан термостатов и по трубопроводам к входному патрубку водяного насоса. При подключенном радиаторе подогрева всасываемого воздуха, часть ОЖ, выходящей из правого блока цилиндров по трубопроводам через муфту подключения радиатора, поступает в радиатор подогрева, всасываемого воздуха, где отдает часть своего тепла воздуху, всасываемому двигателем, а затем по трубопроводу к водяному насосу двигателя.

2-й режим – температура ОЖ находится в пределах от +70 до +83 °С. Перепускной клапан и клапан подключения радиатора термостата открыты частично. Охлаждающая жидкость после термостатов идет одновременно по малому кругу и по большому кругу. Интенсивность охлаждения двигателя регулируется автоматически термостатами (за счет регулирования количества жидкости, проходящей через радиаторы). Где часть ОЖ проходит через приоткрытый перепускной клапан термостатов и по трубопроводам к входному патрубку водяного насоса, а часть через приоткрытый клапан подключения радиаторов охлаждения по трубопроводу в радиаторы охлаждения, где охлаждается потоком атмосферного воздуха, просасываемого через радиаторы эжекторами, затем по трубопроводу к водяному насосу двигателя.

3-й режим – температура ОЖ в системе более +83 °С. Клапан подключения радиатора охлаждения термостата полностью открыт. Охлаждающая жидкость проходит только по большому кругу циркуляции.

Из выпускных коллекторов ОЖ поступает в термостатные коробки. Где ОЖ проходит через открытый клапан подключения радиаторов охлаж-

дения по трубопроводу в радиаторы охлаждения, где охлаждается потоком атмосферного воздуха, просасываемого через радиаторы эжекторами, затем по трубопроводу к водяному насосу двигателя. На всех режимах работы системы пар и часть ОЖ циркулирует по дренажно-компенсационному контуру: из головок блоков цилиндров, выпускных коллекторов, радиаторов охлаждения по пароотводным трубкам в расширительный бачок, где пар конденсируется в воду, и вся вода сливается по трубопроводу к водяному насосу двигателя.



-➔ — движения жидкости при работе системы охлаждения;
- ➔ — движения жидкости при работе системы подогрева;
- - - ➔ — движения пара

Рисунок 6.9 – Схема работы системы охлаждения и подогрева

6.3 Системы подогрева двигателя

6.3.1 Необходимость разогрева двигателя перед пуском в зимних условиях

Для надежного самовоспламенения топлива, температура в конце процесса сжатия должна быть на 200–300 °С выше температуры самовоспламенения топлива (рисунок 6.10).

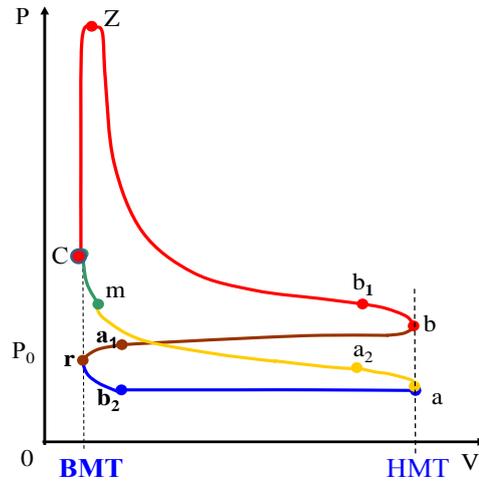


Рисунок 6.10 – Индикаторная диаграмма двигателя

Из анализа параметров процесса сжатия видно, что с понижением температуры окружающего воздуха (T_o) понижается и температура конца процесса сжатия (T_c), изменяется показатель политропы сжатия в связи с повышенной отдачей тепла во время процесса сжатия в холодные стенки цилиндров, топливо поступает в цилиндры двигателя с более низкой температурой, и для его нагрева и испарения необходимы дополнительные затраты тепла. Из-за низкой температуры вязкость масла повышается, силы трения увеличиваются, емкость аккумуляторной батареи снижается и возрастают затраты энергии на прокручивание коленчатого вала двигателя во время запуска, идет повышенный износ всех механизмов и агрегатов двигателя.

$$T_c = T_o \cdot E^{n_1 - 1}, \quad (6.1)$$

$$p_c = p_o \cdot E^{n_1}. \quad (6.2)$$

Следовательно, с понижением температуры окружающего воздуха в конце процесса сжатия не достигается температура самовоспламенения топлива и двигатель не запускается.

Таким образом, для надежного запуска двигателя в зимних условиях и устойчивой его работы, необходимо его разогреть пусковым подогревателем, а во время работы подогревать всасываемый воздух.

Назначение систем подогрева и требования к ним. Система подогрева служит для быстрого и надежного предпускового разогрева дви-

гателя и поддержания двигателя в готовности к пуску (путем периодического включения в работу подогревателя) в зимних условиях.

Система обеспечивает:

- сокращение времени на подготовку машины к эксплуатации;
- снижение пусковых износов деталей двигателя.

Требования к системам подогрева:

- удобство пользования и надежность в работе;
- минимальное время разогрева двигателя до оптимальной пусковой температуры;
- безопасность в пожарном отношении;
- компактность и минимальная масса;
- экономичность.

Классификация систем. Основным элементом любой системы подогрева является подогреватель. Подогреватели классифицируются на электрические, воздушные, жидкостные, комбинированные.

В электрическом подогревателе основным элементом является спираль накаливания, установленная в специальном месте двигателя. Он применяется для подогрева всасываемого двигателем воздуха. Используется для поддержания двигателя в готовности к пуску при питании его от постороннего источника энергии вследствие значительного ее потребления.

Воздушные подогреватели могут быть использованы для разогрева горячим воздухом двигателей воздушного охлаждения. В двигателях с жидким охлаждением горячий воздух нагнетается в картер и обычно разогревает подшипники коленчатого вала. Основные элементы воздушного подогревателя: теплообменник, камера сгорания с форсункой и свечой накаливания, нагнетатель (воздуходувка центробежного типа и топливный насос, расположенные на валу электродвигателя).

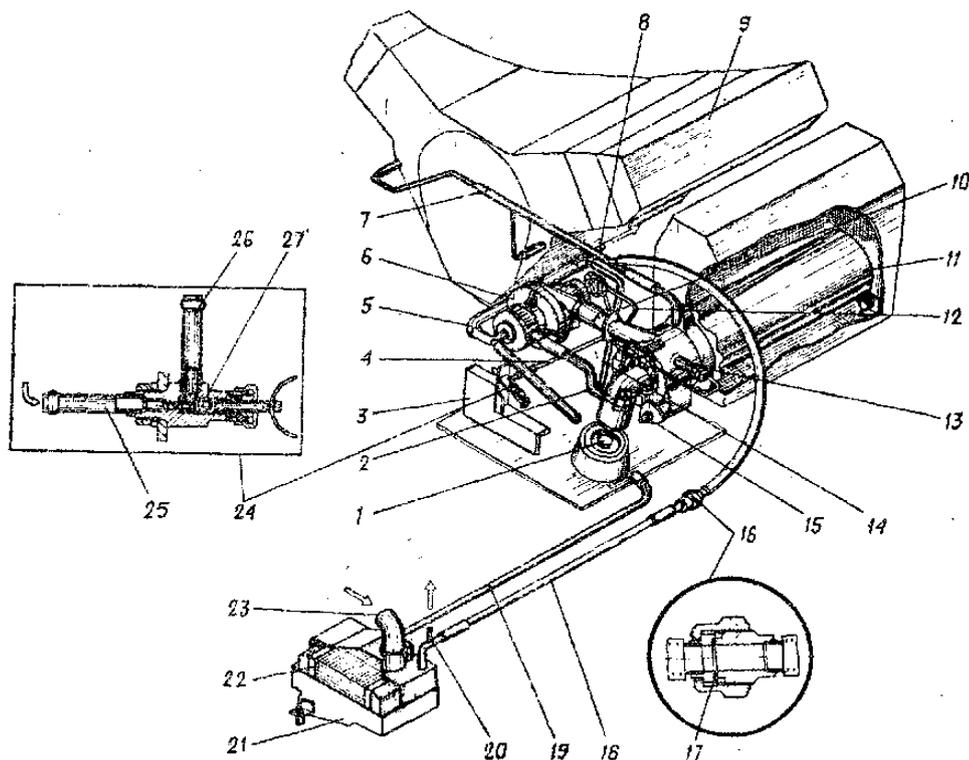
Воздух нагревается в теплообменнике сгорающим топливом и направляется в картер двигателя, где нагревает его части. Одновременно воздух может подаваться к другим частям машины (впускным коллекторам, агрегатам трансмиссии, аккумуляторным батареям, местам размещения членов экипажа и расчета). Но воздушные подогреватели не нашли широкого распространения ввиду своих недостатков: сложность устройства, большое потребление электроэнергии, сравнительно небольшая эффективность.

Жидкостные подогреватели нашли широкое распространение на боевых гусеничных машинах. Разогрев агрегатов силовой установки и трансмиссии осуществляется жидкостью, нагреваемой в котле подогревателя и циркулирующей по жидкостному тракту.

6.3.2 Общее устройство системы подогрева с жидкостным подогревателем

Система подогрева (рисунок 6.11) состоит из подогревателя в сборе, водяных рубашек (блок-картеров, головок блоков цилиндров и так далее), радиатора подогрева всасываемого воздуха, радиатора отопителя, трубопроводов и шлангов.

Водяные рубашки предназначены для подвода жидкости ко всем частям двигателя.

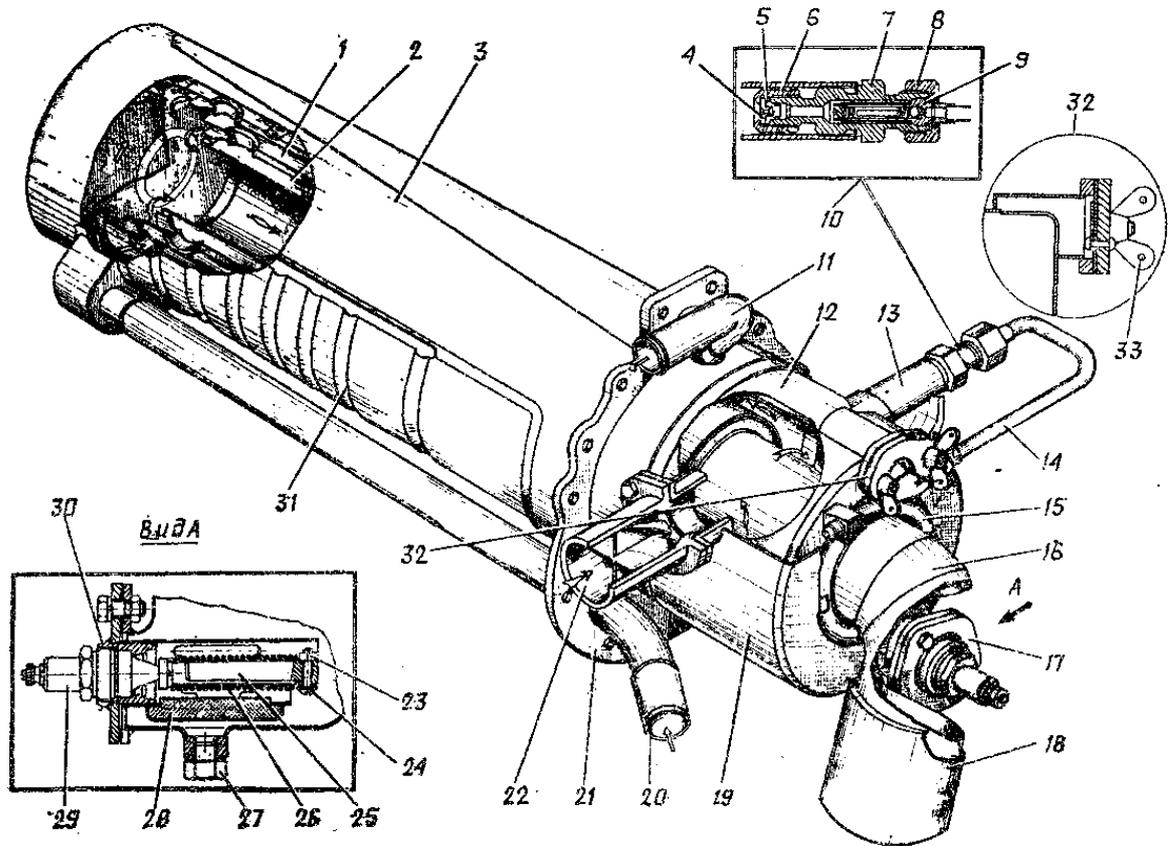


1 – пробка; 2, 5, 7 и 15 – трубопроводы; 3 – поперечная жесткость днища; 4 и 12 – топливные трубки; 6 – нагнетатель подогревателя; 8 – патрубок отвода теплоносителя (охлаждающей жидкости) на подогрев заборного маслопровода; 9 – двигатель; 10 – диффузор; 11 – котел подогревателя; 13 – форсунка; 15 – свеча накаливания; 16 – разъединительная муфта; 17 – шайба или разъединительная прокладка; 20 – патрубок для отвода воздуха при заправке системы; 21 – основание отопителя; 22 – радиатор; 23 – патрубок подвода воздуха к отопителю; 24 – топливный кран; 25 – подводящий патрубок; 26 – отводящий патрубок; 27 – запорная игла

Рисунок 6.11 – Система подогрева двигателя

Подогреватель состоит: из котла подогревателя; камеры сгорания; форсунки; запального устройства; змеевика; дымоотводной трубы; сливной пробки; нагнетателя – электродвигателя с тремя насосами (водяным, топливным и воздушным); щитка управления подогревателем; топливного крана подогревателя.

Котел подогревателя (рисунок 6.12) предназначен для нагрева охлаждающей жидкости, циркулирующей через него и нагрева масла в масляном баке двигателя. Он может устанавливаться внутри масляного бака.



1 – лабиринтный теплообменник; 2 – внутренний цилиндр; 3 – наружный цилиндр; 4 – сопло; 5 и 6 – накидные гайки; 7 – корпус форсунки; 9 – клапан с сетчатым фильтром; 10 – форсунка; 11 – отводящий патрубок; 12 – корпус камеры сгорания; 13 – штуцер форсунки; 14 – топливная трубка; 15 – змеевик подогрева топлива; 16 – дымовая труба; 17 – запальник; 18 – подвижная часть дымовой трубы; 19 – защитный кожух; 20 – подводящая труба; 21 – фланец; 22 – диффузор с пластинчатым завихрителем; 23 – гайка; 24 – винт; 25 – стержни; 26 – изолятор; 27 – пробка слива топлива из камеры сгорания; 28 – асбестовая набивка; 29 – свеча накаливания; 30 – корпус запальника; 31 – поверхность теплообменника для разогрева масла; 32 – крышка лючка для розжига котла факелом; 33 – винт-барашек

Рисунок 6.12 – Котел подогревателя

Котел подогревателя состоит из наружного и внутреннего цилиндров, между которыми размещен теплообменник. К передней части котла привалена камера сгорания с дымоотводной трубой.

При работе подогревателя по теплообменнику постоянно циркулирует жидкость, где она нагревается за счет пламени и горячих газов, проходящих по теплообменнику.

Камера сгорания предназначена для приготовления смеси топлива и воздуха и ее поджигания. Горение и догорание смеси происходит в тепло-

обменнике котла. Поток пламени и газов из камеры сгорания в теплообменник нагнетает воздуходувка.

В камере сгорания установлены: форсунка, запальное устройство, завихритель, выпускная труба и люк для розжига котла факелом при неисправной свече.

Форсунка предназначена для распыла топлива, подаваемого в камеру сгорания.

Топливо к форсунке подается топливным насосом подогревателя по трубопроводу, имеющему змеевик.

Змеевик предназначен для подогрева топлива.

В завихрителе топливо приобретает вращательное движение и через распылитель впрыскивается в камеру сгорания.

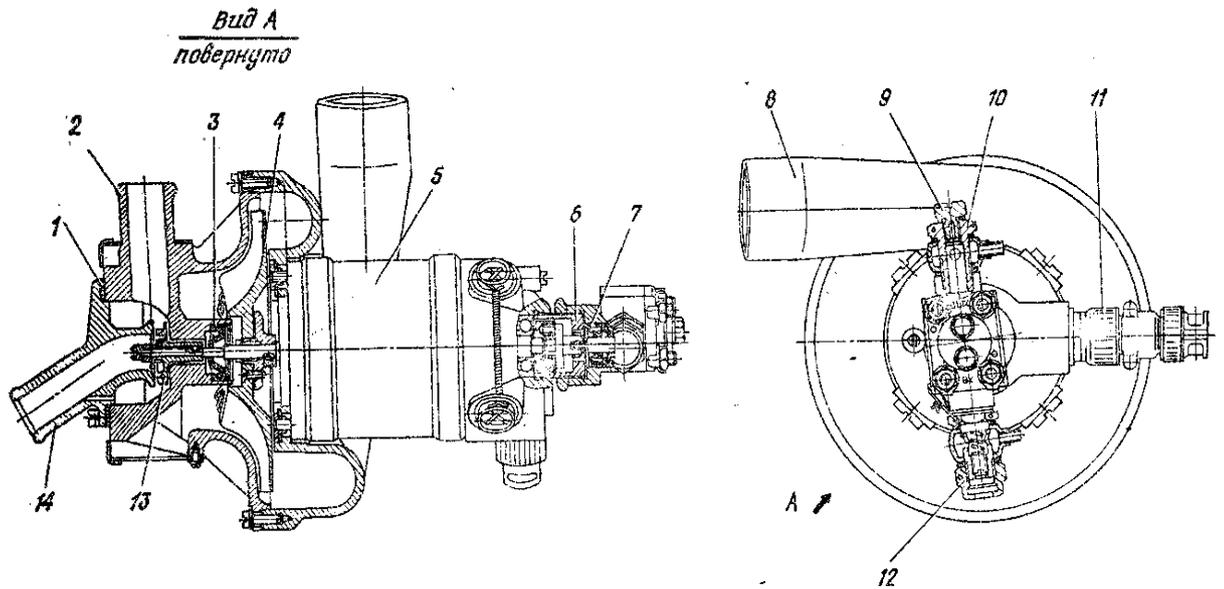
Запальное устройство предназначено для воспламенения смеси топлива и воздуха в камере сгорания при пуске подогревателя

Нагнетатель (насосный узел) (рисунок 6.13) предназначен для подачи в камеру сгорания топлива и воздуха и обеспечения циркуляции жидкости из котла подогревателя через систему охлаждения двигателя. Он состоит: из электродвигателя, топливного насоса, водяного насоса, воздуходувки (воздушного насоса). При работе электродвигателя одновременно работают все три насоса.

Топливный насос предназначен для подачи под давлением топлива к форсунке подогревателя.

Водяной насос подогревателя предназначен для обеспечения принудительной циркуляции охлаждающей жидкости в системах подогрева и охлаждения. При работе насоса он забирает ОЖ из системы охлаждения двигателя и направляет ее в теплообменник котла подогревателя, то есть обеспечивает принудительную циркуляцию.

Воздуходувка предназначена для подачи воздуха в камеру сгорания подогревателя. Воздуходувка центробежного типа. Она состоит из корпуса, крышки, крыльчатки, защитной сетки и выходного патрубка.



1 – прокладка; 2 – корпус нагнетателя; 3, 7 – манжеты; 4 – рабочее колесо вентилятора; 5 – электродвигатель; 6 – топливный насос; 8 – отводящий патрубок вентилятора; 9 – пробка для спуска воздуха из топливного насоса; 10 – зажимной болт крепления отводящего топливопровода; 11 – разъем; 12 – гайка крепления подводящего топливопровода; 13 – рабочее колесо водяного насоса; 14 – крышка водяного насос с патрубком

Рисунок 6.13 – Нагнетатель подогревателя

Топливный кран подогревателя предназначен для подключения топливного насоса подогревателя к бакам машины перед пуском подогревателя и отключения насоса от баков с целью остановки подогревателя. Кроме того, иглой топливного крана регулируется количество топлива, подводящего к насосу, чем, в конечном счете, регулируется интенсивность работы подогревателя.

Щиток подогревателя предназначен для пуска подогревателя и его выключения после разогрева двигателя. Он закреплен на кронштейне над котлом подогревателя.

Системы охлаждения и предпускового разогрева двигателя являются системами, от правильной эксплуатации которых зависит надежная и долговечная работа двигателя и поддержание техники в исправном состоянии, что обеспечивает выполнение боевых задач в различных климатических условиях.

В настоящее время наибольшее распространение получили системы охлаждения закрытые, с принудительной циркуляцией охлаждающей жидкости, вентиляторные на колесных машинах и эжекционные на гусеничных машинах, а подогреватели – жидкостные, в них используется жидкость в качестве теплоносителя от котла подогревателя к двигателю и

некоторым агрегатам трансмиссии, используя при этом жидкостный тракт системы охлаждения.

6.3.3 Принцип работы системы подогрева

Смесь топлива и воздуха, подаваемая в камеру сгорания насосами нагнетателя, при пуске воспламеняется запальным устройством, а при работе горение поддерживается за счет уже горящего топлива.

При работе подогревателя по теплообменнику постоянно циркулирует жидкость, где она нагревается за счет пламени и горячих газов, проходящих по теплообменнику. Далее нагретая жидкость при помощи водяного насоса подогревателя подается в рубашки охлаждения сразу обоих блоков с передней части блок-картера, проходит через рубашки блоков цилиндров, головок блоков, выпускных коллекторов, радиатор подогрева всасываемого воздуха и отдает свое тепло, нагревая детали двигателя. Выходящая из рубашек охлаждения выпускных коллекторов жидкость проходит через термостаты и возвращается к водяному насосу подогревателя, который ее снова нагнетает в теплообменник котла подогревателя, где она снова нагревается.

Таким образом, жидкость воспринимает теплоту в теплообменнике котла и переносит её по трубопроводам к водяным рубашкам двигателя, где передаёт её деталям камеры сгорания, создавая необходимые условия для надежного пуска двигателя.

6.3.4 Приборы и агрегаты системы подогрева двигателя 5Д20-240

Котел подогревателя (рисунок 6.12) предназначен для нагрева охлаждающей жидкости, циркулирующей через него и нагрева масла в масляном баке двигателя. Он установлен внутри масляного бака.

Характеристика – котел подогревателя сварной, двухзаходный. Состоит из наружного и внутреннего цилиндров, между которыми размещен теплообменник.

К передней части котла привалена камера сгорания с дымоотводной трубой.

При работе подогревателя по теплообменнику постоянно циркулирует жидкость, где она нагревается за счет пламени и горячих газов, проходящих по теплообменнику.

Камера сгорания предназначена для приготовления смеси топлива и воздуха и ее поджигания. Горение и догорание смеси происходит в тепло-

обменнике котла. Поток пламени и газов из камеры сгорания в теплообменник нагнетает воздуходувка.

В камере сгорания установлены: форсунка, запальное устройство, змеевик, завихритель, дымоотводная труба, лючок для розжига котла факелом при неисправной свече.

Форсунка предназначена для распыливания топлива, подаваемого в камеру сгорания.

Форсунка центробежная, открытого типа.

Форсунка состоит из корпуса, шарикового клапана с пружиной, завихрителя, распылителя, сетчатого фильтра, накидной гайки.

Топливо к форсунке подается топливным насосом подогревателя по трубопроводу, имеющему змеевик.

Змеевик предназначен для подогрева топлива.

В завихрителе топливо приобретает вращательное движение и через распылитель впрыскивается в камеру сгорания.

Запальное устройство предназначено для воспламенения смеси топлива и воздуха в камере сгорания при пуске подогревателя.

Запальное устройство установлено в нижней части камеры сгорания. Запальное устройство состоит из спирали, стержня, изолятора, асбестовой набивки.

Спираль свечи накаливания надета на изолятор. В нижней части корпуса запальника асбестовая набивка, улучшающая воспламенение смеси в камере сгорания, особенно при пуске подогревателя. Это достигается интенсивным испарением топлива, попавшего на нагретую асбестовую набивку.

При включении тумблера на пульте управления подогревателя в положение СВЕЧА по спирали проходит ток и она накаливается.

Под запальным устройством выполнено отверстие с пробкой для слива топлива после неудавшегося пуска подогревателя.

Нагнетатель (насосный узел) (рисунок 6.13) предназначен для подачи в камеру сгорания топлива и воздуха и обеспечения циркуляции жидкости из котла подогревателя через систему охлаждения двигателя.

Насосный узел расположен на днище машины между двигателем и масляным баком. Он состоит: из электродвигателя, насоса, воздушного насоса (воздуходувки).

Насосы расположены на одном валу и при включении электродвигателя работают одновременно все три насоса.

В работу электродвигатель может включаться тремя способами:

- переводом тумблера на щитке управления подогревателем в положение РАБОТА (постоянно);

- нажатием на кнопку ПУСК на щитке управления подогревателем (временно, удержанием кнопки в нажатом положении);

- тумблером на щитке механика-водителя ПРОКАЧКА ОХЛАЖДАЮЩЕЙ ЖИДКОСТИ ПРИ ВНЕЗАПНОЙ ОСТАНОВКЕ ДВИГАТЕЛЯ.

Топливный насос односекционный, шестеренный. Развивает давление

6–6,5 кгс/см². Подача насоса 7–9,5 л/ч.

Насос состоит: из корпуса с крышкой, пары шестерен, ведущего вала с соединительной муфтой. Внутри корпуса установлен перепускной клапан с пружиной. Он ограничивает давление, создаваемое насосом.

Водяной насос подогревателя служит для обеспечения принудительной циркуляции охлаждающей жидкости в системах подогрева и охлаждения. Центробежного типа. Состоит: из корпуса, крышки с уплотнительной прокладкой, крыльчатки, вала крыльчатки, подводящего и отводящего патрубков, самоподжимного сальника с гайкой.

Корпус насоса выполнен заодно с крышкой воздуходувки.

При работе насос забирает ОЖ из системы охлаждения двигателя и направляет ее в теплообменник котла подогревателя, то есть обеспечивает принудительную циркуляцию.

Воздуходувка предназначена для подачи воздуха в камеру сгорания подогревателя, центробежного типа. Состоит: из корпуса, крышки, крыльчатки, защитной сетки, выходного патрубка.

Топливный кран подогревателя предназначен для подключения топливного насоса подогревателя к бакам машины перед пуском подогревателя и отключения насоса от баков с целью остановки подогревателя. Кроме того, иглой топливного крана регулируется количество топлива, подходящего к насосу, следовательно, регулируется интенсивность работы подогревателя. Состоит: из корпуса, иглы с кольцом, двух накидных гаек, входного и выходного штуцеров, уплотнений.

При поджатии иглы к корпусу, путем вращения кольца, количество топлива, проходящего через кран, уменьшается и наоборот.

Щиток подогревателя предназначен для пуска подогревателя и его выключения после разогрева двигателя. Он закреплен на кронштейне над котлом подогревателя. Состоит: из панели, кнопки ПУСК, переключателя режимов работы, сопротивлений, электрической схемы.

Переключатель имеет три положения: СВЕЧА, НЕЙТРАЛЬ, РАБОТА.

Все положения фиксированы.

6.3.5 Совместная работа приборов и агрегатов системы подогрева двигателя

I этап. Подготовка к пуску подогревателя. Перед пуском подогревателя отворачивают крышку люка в днище машины, для выхода газов и опускают выдвижной патрубок дымоотводной трубы. Для пуска подогревателя необходимо включить свечу накаливания, через 1–2 мин открыть топливный кран подогревателя (примерно на пол-оборота) и одновременно нажать на кнопку ПУСК на щитке подогревателя. При этом на нагретую спираль свечи, топливный насос подаст топливо через форсунку в мелко распыленном состоянии в камеру сгорания, воздухоудувка подаст в камеру сгорания.

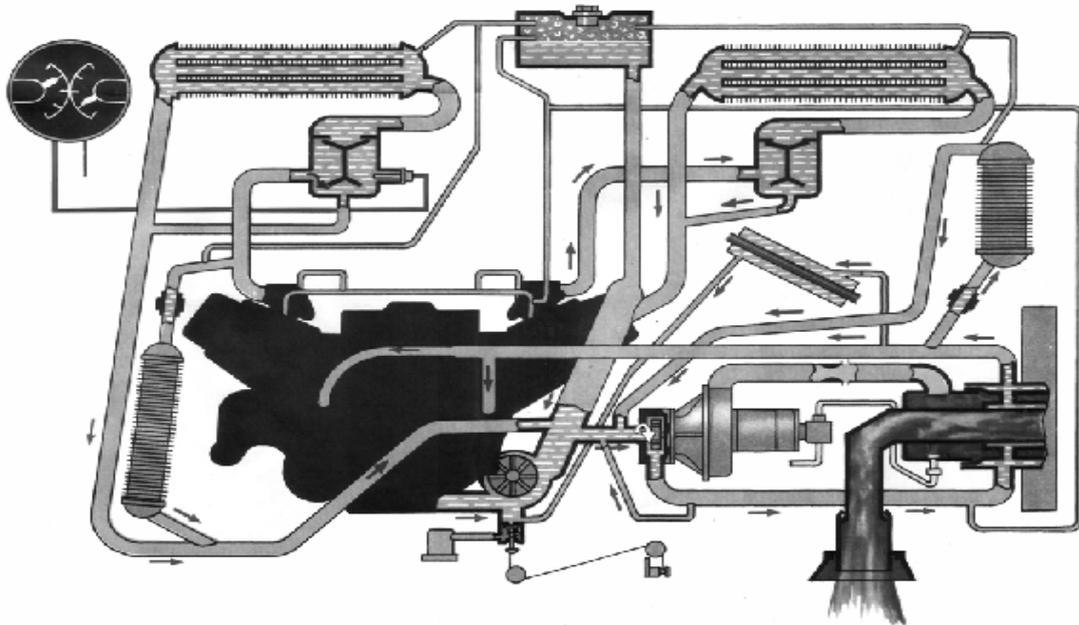


Рисунок 6.14 – Работа системы подогрева

В камере сгорания образуется горючая смесь топлива и воздуха и, соприкасаясь с раскаленной спиралью, она воспламенится.

II этап. Разогрев жидкостью двигателя. Нагнетатель нагнетает топливным насосом топливо, а воздушным воздух в камеру сгорания подогревателя, где топливо сгорает и передаёт теплоту через стенки теплообменника циркулирующей по нему охлаждающей жидкости. Отработавшие газы выходят через дымоотводную трубу в лючок под днище машины. Горячая жидкость из теплообменника водяным насосом подогревателя подается в рубашки блок-картера, головок блока, выпускных коллекторов, обогреваемого заборного маслопровода и далее к термостатам. В зависимости от температуры жидкости, выходящей из двигателя, она может

двигаться по малому кругу, по обоим сразу или по большому кругу и снова возвращаться к водяному насосу подогревателя. При этом она отдает свою теплоту деталям двигателя, они нагреваются. Одновременно горячая жидкость проходит через радиатор отопитель боевого отделения, радиатор подогрева всасываемого двигателем воздуха и водяную рубашку маслозаборного патрубка (рисунок 6.14).

Таким образом, конструкция системы подогрева силовой установки **БМД-2** обеспечивает надежный пуск двигателя при низких температурах и его устойчивую работу в различных климатических условиях при соблюдении правил эксплуатации машины.

6.4 Объем и технология выполнения работ по обслуживанию систем охлаждения и подогрева

6.4.1 Уход за системами охлаждения и подогрева по видам технического обслуживания

Т а б л и ц а 6.1 – Уход за системами охлаждения и подогрева по видам технического обслуживания

Вид технического обслуживания	Система охлаждения	Система подогрева
Контрольный осмотр (КО)	1 Проверить уровень ОЖ в расширительном бачке и при необходимости дозаправить 2 Проверить крепление агрегатов, приборов, трубопроводов и отсутствие подтекания ОЖ	1 Проверить отсутствие подтекания ОЖ и при необходимости устранить
Ежедневное техническое обслуживание (ЕТО)	1 Проверить уровень ОЖ в расширительном бачке и при необходимости дозаправить 2 Проверить крепление агрегатов, приборов, трубопроводов и отсутствие подтекания ОЖ	1 Проверить отсутствие подтекания ОЖ и при необходимости устранить
Техническое обслуживание № 1, № 2 (ТО-1), (ТО-2)	1 Проверить состояние радиаторов охлаждения, очистить от пыли и грязи 2 Проверить и при необходимости отрегулировать ПВК 3 Проверить состояние уплотнения водяного насоса и при необходимости заменить	1 Проверить чистоту сетку воздуходувки

Продолжение таблицы 6.1

Вид технического обслуживания	Система охлаждения	Система подогрева
Сезонное обслуживание (СО)	1 Заменить ОЖ в системе, при необходимости промыть систему	1 Отключить (подключить) к системе радиаторы подогрева всасываемого двигателем воздуха и отопителя среднего отделения (для БТР-Д и БМД-2К). Пробным пуском проверить работоспособность подогревателя (при подготовке к зимней эксплуатации)

6.4.2 Порядок пуска подогревателя**На месте механика водителя:**

- включить выключатель батарей;
- включить на 20–30 с выключатель **ЭЦН** (при температуре ниже минус 20 °С оставить его включенным на весь период пуска);
- снять ручной огнетушитель ОУ-2 (сзади сидения на стойке) и перебраться к перегородке **МТО**.

У перегородки МТО:

- положить рядом огнетушитель;
- снять съёмный лист перегородки доступа к подогревателю;
- на щитке управления подогревателем включить переключатель в положение СВЕЧА;
- вывернуть лючок в днище машины, для выхода газов и опустить удлинитель дымоотводной трубы;
- проверить наличие и при необходимости убрать топливо на днище машины у подогревателя;
- через 1–2 мин открыть топливный кран подогревателя (примерно на пол-оборота) и одновременно нажать на кнопку ПУСК на щитке подогревателя;
- услышав характерный звук работающего подогревателя, отпустить кнопку ПУСК и одновременно перевести переключатель из положения СВЕЧА в положение РАБОТА;
- изменяя подачу топлива топливным краном установить равномерную работу подогревателя по звуку.

Если подогреватель не запустился:

- перекрыть подачу топлива;

- после прекращения работы подогревателя перевести переключатель из положения РАБОТА в положение НЕЙТРАЛЬ;

- вывернуть на 1,5–2 оборота сливную пробку (под запальным устройством) и слить топливо;

- повторить пуск подогревателя.

Глушение подогревателя:

- перекрыть подачу топлива;

- после прекращения работы подогревателя перевести переключатель из положения РАБОТА в положение НЕЙТРАЛЬ;

- через 20–30 с включить переключатель положения РАБОТА на 20–30 с и продуть котел без подачи топлива;

- установить снятые детали и огнетушитель на место.

6.5 Возможные неисправности систем охлаждения и подогрева, их причины, способы предупреждения и устранения

Т а б л и ц а 6.2 – Возможные неисправности систем, причины, способы их устранения и предупреждения

Внешний признак	Причины неисправности	Порядок обнаружения и устранения
I Высокая температура охлаждающей жидкости		
1 При движении машины температура жидкости превышает допустимую норму и продолжает расти	1 Большая нагрузка на двигатель при малых оборотах коленчатого вала	1 Перейти на низшую передачу и увеличить обороты коленчатого вала. Если температура не падает, то проверить по пункту 2
	2 Закрыты сетки над радиаторами брезентом или посторонними предметами, засорены сетки и радиаторы	2 Проверить сетки над радиаторами, брезентовые коврики или посторонние предметы удалить. Проверить сетки и убрать мусор. Если машина эксплуатировалась в условиях сильной запыленности, то необходимо промыть сетки и радиаторы струей воды или водой ведрами. Если и после этого температура не падает, то проверить по пункту 3
	3 Недостаточное количество жидкости в системе	3 Проверить уровень жидкости в расширительном бачке и при необходимости довести до нормы. Одновременно снять съемные листы моторной перегородки,

Продолжение таблицы 6.2

Внешний признак	Причины неисправности	Порядок обнаружения и устранения
		крышку люка над коробкой передач и проверить отсутствие подтекания жидкости из системы. При обнаружении подтекания – устранить
	4 Неисправная работа датчика и указателя температуры	4 Проверить исправность и надежность подсоединения штепсельных разъемов КИП, если все исправно, то по очереди заменить датчик и указатель температуры на исправные, а неисправный прибор удалить
	5 Поломка крыльчатки водяного насоса или рессорного вала его привода	5 При неработающем двигателе включить на щитке механика тумблер ПРОКАЧКА ОХЛАЖДАЮЩЕЙ ЖИДКОСТИ ПРИ ВНЕЗАПНОЙ ОСТАНОВКЕ ДВИГАТЕЛЯ на 1–2 мин. Если при этом штатный термометр покажет быстрое снижение температуры жидкости, то это указывает – водяной насос двигателя не работает. Необходимо его снять и проверить целостность рессоры его привода. Если она поломана, то заменить, если она целая, то необходимо заменить насос
	6 Неисправны термостаты	6 Снять по очереди термостаты и при наличии оборудования проверить правильность их работы, если оборудования нет, то необходимо их по очереди заменить на исправные
	7 Прогорание эжекторов и глушителей	7 Прогорание эжекторов можно определить визуально и на ощупь при снятом люке над коробкой передач. Прогорание глушителя можно определить визуально и на ощупь при снятых радиаторах охлаждения. Прогорание устраняется заваркой или заменой
	8 Большие отложения накипи в рубашках охлаждения двигателя	8 Промыть систему охлаждения свежим раствором воды с трехкомпонентной присадкой (Смотри раздел «Промывка»)

Продолжение таблицы 6.2

Внешний признак	Причины неисправности	Порядок обнаружения и устранения
II Течь охлаждающей жидкости из контрольного отверстия корпуса водяного насоса		
1 Из контрольного отверстия корпуса водяного насоса подтекает жидкость	1 Износ торцевого уплотнения крыльчатки водяного насоса	1 Заменить водяной насос на новый
1 Подогреватель не пускается		
1 При нажатии на кнопку ПУСК электродвигатель насосного узла не работает	1 Неисправна электрическая цепь 2 Сгорел предохранитель	1 Проверить электрическую цепь, неисправность устранить. Заменить предохранитель
1 После неудачной попытки пустить подогреватель, хлопков в котле нет, из дымоотводной трубы идет белый дым	1 Скопление топлива в корпусе камеры сгорания	1 Отвернуть пробку под запальным устройством и слить топливо из камеры сгорания
2 При работе подогревателя наблюдается дымный выхлоп		
1 Подогреватель работает, из дымоотводной трубы выделяется большое количество дыма	1 Не отрегулирована подача топлива в подогреватель	1 Топливным краном подогревателя отрегулировать подачу топлива в камеру сгорания (иглу клапана заворачивать или отворачивать). Если топливным краном неисправность не устраняется, необходимо разобрать, промыть и отрегулировать клапан форсунки
3 Течь охлаждающей жидкости из подогревателя		
1 Появление жидкости на заборной сетке нагнетателя	1 Повреждение уплотнения водяного насоса 2 Прогорание стенок теплообменника котла	1 Заменить уплотнение насоса 2 Заменить котёл

Контрольные вопросы

- 1 Необходимость охлаждения двигателя.
- 2 Требования к системам охлаждения.
- 3 Классификация систем охлаждения.
- 4 Сравнительная оценка жидкостных и воздушных систем охлаждения.
- 5 Характеристика системы охлаждения двигателя 5Д20-240.
- 6 Перечислить основные элементы системы охлаждения двигателя 5Д20-240.
- 7 Где расположены радиаторы охлаждения и их назначение?
- 8 Где расположен расширительный бачок и его назначение?
- 9 Необходимость паровоздушного клапана.
- 10 Назначение термостатов.
- 11 Необходимость разогрева двигателя перед пуском в зимних условиях.
- 12 Требования к системам подогрева двигателя.
- 13 Перечислить основные элементы системы подогрева.
- 14 Какие элементы системы подогрева расположены на камере сгорания?
- 15 Принцип работы системы подогрева.
- 16 Порядок пуска и выключения подогревателя БМД-2.

Глава 7. Системы питания двигателей

7.1 Назначение, классификация и общее устройство систем питания двигателя воздухом

Одной из важных систем двигателя, влияющей на готовность к использованию боевой машины, является система питания, которая состоит: из системы питания воздухом и системы питания топливом.

От количества и состава свежего заряда воздуха и топлива зависят получаемая в цикле работа и, следовательно, мощностные и экономические показатели двигателя. Следует заметить, что количество поступающего в цилиндры воздуха одинаково важно и для бензиновых двигателей и для дизелей. Например, для полного сгорания 1 кг бензина теоретически требуется 15 кг (или 12,5 м³) воздуха. Однако при работе карбюраторного двигателя количество воздуха в горючей смеси может быть больше или меньше теоретически необходимого. Поэтому состав горючей смеси характеризуется коэффициентом избытка воздуха α , который представляет собой отношение количества воздуха, участвующего в сгорании воздуха, к теоретически необходимому его количеству. Если в горючей смеси на 1 кг топлива приходится 15 кг воздуха, то смесь называют нормальной и в этом случае $\alpha = 1$. Если в горючей смеси на 1 кг топлива приходится свыше 15 кг воздуха, но не более 17 кг, то ее называют обедненной ($\alpha = 1,05-1,15$), при содержании воздуха свыше 17 кг – бедной ($\alpha = 1,2-1,25$). Горючую смесь, содержащую меньше 15 кг, но не менее 12 кг воздуха на 1 кг топлива называют обогащенной ($\alpha = 0,8-0,95$), а при содержании воздуха менее 12 кг – богатой ($\alpha = 0,4-0,7$). Наиболее экономичная работа двигателя достигается на обедненной смеси ($\alpha = 1,05-1,15$). В отличие от карбюраторного двигателя в цилиндры дизеля поступает практически одинаковое количество воздуха независимо от его нагрузки. При малой нагрузке в цилиндрах практически всегда имеется достаточное количество воздуха для полного сгорания подаваемого топлива. В этом случае коэффициент избытка воздуха имеет большую величину. С увеличением нагрузки увеличивается только подача топлива, но при этом значение коэффициента избытка воздуха уменьшается, вследствие чего ухудшается процесс сгорания топлива. Поэтому минимальное значение коэффициента избытка воздуха для различных дизелей, соответствующее их бездымной работе, устанавливают в пределах $\alpha = 1,3-1,7$, что обуславливает также высокую экономичность дизелей по сравнению с карбюраторными двигателями.

Следовательно, [ДВС](#) должны иметь устройства для подачи в цилиндры воздуха, необходимого для сгорания топлива и для удаления из них

отработавших газов, а также устройства, обеспечивающие хранение, очистку и подачу топлива в цилиндры двигателя на всех режимах его работы.

Из опыта эксплуатации в ходе боевых действий в Республике Афганистан, Чеченской республике и по ликвидации агрессии ВС Грузии с 8 по 21 августа 2008 года выявлены недостатки.

У боевых машин наибольшее число отказов приходится на силовую установку (35,7 %). К основным отказам силовой установки относятся: предельный износ деталей цилиндропоршневой группы двигателя из-за неудовлетворительной работы системы очистки воздуха, износ цилиндропоршневой группы двигателя из-за его работы с закрытым клапаном отсоса пыли, наиболее часто отказывает топливный насос высокого давления из-за несвоевременного обслуживания элементов топливной системы.

Двигатели боевых машин эксплуатируются в условиях запыленности, особенно в летнее время, а попадание механических частиц с воздухом в цилиндры двигателя приводит к их износу. Элементарные расчеты показывают, что при запыленности воздуха $0,0025 \text{ кг/м}^3$ (движение машин в колонне), в шестицилиндровый двигатель типа 2В-06-2 будет поступать около 2,5 кг пыли за час работы

$$M_{\text{п}} = \frac{0,0025 \cdot n \cdot V_{\text{л}}}{2 \cdot 1000} 60 = \frac{0,0025 \cdot 2400 \cdot 15,9}{2000} 60 = 2,5 \quad \text{кг}$$

Учитывая, что дорожная пыль содержит 85–98 % частиц кварца, твердость которых превосходит твердость стали, можно представить, как это усилит износ цилиндров, поршневых колец, шеек и подшипников коленчатого вала. Износ деталей двигателя приводит к падению его мощности, увеличению расхода топлива и масла, снижению срока службы двигателя. Для предотвращения попадания пыли в цилиндры двигателя устанавливают воздухоочистители, которые совместно с воздушным трактом подвода воздуха образуют систему воздуховоснабжения, в цилиндры которого воздух поступает под действием атмосферного давления и разрежения, создаваемого в цилиндрах.

Чем больше воздуха подается в цилиндры двигателя, тем больше можно сжечь топлива и тем выше может быть получена мощность двигателя. Для этой цели в современных четырехтактных [ДВС](#) воздух подается во впускной коллектор после предварительного сжатия в нагнетателе. При высоких давлениях наддува воздуха после нагнетателя охлаждают с целью увеличения его плотности.

7.1.1 Требования к воздухоочистителям и их классификация

К воздухоочистителям предъявляются следующие требования:

- воздухоочистители должны иметь низкий коэффициент пропуска пыли, представляющий собой выраженное в процентах отношение запыленности воздуха на выходе из воздухоочистителя к запыленности на входе – 0,1–0,2 %;

- иметь небольшое сопротивление, то есть потери количества воздуха при прохождении через воздухоочиститель, которое вызывает уменьшение коэффициента наполнения и, как следствие, потери мощности, ухудшение экономичности;

- сопротивление воздухоочистителя не должно превышать 12 ± 6 кПа, ($0,12 \pm 0,06$ кг/см²) на режиме максимальной мощности в течение всего времени его работы до очередного обслуживания.

Конструкторские требования – наибольшие габариты и масса, способность выдерживать вибрации, динамические перегрузки, надежность работы при различных температурах, повышенной влажности воздуха.

Обеспечить полную реализацию данных требований – сложная конструктивная и технологическая задача, так как требования часто противоречивы. Например, обеспечение небольшого сопротивления на впуске с целью увеличения коэффициента наполнения и в то же время уменьшение коэффициента пропускания пыли. Необходимо помнить, что количество и качественный состав свежего заряда в большей степени определяют получаемую за цикл работу и, следовательно, мощностные и экономические показатели двигателя.

Воздухоочистители классифицируются на три основные группы (рисунок 7.1):

- инерционные;
- фильтрующие (контактные);
- комбинированные.

В инерционных воздухоочистителях используется сила инерции движущихся с большой скоростью пылинок. При резком изменении направления движения воздуха в этих очистителях частицы пыли продолжают двигаться по инерции в первоначальном направлении и, вылетая из воздушного потока, поступающего в двигатель, удаляются наружу или задерживаются в пылесборниках или специальных масляных ваннах.

Различают сухие инерционные воздухоочистителя (циклонные и жалюзийные) и масляно-инерционные, в которых преградой для изменения направления воздушного потока служат масляные ванны или смоченные маслом поверхности.

В инерционно-центробежных воздухоочистителях наряду с инерционными силами от резкого изменения направления потока воздуха используются также центробежные силы от его закручивания. Воздух, проходя через такой очиститель, не только резко меняет направление движения, но и закручивается с помощью спиральных направляющих, тангенциального (по касательной к цилиндрической стенке) входа или других способов. Частицы пыли отбрасываются центробежными силами к стенке корпуса воздухоочистителя и скатываются по ней в пылесборник.

Инерционно-центробежные воздухоочистители без вращающихся деталей называются циклонами (рисунок 7.2, а). Существуют также инерционно-центробежные воздухоочистители роторного типа, в которых очистка воздуха от пыли осуществляется за счет центробежных сил, вызванных вращающимся ротором. В таком очистителе ротор вращается обычно за счет взаимодействия его лопастей с потоком воздуха, стремящимся попасть во впускную трубу из-за разрежения, создаваемого работающим двигателем.



Рисунок 7.1 – Классификация воздухоочистителей

Большим преимуществом инерционных и инерционно-центробежных воздухоочистителей является возможность легкого выброса сухой пыли из их пылесборников в атмосферу путем отсоса. Это особенно важно при большой запыленности воздуха, когда необходимо непрерывное удаление пыли. Отсос сухой пыли из пылесборника обычно осуществляется за счет разрежения, создаваемого в выпускной трубе двигателя с помощью эжекционного устройства (рисунок 7.2, б). Основным недостатком инерционных и инерционно-центробежных воздухоочистителей – недостаточная эффективность при очистке воздуха от мельчайших частиц.

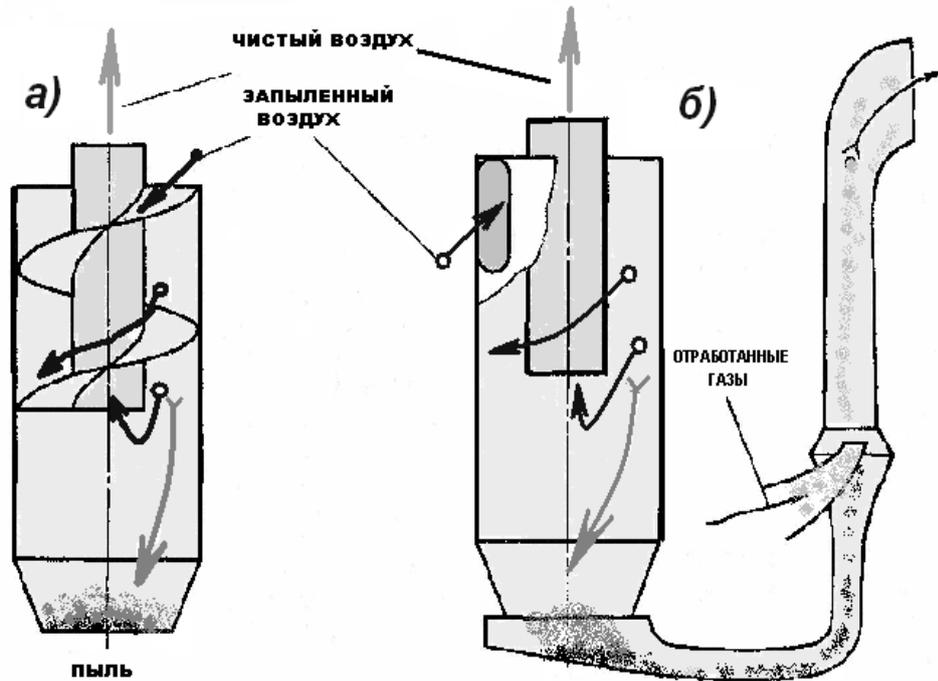


Рисунок 7.2 – Схема работы инерционного воздухоочистителя

Фильтрующие (контактные) воздухоочистители при очистке воздуха от пыли используют принцип его фильтрации в пористых материалах или способность пылевых частиц адсорбироваться на смоченных маслом поверхностях. В качестве фильтрующего элемента может использоваться смоченная маслом металлическая сетка, промасленные кассеты с капроновой или проволочной набивкой, пропитанная маслом полиуретановая пена, синтетические материалы на перфорированном каркасе и т.д. Картон в таком фильтрующем элементе уложен «гармошкой» и образует плоские панели или многолучевую звезду, вписанную в кольцо. Картонные фильтры эффективны при любом режиме работы двигателя и задерживают более 99 % частиц размером свыше 2 мкм.

Самым новым и перспективным фильтрующим элементом для систем питания двигателей воздухом стал так называемый «марлевый» фильтр, в котором, помимо обычных принципов фильтрации, в пористых материалах используется также принцип удержания пылевых частиц на поверхности фильтра за счет статического электричества. Дело в том, что двойной стальной каркас и пропитанная специальным составом марлевая набивка такого фильтра образуют своеобразный конденсатор, который заряжается статическим электричеством при трении пылинок между собой. В результате пылинки как бы «налипают» на наружную поверхность фильтра, образуя подобие «шубы». Ресурс такого фильтрующего элемента значительно больше ресурса обычного картонного, так как пыль не остается

ся внутри фильтра, а скапливается на его поверхности и может быть легко удалена при очередном техническом обслуживании.

Достоинством фильтрующих воздухоочистителей является их способность задерживать мельчайшие частицы пыли, *недостатком* – необходимость периодической очистки, промывки или замены фильтрующих элементов.

Комбинированные воздухоочистители сочетают в себе преимущества всех описанных выше очистителей. Они широко распространены как на колесных, так и на гусеничных машинах. Чаще всего применяют две ступени очистки. В первой ступени (инерционный очиститель или циклон) из воздуха удаляются наиболее крупные и тяжелые частицы, во второй (фильтрующий очиститель) – мелкие пылинки.

На боевых гусеничных машинах **ВДВ** применяются **комбинированные** двухступенчатые воздухоочистители.

7.1.2 Общее устройство системы питания воздухом

Система питания двигателя воздухом – это сложный комплекс технических средств (воздухоочистителей, нагнетателей, охладителей воздуха и других), предназначенных для забора воздуха из атмосферы при движении машины по суше и на плаву, очистки его и подачи в цилиндры двигателя на всех режимах его работы.

Общее устройство системы питания двигателя воздухом, применяемая на боевых машинах:

- воздухозаборное устройство;
- воздухоочиститель;
- система эжекционного отсоса пыли;
- впускные коллекторы.

Воздухозаборное устройство предназначено для забора воздуха из атмосферы при движении машины на суше или из боевого отделения машины, при движении ее на плаву. Оно смонтировано сверху над воздухоочистителем.

Воздухоочиститель предназначен для очистки поступающего в цилиндры двигателя воздуха от пыли.

Система эжекционного отсоса пыли предназначена для отсоса пыли из пылесборника циклонов и выброса ее за пределы корпуса машины.

Принцип работы системы питания воздухом. При работе двигателя воздух за счет разрежения, создаваемого в цилиндрах двигателя поршнями, забирается из воздушной камеры непосредственно снаружи машины, при движении на плаву – из боевого отделения, а затем последовательно

проходит очистку в циклонах, кассетах и по воздухоподаточным трубам подводится к цилиндрам двигателя. Часть воздуха вместе с пылью из пылесборника выбрасывается в атмосферу через систему эжекционного отсоса пыли.

7.1.3 Устройство и работа системы питания воздухом двигателя 5Д20-240

На двигателе 5Д20-240 установлена система питания воздухом с двухступенчатым воздухоочистителем.

1-я ступень – инерционная очистка воздуха в блоке циклонов с эжекционным отсосом пыли из пылесборника циклонов за счет разрежения, создаваемого выхлопными газами.

2-я ступень – масляно-контактная очистка воздуха в трех кассетах.

Состоит из следующих основных частей (рисунок 7.3):

- воздухозаборное устройство;
- воздухоочиститель (блок циклонов 4 и три кассеты 5);
- система эжекционного отсоса пыли;
- воздухоподаточная труба 8;
- 2-х впускных коллекторов.

Воздухозаборное устройство предназначено для забора воздуха из атмосферы при движении машины на суше или из боевого отделения машины при движении ее на плаву. Оно смонтировано сверху над воздухоочистителем и состоит:

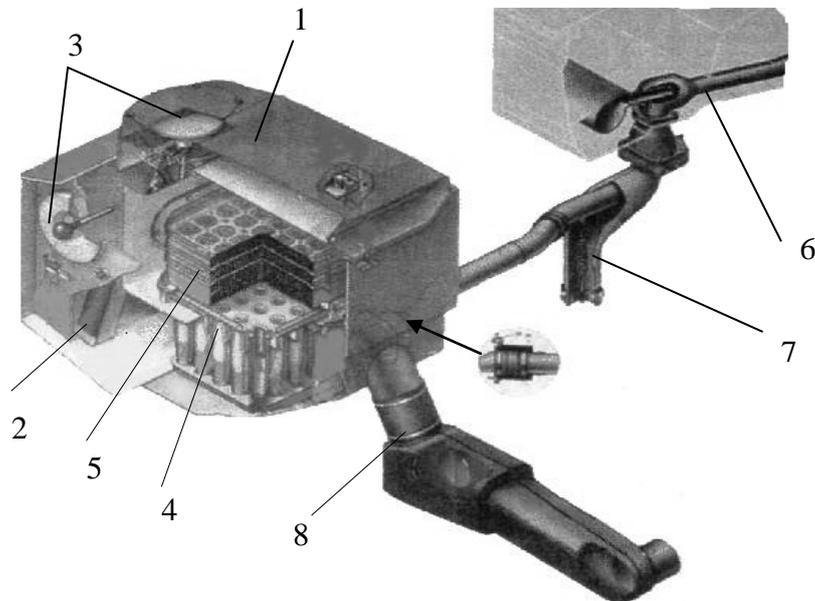
- из съемной крышки-патрубка 1;
- 2-х клапанов забора воздуха из атмосферы и из боевого отделения машины 3;
- стопорного устройства клапанов;
- радиатора подогрева всасываемого двигателем воздуха 2;
- воздушной камеры неочищенного воздуха.

Съемная крышка-патрубок предназначена для забора воздуха из атмосферы при работе двигателя на суше и направления его к клапану забора воздуха из атмосферы. Крышка снаружи закрыта предохранительной сеткой.

Клапан забора воздуха из атмосферы смонтирован в корпусе машины справа от воздухоочистителя под крышкой-патрубком. Валик клапана внизу имеет две проточки для входа в них фиксаторов клапана.

Верхнее положение – клапан открыт, нижнее положение – клапан закрыт.

Клапан забора воздуха из боевого отделения смонтирован на моторной перегородке в правом углу боевого отделения. Он обеспечивает забор воздуха из боевого отделения при работе машины на плаву, чем исключает попадание воды в цилиндры через воздухоочиститель и предотвращает гидроудар.



1 – съемная крышка-патрубок; 2 – радиатор подогрева воздуха; 3 – клапан забора воздуха; 4 – блок циклонов; 5 – кассеты; 6 – сливной клапан; 7 – водосборник; 8 – воздухоподаточная труба

Рисунок 7.3 – Система питания двигателя воздухом БМД-2, БМД-1п

Он состоит: из клапана с тягой, седла клапана с уплотнительным кольцом и рукоятки клапана. Тяга клапана связана шарнирно с двуплечим рычагом, второй конец двуплечего рычага связан с валиком клапана забора воздуха из атмосферы, то есть оба клапана, кинематически связаны между собой, и когда один закрыт, то второй открыт.

Стопорное устройство предназначено для длительной фиксации клапанов в открытом или закрытом положении. Состоит: из фиксатора с пружиной, троса привода фиксатора с кольцом и ограничительной скобы кольца.

Радиатор подогрева всасываемого воздуха предназначен для подогрева воздуха, всасываемого двигателем при его работе, что исключает жесткую работу двигателя зимой. Он установлен в нижней части воздушной камеры перед циклонами. Через него проходит весь воздух, идущий в двигатель.

Воздухоочиститель предназначен для очистки поступающего в цилиндры двигателя воздуха от пыли.

Первая ступень воздухоочистителя представляет собой блок из 30 циклонов с общим пылесборником. Работают все циклоны одновременно и параллельно. Блок циклонов представляет собой единую деталь, установленную в нижней части отсека корпуса машины. Блок делит отсек пополам. Внизу под блоком полость неочищенного воздуха, а сверху над циклонами очищенного.

Каждый циклон (рисунок 7.4) состоит из конусной трубки с входным и выходным отверстиями. Конусная трубка нижней частью соединяется общим пылесборником всего блока. В верхнюю часть вварена трубка отвода очищенного воздуха меньшего диаметра, чем конусная трубка.

Воздухоприточная трубка циклона с входным отверстием вварена в конусную трубку тангенциально к ее образующей, что создает завихрение воздуха, входящего в циклон.

Из пылесборника пыль отсасывается и выбрасывается в атмосферу через правый эжектор.

Вторая ступень воздухоочистителя представляет собой масляно-контактную ступень, состоящую из трех кассет. В качестве фильтрующей набивки (типа «Канитель») в кассетах используется стальная гофрированная проволока. Две верхних кассеты промасливаются перед установкой на место, а нижняя должна быть сухой. Это исключает попадание масла в циклоны.

Воздух, проходящий через кассеты, последовательно снизу вверх контактирует с проволочной набивкой и окончательно очищается от пыли.

Все детали воздухоочистителя расположены в специальном отсеке корпуса машины по правому борту сразу за моторной перегородкой.

Система эжекционного отсоса пыли предназначена для отсоса пыли из пылесборника циклонов и выброса ее из правого эжектора машины вместе с выхлопными газами.

Она смонтирована по правому борту машины сзади воздухоочистителя. Система состоит: из трубы отсоса пыли с манжетой и двумя дюритовыми шлангами на концах; водосборника; клапана пылеотсоса с приводом; эжектора отсоса пыли.

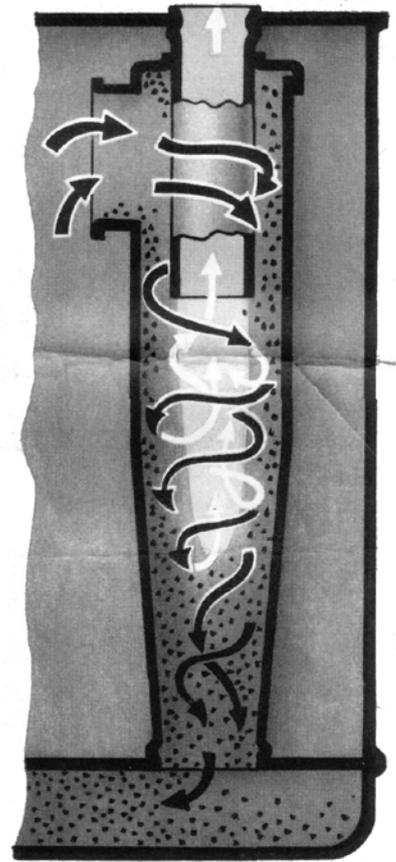


Рисунок 7.4 – Схема работы циклона

Водосборник предназначен для сбора воды, просочившейся через клапан пылеотсоса при мойке машины или во время остановки двигателя на плаву. Установка водосборника исключает попадание воды в блок циклонов, а оттуда в цилиндры двигателя.

При попадании воды в водосборник она в нем накапливается, под ее тяжестью открывается клапан, и она сливается в корпус машины.

Клапан пылеотсоса предназначен для предотвращения попадания воды из коробки правого эжектора машины в двигатель, где через воздухоочиститель при мойке машины с неработающим двигателем и при внезапной остановке двигателя на плаву.

Клапан пылеотсоса установлен в кормовой части машины под правым эжектором.

Он состоит: из корпуса, рычага с клапаном, седла клапана, коробки клапана и рычага привода клапана.

К рычагу привода клапана шарнирно крепится тяга от правого гидроцилиндра МЗД (механизм защиты двигателя от попадания воды). Тяга имеет регулировочную муфту.

Эжектор отсоса пыли предназначен для создания разрежения в системе отсоса пыли.

Эжектор установлен в кормовой части машины справа внутри основного правого эжектора системы охлаждения двигателя. В переднюю часть эжектора вставлено одно сопло глушителя двигателя.

Плотность отсека воздухоочистителя, где собирается очищенный воздух, имеет специальный выход к воздухоподаточной трубе в виде патрубка. Он приварен к корпусу машины и обращен в сторону двигателя. В нем вварен штуцер для забора чистого воздуха к компрессору.

Работа системы. В работе системы можно выделить два режима.

1-й режим – машина движется на суше. Забор воздуха идет из атмосферы через съемную крышку-патрубок и открытый клапан забора воздуха. Через них воздух попадает в воздушную камеру воздухоочистителя.

2-й режим – машина движется на плаву. Забор воздуха в воздушную камеру происходит через открытый клапан в правом углу боевого отделения.

При работе двигателя (рисунок 7.5) воздух за счет разрежения, создаваемого в цилиндрах двигателя поршнями, из воздушной камеры забирается непосредственно снаружи машины (при движении на плаву из боевого отделения). Проходит через радиатор (зимой, когда он подключен к системе охлаждения, воздух подогревается), а затем последовательно проходит очистку в циклонах, кассетах, а потом по воздухоподаточным трубам подводится к цилиндрам двигателя. Часть воздуха вместе с пылью из

пылесборника выбрасывается в атмосферу через систему эжекционного отсоса пыли.

Анализ боевых действий в Чеченской республике показывает, что у боевых машин пехоты [БМП-2](#) наибольшее число отказов приходится на силовую установку (37,5 %), разрушение уплотнения головки блока. Это происходит из-за попадания воды в цилиндры двигателя во время мойки машины, то есть клапан пылеотсоса на [БМД-2](#) закрывается вручную, а механики-водители забывают его закрывать, и вода через систему эжекционного отсоса пыли попадает в цилиндр двигателя.

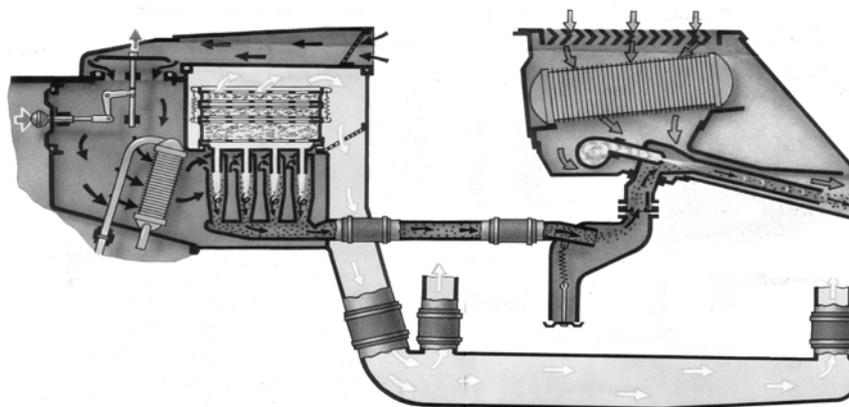


Рисунок 7.5 – Схема работы системы питания двигателя БМД воздухом

7.1.4 Особенности системы питания воздухом БТР-Д

В системе питания воздухом [БТР-Д](#) конструктивные изменения внесены только в воздухозаборное устройство.

Вместо крышки-патрубка установлена просто крышка, на которой смонтирована воздухозаборная труба. Труба соединяется с крышкой шарнирно. На крыше машины с внутренней стороны в правом углу десантного отделения смонтирована рукоятка для подъема и опускания воздухозаборной трубы. При движении машины на суше воздухозаборная труба находится в горизонтальном положении и лежит на крыше машины. Перед входом машины в воду труба рукояткой поднимается и фиксируется в вертикальном положении. Рукоятка трубы имеет фиксатор, стопорящий трубу в горизонтальном и вертикальном положениях.

Из воздухозаборного устройства исключены оба клапана забора воздуха.

Изменена также конструкция воздушной камеры. На задней стенке воздушной камеры приварен козырек, а под козырьком в стенке выполне-

но отверстие, соединяющее воздушную камеру с отсеком для воздухоочистителя. Через это отверстие сливается вода из воздушной камеры через сливной клапан. В нижней части воздушной камеры горизонтально расположена решетка. Она способствует отделению воды от воздуха и предотвращает захват воды, скопившейся в нижней части воздушной камеры. При горизонтальном положении воздухозаборной трубы ее выходное отверстие защищено от грязи козырьком.

7.2 Назначение и общее устройство системы питания двигателя топливом

7.2.1 Классификация систем питания двигателя топливом

По способу смесеобразования двигатели делятся:

- на карбюраторные;
- инжекторные;
- дизели.

В **карбюраторной топливной системе** образования горючей смеси заключается в использовании специального устройства – **карбюратора**, в котором воздух смешивается с бензином в определенной пропорции.

Карбюраторные топливные системы были наиболее распространены до недавнего времени. Они более просты и дешевы по отношению к инжекторным, не требуют высококвалифицированного обслуживания во время эксплуатации, в ряде случаев более надежны.

Карбюраторная топливная система (рисунок 7.6) состоит: из топливного бака 1, топливного фильтра 2, топливного насоса 3, карбюратора 5, впускного трубопровода 6 и топливопроводов.

Во время работы двигателя под действием насоса 3 топливо из бака 1 через фильтр 2 подается к карбюратору 5. Там оно в определенной пропорции смешивается с воздухом, поступающим из атмосферы через воздухоочиститель 4. Образованная в карбюраторе горючая смесь по впускному трубопроводу 6 попадает в цилиндры двигателя.

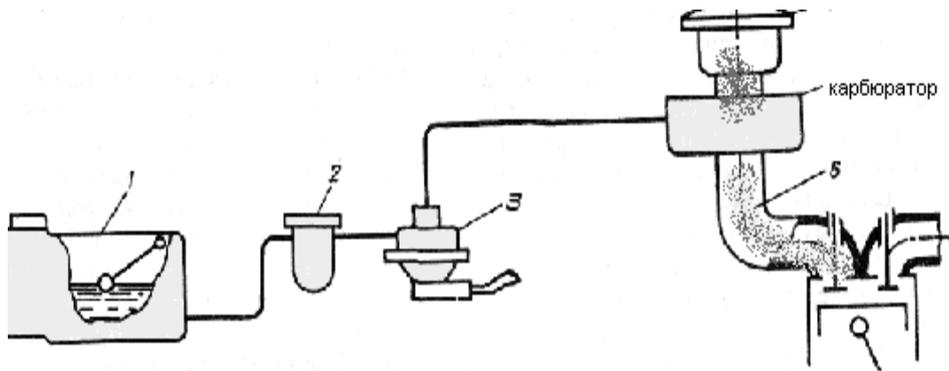


Рисунок 7.6 – Устройство карбюраторной топливной системы

В инжекторных топливных системах образование горючей смеси заключается в принудительном впрыске бензина во впускной коллектор двигателя через специальные форсунки (инжекторы). В последнее время все чаще, особенно на бензиновых двигателях легковых автомобилей, используется система питания с впрыскиванием бензина во впускной коллектор. Впрыск осуществляется с помощью специальных электромагнитных форсунок (инжекторов), установленных в головку блока около цилиндров и управляемых по сигналу от электронного блока. При этом отпадает необходимость в карбюраторе, так как горючая смесь образуется непосредственно во впускном коллекторе.

Различают **одноточечные** и **многоточечные** системы впрыска. В первом случае для впрыскивания топлива используется только одна форсунка, с ее помощью готовится рабочая смесь для всех цилиндров двигателя. Во втором случае число форсунок соответствует числу цилиндров двигателя. Они установлены в непосредственной близости от впускных клапанов и впрыскивают топливо в мелко распыленном виде прямо на наружные поверхности их головок.

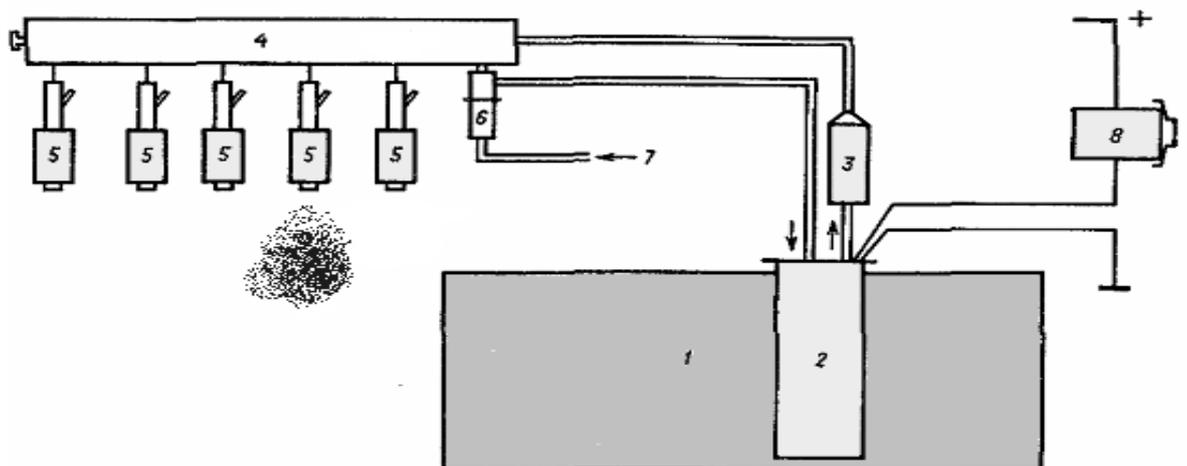


Рисунок 7.7 – Устройство инжекторной топливной системы

Атмосферный воздух, увлекаемый в цилиндры за счет разрежения в них во время тактов впуска, смывает частицы топлива с головок клапанов и способствует их испарению. Таким образом, непосредственно у каждого цилиндра готовится топливовоздушная смесь.

В двигателе с многоточечным впрыском (рисунок 7.7) при подаче электропитания к электрическому топливному насосу 2 через замок зажигания 8 бензин из топливного бака 1 через фильтр 3 подается в топливную рампу 4 (рампу инжекторов), общую для всех электромагнитных форсунок. Давление в этой рампе регулируется с помощью регулятора давления 6, который в зависимости от разрежения 7 во впускном патрубке двигателя часть топлива из рампы направляет обратно в бак. Понятно, что все форсунки находятся под одним и тем же давлением топлива в рампе. Когда требуется подать (впрыснуть) топливо, на обмотку электромагнита форсунки 5 от электронного блока системы впрыска в течение строго определенного периода времени подается электрический ток. Сердечник электромагнита, связанный с иглой форсунки, при этом втягивается, открывая тем самым путь топливу во впускной коллектор.

Продолжительность подачи электрической энергии к электромагниту форсунки, то есть, в конечном счете, продолжительность впрыска топлива регулируется электронным блоком. Программа электронного блока на каждом режиме работы двигателя обеспечивает оптимальную подачу топлива в цилиндры. Для того, чтобы идентифицировать режим работы двигателя и в соответствии с ним рассчитать продолжительность впрыска, в электронный блок подаются сигналы от различных датчиков. Они измеряют и преобразуют в электрические импульсы значения следующих параметров работы двигателя: угла поворота дроссельной заслонки, разрежения во впускном коллекторе, частоты вращения коленчатого вала, температуры всасываемого воздуха, температуры охлаждающей жидкости, концентрации кислорода в отработавших газах, атмосферного давления, напряжения аккумуляторной батареи и др.

По сравнению с карбюраторными двигателями двигатели с впрыском бензина имеют ряд неоспоримых преимуществ. У них топливо распределяется по цилиндрам более равномерно, что повышает экономичность двигателя и уменьшает его вибрацию. Вследствие отсутствия карбюратора уменьшается сопротивление впускной системы и улучшается наполнение цилиндров. Появляется возможность несколько повысить степень сжатия, так как состав смеси в цилиндрах более однородный. Достигается оптимальная коррекция состава смеси при переходе с одного режима на другой, и обеспечивается лучшая приемистость двигателя. В отработавших газах содержится меньше вредных веществ. Вместе с тем, системы питания с

впрыском бензина имеют и недостатки. Они сложны и поэтому относительно дороги. Обслуживание таких систем требует специальных диагностических приборов и приспособлений.

В системах питания дизеля отличительной особенностью является то, что топливо впрыскивается непосредственно в камеру сгорания, и смешение происходит непосредственно в цилиндрах двигателя

7.2.2 Назначение и общее устройство системы питания дизеля топливом

Система питания дизеля топливом предназначена:

- для хранения и транспортировки возимого запаса топлива;
- очистки топлива от механических примесей и воды;
- подачи и впрыска топлива в мелкораспыленном состоянии, в строго определенных моменты, одинаковыми, точно отмеренными порциями в цилиндры двигателя в соответствии с нагрузкой на него.

Система питания топливом дизеля включает:

- топливную систему низкого давления;
- топливную систему высокого давления;
- дренажную систему (рисунок 7.8).



Рисунок 7.8 – Состав топливной системы дизеля

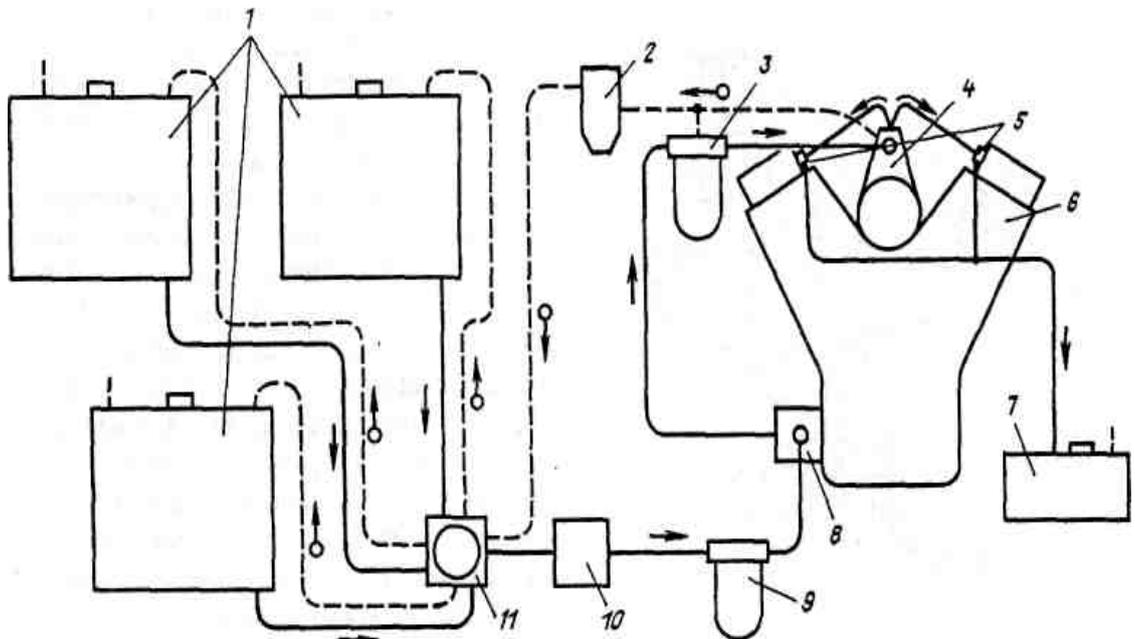
В топливную систему низкого давления входят (рисунок 7.9) узлы, размещенные, как правило, вне двигателя, в топливную систему высокого давления входят узлы, установленные на двигателе. К первым относятся топливные баки 1 и 7, предпусковой топливоподкачивающий насос 10, распределительный кран 11, топливопроводы низкого давления, топливоподкачивающий насос 8 и некоторые другие. Ко вторым в первую очередь относятся топливный насос высокого давления (ТНВД) 4, форсунки 5 и

топливопроводы высокого давления. При работе двигателя топливо из топливных баков 1 забирается основным топливоподкачивающим насосом 8 и под давлением 0,05–0,1 МПа подается к ТНВД 4. По пути из баков 1 к насосу 8 топливо проходит через топливораспределительный кран 11, предпусковой топливоподкачивающий насос 10 и фильтр грубой очистки 9. Если на машине установлен только один топливный бак или несколько баков, сообщающихся между собой, топливораспределительный кран отсутствует. Перед поступлением в ТНВД 4 из насоса 8 топливо очищается от мельчайших примесей в фильтре тонкой очистки 3.

Нагнетательные секции ТНВД 4, приводимого в действие от коленчатого вала двигателя, в определенные моменты, согласно рабочему циклу и порядку работы двигателя, подают топливо под высоким давлением (до 20 МПа и более) и в необходимом количестве к форсункам 5. Через форсунки, ввернутые в головку блока цилиндров, топливо впрыскивается в камеры сгорания в те моменты, когда в цилиндрах завершается такт сжатия.

Перед пуском двигателя заполнение системы топливом и подача его к ТНВД осуществляются с помощью предпускового топливоподкачивающего насоса 10. После пуска этот насос не функционирует.

Если в ТНВД и трубопроводы высокого давления, соединяющие его с форсунками, попадает воздух, подача топлива в цилиндры нарушается, следовательно, нарушается и нормальный режим работы двигателя.



Топливные трубопроводы показаны сплошными линиями, трубопроводы удаления воздуха из системы – штриховыми линиями

Рисунок 7.9 – Схема системы питания топливом дизельного двигателя

С целью предотвращения попадания воздуха в [ТНВД](#) на пути топлива к нему помещают воздухоотстойник, расположенный в самой высокой точке системы. Обычно воздухоотстойник размещают в крышке фильтра тонкой очистки 3. Перед пуском двигателя в случае необходимости скопившийся в воздухоотстойнике воздух отводят в воздушные полости топливных баков 1 через кран (клапан) выпуска воздуха 2. Для этого при неработающем двигателе открывают кран (клапан) 2 и с помощью предпускового насоса 10 прокачивают систему. Топливо в этом случае вытесняет воздух из воздухоотстойника в воздушную полость топливного бака через топливораспределительный кран 11 (как на рисунке 7.9) или напрямую.

Топливо, просачивающееся в форсунках между иглами и распылителями, отводится по сливным трубопроводам в специальный бачок 7 или в какой-нибудь основной топливный бак.

Система, предназначенная для отвода воздуха и излишков топлива, называется **дренажной системой**.

7.2.3 Марки применяемых топлив

Дизельное топливо является одним из продуктов переработки нефти. В своем составе оно содержит различные углеводороды (парафины, нефтены, ароматические и т.д.). Число атомов углерода, входящих в молекулы в дизельном топливе, доходит до тридцати. Основное качество дизельного топлива – легкость воспламенения при соприкосновении с горячим воздухом. Это качество характеризуется цетановым числом. Чем выше цетановое число, тем менее стойки к окислению молекулы топлива, и тем легче оно воспламеняется. У дизельного топлива цетановое число лежит в пределах 40–50 (чаще всего 45). Важной характеристикой топлива также является его вязкость при различных температурах. Для обеспечения нормальной работы двигателя топливо не должно застывать при низкой температуре (до $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$). Кроме того, топливо должно быть нетоксичным, обладать антикоррозионными и смазочными свойствами и не должно создавать паровые пробки в топливопроводах при температуре до $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Дизельное топливо – основное по ГОСТ 305–82:

Летнее	Л-0,2-40	при температуре окружающего воздуха
	Л-0,5-40	5 $^{\circ}\text{C}$ и выше.
Зимнее	З-0,2 минус 35	при температуре ниже 5 $^{\circ}\text{C}$ до минус 20 $^{\circ}\text{C}$
	З-0,5 минус 35	
	З-0,2 минус 45	при температуре ниже 5 $^{\circ}\text{C}$ до минус 30 $^{\circ}\text{C}$
	З-0,5 минус 45	
Арктическое	А-0,2	при температуре от минус 30 $^{\circ}\text{C}$ до

А-0,4 минус 50 °С.

Дублирующее:

- керосины: ТС-1, Т-2;
- бензины: А-72, А-76, АИ-80, АИ-93.

7.2.4 Топливная система низкого давления

ТСНД предназначена для хранения, транспортировки возимого запаса топлива, очистки его от механических примесей, воды и подачи к [ТНВД](#).

Ко всем агрегатам и узлам системы питания предъявляются следующие основные требования:

- герметичность;
- малые масса и габариты;
- надежность;
- коррозионностойкость;
- малые гидравлические сопротивления;
- простота и низкая стоимость обслуживания.

Топливопроводы и агрегаты системы питания топливом должны быть расположены в машине таким образом, чтобы при их неисправности капающее топливо не попадало на детали, имеющие температуру, способную вызвать его воспламенение.

Топливные баки предназначены для хранения и транспортировки возимого запаса топлива.

Они могут быть различных конфигураций и объемов в зависимости от конструкции конкретной машины. Общий объем топливных баков определяется заданным запасом хода машины (обычно не менее 500 км). Изготавливаются баки чаще всего из листовой стали или высокопрочного пластика, стойкого к воздействию химически активного топлива. Для предотвращения коррозии внутренние поверхности стальных баков покрывают бакелитовым лаком, оцинковывают или лудят. С целью увеличения жесткости баков на их стенках иногда выштамповывают желоба (зиги), а внутри устанавливают несплошные перегородки. Кроме повышения жесткости перегородки уменьшают площадь свободной поверхности топлива и его колебания во время движения машины. Заливные горловины топливных баков обычно снабжаются сетчатыми фильтрами. В нижней части баков имеются отстойники. Если бак имеет значительный объем, слив топлива осуществляется через отверстие с пробкой и шариковым клапаном, расположенное выше отстойника. В этом случае используется специальный ключ-трубка со шлангом. Воздушное пространство баков соединяется с

атмосферой через дренажные трубки или другие специальные устройства, которые должны исключать возможность попадания огня во внутреннюю полость бака и вытекания топлива при резких толчках машины, а также (по возможности) обеспечивать очистку воздуха, поступающего в баки. Для замера количества топлива в баках раньше применялись измерительные стержни. В настоящее время для этой цели чаще всего используются электрические датчики поплавкового типа, посылающие электрический сигнал, пропорциональный уровню топлива, к соответствующему указателю на приборной панели машины.

Топливоподкачивающий насос обеспечивает бесперебойную подачу топлива из баков к **ТНВД** при работающем двигателе.

Он обычно приводится в действие от коленчатого или распределительного вала двигателя. Может применяться и автономный электродвигатель, питаемый от генератора машины. Применение электропривода обеспечивает равномерную подачу топлива независимо от частоты вращения коленчатого вала и возможность аварийного отключения всей системы. Существуют различные конструкции топливоподкачивающих насосов.

Они могут быть: шестеренными, плунжерными (поршневыми), колесного (пластинчатого) типа.

Чаще всего применяются плунжерные и колесные насосы.

Плунжерный топливоподкачивающий насос (рисунок 7.10) состоит из корпуса 4; плунжера 6 с пружиной 5; толкателя 9 с роликом 10; пружины 8, штоком 7; клапанов – впускного 3 и нагнетательного 2 с пружинами. Толкатель с плунжером могут перемещаться вверх-вниз. Перемещение вверх происходит за счет поворота эксцентрика 11, изготовленного как одно целое с кулачковым валом ТНВД; перемещение вниз осуществляется за счет пружин 5 и 8. При сбегаии выступа эксцентрика с ролика толкателя плунжер под действием пружины 5 перемещается вниз, вытесняя топливо под ним по каналу 1 в нагнетательную магистраль насоса. В это время нагнетательный клапан 2 закрыт, а впускной 3 под действием разрежения над плунжером – открыт, и топливо поступает из впускной магистрали в надплунжерную полость. При движении толкателя и плунжера вверх впускной клапан закрывается под действием давления топлива, а нагнетательный наоборот открывается, и топливо из надплунжерной полости поступает по каналу 1 в нижнюю камеру под плунжером. Таким образом, нагнетание топлива происходит только при движении плунжера вниз. Если подачу топлива в цилиндры двигателя уменьшают, в выпускном трубопроводе насоса, а, значит, и в полости под плунжером давление возрастает. В этом случае плунжер не может переместиться вниз даже под действием пружины 5, и толкатель со штоком перемещается вхолостую. По мере расхода

топлива давление в нагнетательной полости понижается, и плунжер под действием пружины 5 опять начинает перемещаться вниз, обеспечивая подачу топлива.

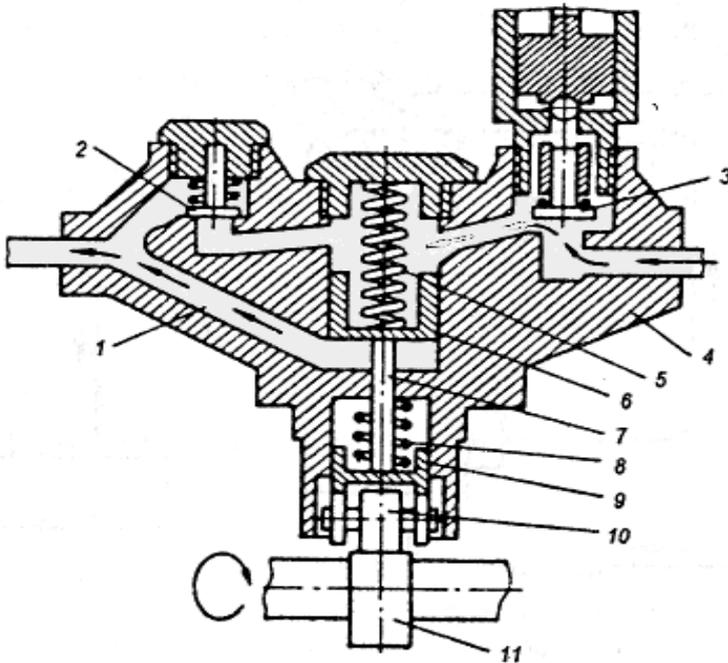


Рисунок 7.10 – Схема плунжерного топливоподкачивающего насоса

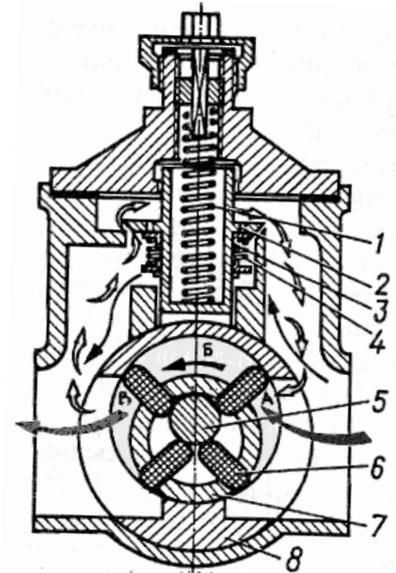


Рисунок 7.11 – Схема коловратного топливоподкачивающего насоса

На мощных быстроходных дизельных двигателях применяются в основном топливоподкачивающие насосы коловратного (пластинчатого) типа (рисунок 7.11). Ротор 7 насоса приводится во вращение от коленчатого вала двигателя. В роторе сделаны прорезы, в которые вставлены пластины 6. Одним (наружным) концом пластины скользят по направляющей стакана 8, а другим (внутренним) – по окружности плавающего пальца 5, расположенного эксцентрично относительно оси ротора. При этом они то выдвигаются из ротора, то вдвигаются в него. Ротор и пластины делят внутреннюю полость стакана 8 на камеры А, Б и В, объемы которых при вращении ротора непрерывно меняются. Объем камеры А увеличивается, поэтому в ней создается разрежение, под действием которого топливо засасывается из впускной магистрали. Объем камеры В уменьшается, в ней создается давление и топливо вытесняется в нагнетательную полость насоса. Топливо, находящееся в камере Б, переходит от входного отверстия стакана к выходному. При повышении давления в нагнетательной полости до определенной величины открывается редукционный клапан 2, преодолевая усилие пружины 1, и излишек топлива перепускается обратно во впускную полость насоса. Поэтому в нагнетательной полости и выпускном трубопроводе поддерживается постоянное давление. Перед пуском, когда

двигатель, а, следовательно, и основной топливоподкачивающий насос не работают, топливо через него прокачивается предпусковым топливоподкачивающим насосом. В этом случае открывается перепускной клапан 3, преодолевая усилие пружины 4. В закрытом положении тарелка этого клапана перекрывает отверстия в тарелке редукционного клапана.

Топливозакачивающий насос предназначен для заполнения системы топливом и удаления воздуха из нее перед пуском двигателя, а также для откачки топлива из баков. Ранее были широко распространены насосы плунжерного и диафрагменного (мембранного, рисунок 7.12) типа с ручным приводом. Однако в настоящее время все чаще применяются центробежные (рисунок 7.13) крыльчатые насосы с приводом от электродвигателя, питаемого электрической энергией аккумуляторной батареи. Они обеспечивают более быструю прокачку топлива, не требуют затрат мускульной энергии механика-водителя и могут, как правило, использоваться в качестве аварийных при отказе основного топливоподкачивающего насоса.

Очистка топлива от механических примесей и воды происходит в **фильтрах грубой и тонкой очистки** (рисунок 7.14).

Фильтр грубой очистки устанавливается перед основным топливоподкачивающим насосом и задерживает частицы размером 20–50 мкм, которые составляют 80–90 % всех примесей по весу.

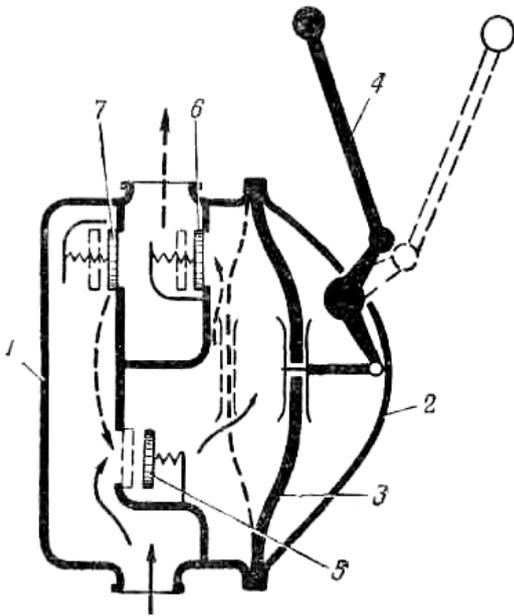


Рисунок 7.12 – Мембранный топливоподкачивающий насос

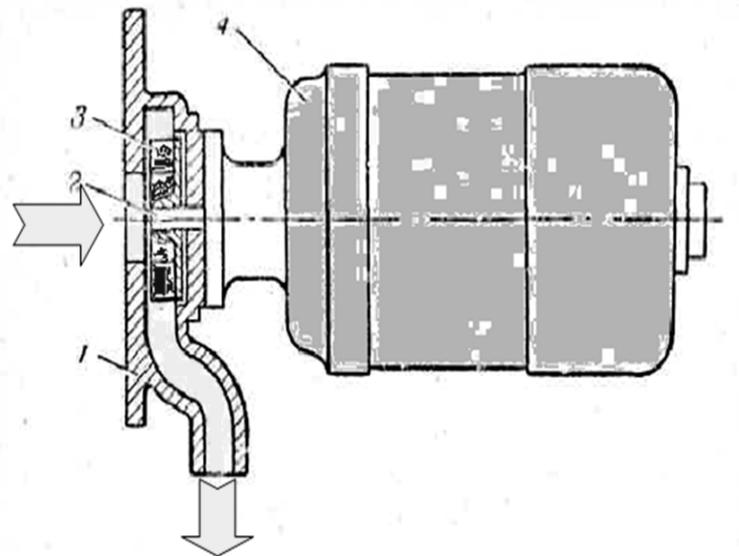


Рисунок 7.13 – Электроцентробежный топливоподкачивающий насос

Фильтр тонкой очистки устанавливается между основным топливоподкачивающим насосом и ТНВД. Он задерживает примеси размером 2–20 мкм.

В настоящее время в силовых установках с дизельными двигателями применяют следующие типы фильтров грубой очистки:

- ленточно-щелевые;
- пластинчато-щелевые;
- сетчатые;
- из хлопчато-бумажного шнура.

В **ленточно-щелевом фильтре** фильтрующим элементом служит гофрированный стакан с намотанной на него профильной лентой. Через щели между витками ленты, образованными за счет ее выступов, топливо из пространства вокруг фильтрующего элемента попадает во впадины между гофрированным стаканом и лентой, а затем – в полость между дном и крышкой стакана, откуда удаляется через выпускной трубопровод.

Фильтрующий элемент **пластинчато-щелевого фильтра** представляет собой полый цилиндр, составленный из одинаковых кольцевых дисков с отгибными выступами. За счет этих выступов между дисками образуются зазоры. Топливо поступает к наружным и внутренним поверхностям цилиндра и, проходя через щели между дисками, очищается. Очищенное топливо через торцевые отверстия в дисках направляется в верхнюю часть фильтра к выходному отверстию.

У **сетчатых фильтров** фильтрующим элементом является металлическая сетка. Сетка может образовывать концентрично расположенные цилиндры, через стенки которых продавливается топливо, или дискообразные секции, нанизанные на центральную трубу с отверстиями в стенке, соединенную с выходным трубопроводом.

Очень часто фильтр грубой очистки совмещен с отстойником для воды, находящейся в дизельном топливе. В этом случае необходимо периодически отворачивать пробку отстойника для удаления из него скопившейся воды.

В фильтрах тонкой очистки в качестве фильтрующих элементов чаще всего используются картонные элементы типа «многолучевая звезда» или пакеты из картонных и фетровых дисков. Реже применяются каркасы с адсорбирующей механические примеси набивкой (например, минеральной ватой), каркасы с тканевой или нитчатой обмоткой и так далее.

Во время эксплуатации машины топливные фильтры загрязняются, увеличивается их сопротивление. Чтобы подача топлива к **ТНВД** не прекратилась из-за загрязнения фильтров, фильтр грубой очистки надо периодически промывать, а фильтрующий элемент фильтра тонкой очистки заменять новым.

7.2.5 Топливная система высокого давления

ТСВД предназначена для подачи под высоким давлением и впрыска топлива в мелкораспыленном состоянии, в строго определенные моменты, одинаковыми, точно отмеренными порциями в цилиндры двигателя в соответствии с нагрузкой на него.

Работа ТСВД характеризуется следующими особенностями:

- скоротечностью процесса ($v_{пр} = 20-35^\circ$ по углу поворота коленвала, а время впрыска составляет 0,0015–0,003 с), при котором трудно обеспечить заданное давление и необходимую продолжительность впрыскивания (большая продолжительность приводит к переносу сгорания в такт расширения и ухудшения экономичности двигателя);

- малыми порциями впрыскиванием топлива (10–220 мм³/цикл) и точным регулированием их;

- большой частотой действия, обуславливающей появление в системе инерционных явлений в процессе впрыскивания;

- высокими давлениями впрыскивания.

Все ТСВД в зависимости от способа подачи и распыливания топлива подразделяют:

- на непосредственного действия;

- аккумуляторные.

В системах непосредственного действия впрыскивание топлива форсункой происходит во время нагнетательного хода плунжера [ТНВД](#).

В аккумуляторных системах впрыскивание топлива осуществляется за счет энергии, аккумулированной до начала впрыскивания.

ТСВД непосредственного действия классифицируются (рисунок 7.15):

- на разделенного типа – включает в себя ТНВД и форсунки;

- неразделенного типа – насос и форсунка объединены в одном узле (насос-форсунке);

- с автономным ТНВД (для каждого цилиндра);

- с многосекционным ТНВД – с рядным или V-образным ТНВД.

Топливная система высокого давления разделённого типа с многосекционным ТНВД состоит:

- из топливного насоса высокого давления;

- форсунки;

- автоматической муфты опережения впрыскивания топлива;

- всережимного регулятора частоты вращения.



Рисунок 7.15 –Классификация топливных систем высокого давления

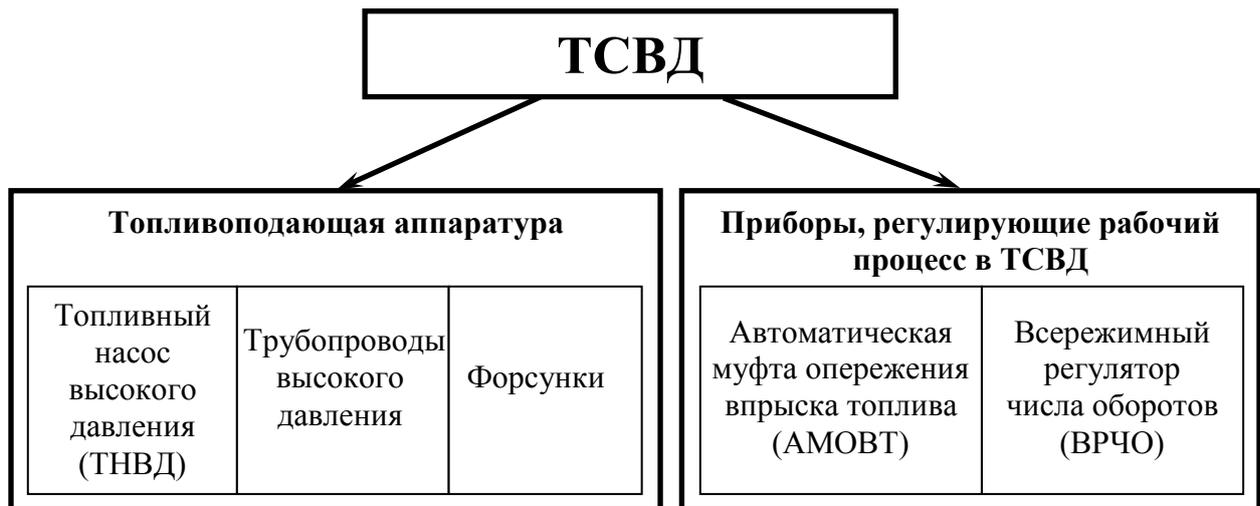


Рисунок 7.16 – Состав топливной системы высокого давления

Топливный насос высокого давления (ТНВД) (см. рисунок 7.16) предназначен для точной дозировки и подачи топлива в форсунки 5 под необходимым давлением и в определенный момент.

В рядных двигателях он установлен сбоку от двигателя на верхней половине его картера. У V-образных двигателей он установлен в развале цилиндров. Существует множество типов ТНВД. В частности, на дизели сравнительно небольшой мощности, предназначенные для легковых автомобилей, чаще устанавливаются ТНВД распределительного типа с одним нагнетающим плунжером-распределителем. Однако мощные многоцилиндровые дизели чаще всего оборудованы многоплунжерными насосами.

Для того, чтобы топливо, подаваемое в цилиндры, успевало своевременно сгорать, и двигатель развивал наибольшую мощность, необходимо при росте частоты вращения коленчатого вала несколько увеличивать угол опережения впрыскивания топлива. Регулирование опережения впрыска у насосов с механическим управлением обеспечивается специальной **центробежной муфтой**, которая устанавливается в корпусе **ТНВД** и пропорционально частоте вращения коленчатого вала смещает на некоторый угол кулачковый вал насоса в направлении его вращения.

С ТНВД соединен механизм **всережимного регулятора**. Он автоматически с помощью педали подачи топлива (акселератора) поддерживает заданную водителем частоту вращения коленчатого вала, устанавливает минимальную частоту на холостом ходу, а также ограничивает максимальную частоту. Механизм регулятора представляет собой систему тяг, пружин и упоров, связанных с зубчатой рейкой ТНВД и перемещающихся пропорционально частоте вращения кулачкового вала.

Форсунка вворачивается в головку блока и служит для подачи топлива в цилиндр двигателя с высоким давлением в мелкораспыленном виде.

Совместная работа ТНВД и форсунки. В исходном положении, когда кулачок вала ТНВД не набегаёт на толкатель насосной секции, плунжер пружиной толкателя отодвинут в сторону кулачкового вала ТНВД. Торцевой плунжер находится ниже отверстия гильзы плунжера и в надплунжерное пространство данной секции поступает топливо из системы питания.

В форсунке пружина иглы через штангу прижимает иглу к отверстиям распылителя, и топливо не имеет выхода в цилиндр.

В нагнетательном клапане ТНВД игла клапана под действием пружины перекрывает канал для прохода топлива в трубопровод высокого давления. Регулировка пружины иглы этого клапана обеспечивает поддержание в трубопроводе давления примерно $130\text{--}150\text{ кгс/см}^2$.

При рабочем ходе плунжера насосной секции, когда кулачок вала ТНВД набегаёт на толкатель, в момент перекрытия торцом плунжера отверстий гильзы над плунжером резко повышается давление топлива. При достижении давления $130\text{--}150\text{ кгс/см}^2$, преодолевая сопротивление пружины, сдвинется игла нагнетательного клапана и топливо под высоким давлением устремится к форсунке.

В форсунке топливо пройдет по вертикальному каналу, надавит на конус иглы и при достижении давления 250 кгс/см^2 поднимет ее, преодолевая сопротивление пружины. Топливо под большим давлением через отверстия распылителя устремится в цилиндр двигателя.

Как только отсечная кромка плунжера откроет перепускное отверстие гильзы, давление резко падает, и при достижении 250 кгс/см^2 , закрывается игольчатый клапан форсунки и впрыск топлива прекращается, топливо из трубопровода высокого давления через нагнетательный клапан сливается в топливные каналы [ТНВД](#), а при снижении давления до $130\text{--}150 \text{ кгс/см}^2$ слив топлива прекращается.

Часть топлива, просочившегося между иглой распылителя и корпусом форсунки, поднимается вверх и через дренажную систему отводится в левый бак.

Лишнее топливо из каналов корпуса ТНВД сольется в правую группу баков через обратный клапан фильтра тонкой очистки топлива.

Топливорегулирующая аппаратура дизеля. Необходимость изменения цикловой подачи топлива обусловлена тем, что двигатели боевых и транспортных машин работают при переменных скоростных и нагрузочных режимах. Скоростные режимы ограничены верхним (максимальным) и нижним (минимальным) числом оборотов. Верхний предел ограничивается допустимыми значениями инерционных нагрузок и качественным протеканием рабочего процесса, нижний – наименьшими оборотами, при которых двигатель работает устойчиво.

Нагрузочный режим при каждом числе оборотов может изменяться от нуля (холостой ход) до максимального при данном скоростном режиме.

Работа двигателя при минимальных оборотах холостого хода в условиях эксплуатации может иметь место на кратковременных остановках машины, в процессе прогрева двигателя, при переключении передач и т.п. Поэтому важно, чтобы данный режим все время поддерживался устойчиво.

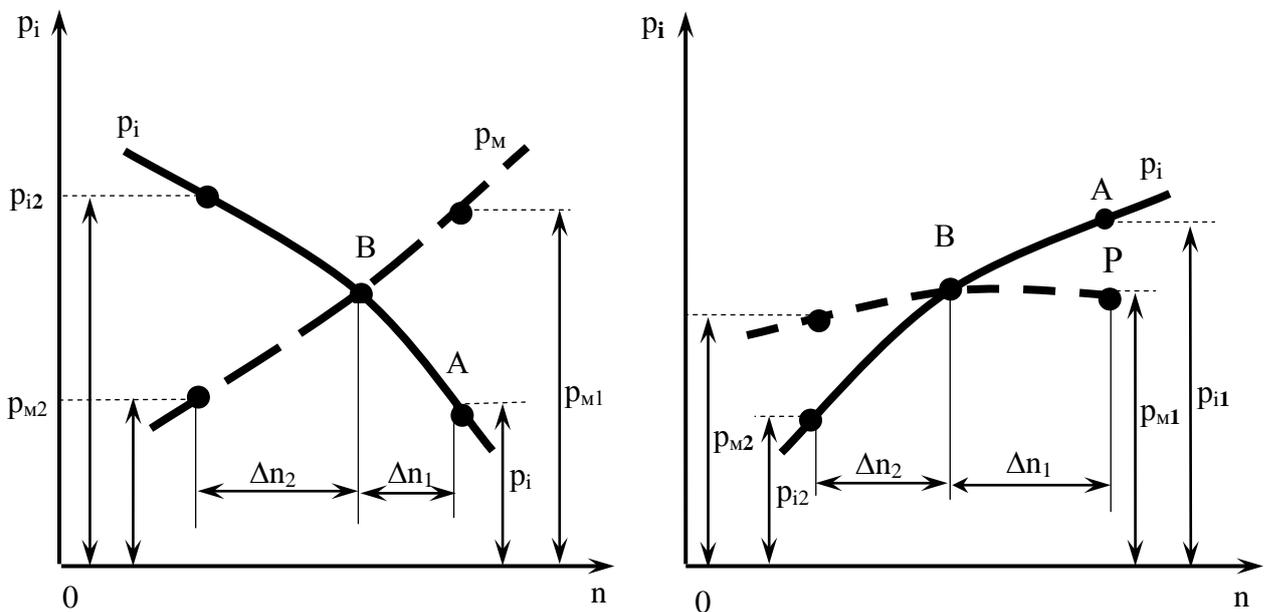
Установившийся режим работы двигателя характеризуется равенством индикаторного вращающего момента сумме моментов внутреннего и внешнего сопротивлений на данном скоростном режиме. На режиме холостого хода вся индикаторная мощность двигателя затрачивается на преодоление внутренних сопротивлений. Условием установившегося режима холостого хода является равенство среднего индикаторного давления p_i и некоторого условного давления p_m , характеризующего механические потери в двигателе ($p_i = p_m$). Если внутренние потери в двигателе по каким-либо причинам возрастут и обороты снизятся ниже допустимого предела, то двигатель может самопроизвольно заглохнуть. Для предотвращения этого необходима установка специального агрегата-регулятора, автоматически восстанавливающего установившийся скоростной режим. Нарушение установившегося режима определяется характером изменения p_i и p_m по оборотам. Рассмотрим два варианта изменения p_i и p_m .

Установившийся режим ($p_i = p_m$) имеет место при числе оборотов n_B , при котором характеристика $p_i = f(n)$ пересекает $p_m = f(n)$ в точке В. Нарушение установившегося режима работы двигателя вызывает отклонение числа оборотов вала в ту или другую сторону.

Для рисунка 7.17, а при $n_1 = n_B + \Delta n_1$, $p_{m1} > p_{i1}$, вследствие этого число оборотов уменьшается и равновесие устанавливается. При $n_2 = n_B - \Delta n_2$,

$p_{m2} < p_{i2}$, обороты – возрастают до n_B – равновесие восстанавливается.

Двигатель, у которого соблюдаются рассмотренные характеристики p_i и p_m по оборотам, работает устойчиво.



а) устойчивый режим работы двигателя
 p_i – среднее индикаторное давление;
 терь

б) неустойчивый режим работы двигателя
 p_m – среднее давление механических по-

Рисунок 7.17 – Определение устойчивости режима работы двигателя

Для рисунка 7.17, б, когда взаимное расположение зависимостей p_i и p_m по оборотам имеет вид, показанный на рисунке, режим работы двигателя будет неустойчивым. При $p_{m2} > p_{i2}$, обороты коленчатого вала уменьшаются и двигатель заглохнет, а при $p_{i1} > p_{m1}$, обороты возрастают и двигатель идет вразнос.

Режим равновесия не устанавливается.

Первый случай (рисунок 7.17, а) характерен для карбюраторного двигателя при работе его на минимальных оборотах холостого хода, второй (рисунок 7.17, б) – для дизеля.

При работе на минимальных оборотах холостого хода дизель неустойчив и нуждается в автоматических устройствах, а также необходимо ограничение максимального скоростного режима.

Таким образом, для дизеля необходим, по крайней мере, двухрежимный регулятор, который обеспечил бы устойчивую работу двигателя при минимальных оборотах холостого хода и ограничивал максимальное число оборотов.

7.3 Система питания топливом двигателя 5Д20-240

7.3.1 Устройство топливной системы низкого давления

Топливная система низкого давления (рисунок 7.18) [БМД-2](#) состоит:

- из топливных баков – трех (50 л + 110 л + 120 л);
- топливораспределительного крана;
- топливозакачивающего насоса (ЭЦН);
- топливоподкачивающего насоса;
- топливного фильтра грубой очистки;
- топливного фильтра тонкой очистки;
- обратного клапана;
- выключателя ЭЦН;
- топливопроводы низкого давления;
- сливного клапана.

Топливные баки предназначены для хранения и транспортировки возимого запаса топлива.

Левый бак – 120 л.

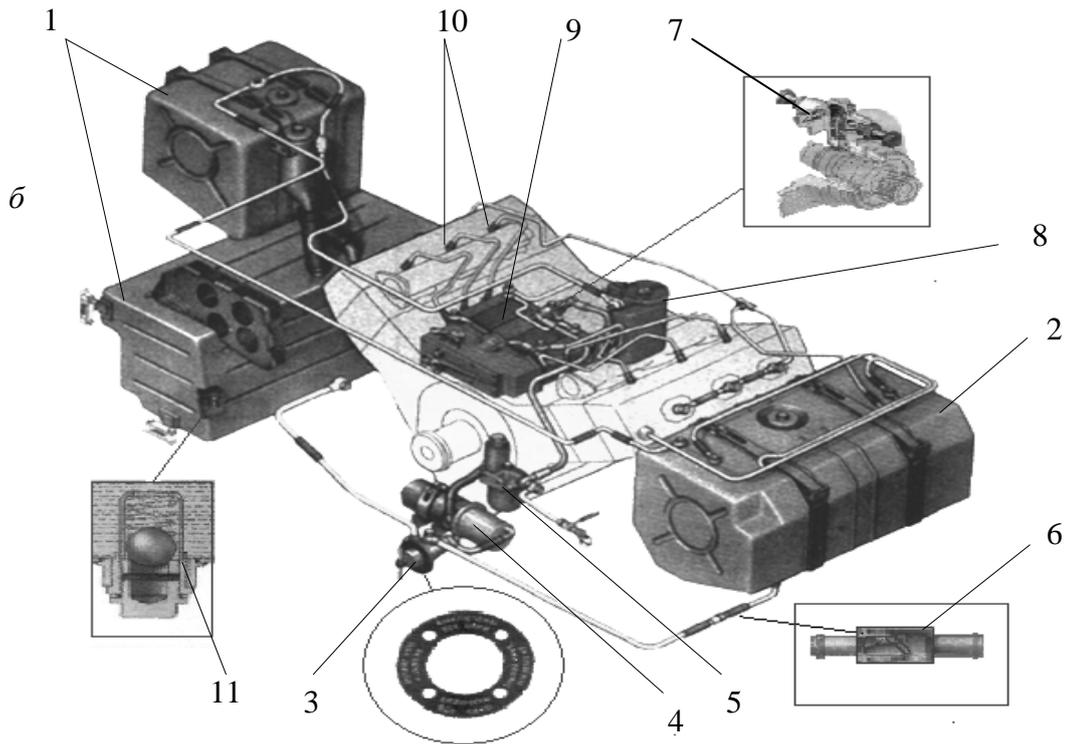
Правый нижний – 110 л.

Правый верхний – 50 л.

Баки выполнены из алюминиевых сплавов, сварные. Внутренние поверхности баков покрыты бакелитовым лаком. Для повышения жесткости снаружи

баков выполнены дуги, а внутри несплошные перегородки, которые, кроме того, уменьшают плескание топлива. Правые баки соединены последовательно между собой, в нижнем установлен сливной клапан.

В каждом баке установлена запорная горловина с сетчатым фильтром и пробкой.



1 – два правых топливных бака; 2 – левый топливный бак; 3 – топливораспределительный кран; 4 – топливозакачивающий насос; 5 – топливный фильтр грубой очистки; 6 – обратный клапан; 7 – топливоподкачивающий насос; 8 – фильтр тонкой очистки топлива с обратным клапаном; 9 – топливный насос высокого давления; 10 – форсунки; 11 – клапан слива топлива

Рисунок 7.18 – Система питания топливом двигателя БМД-2, БМД-1п

Топливозакачивающий насос (ЭЦН) предназначен для заполнения системы топливом и удаления воздуха из нее перед пуском двигателя, а также для откачки топлива из баков через патрубок на фильтре грубой очистки.

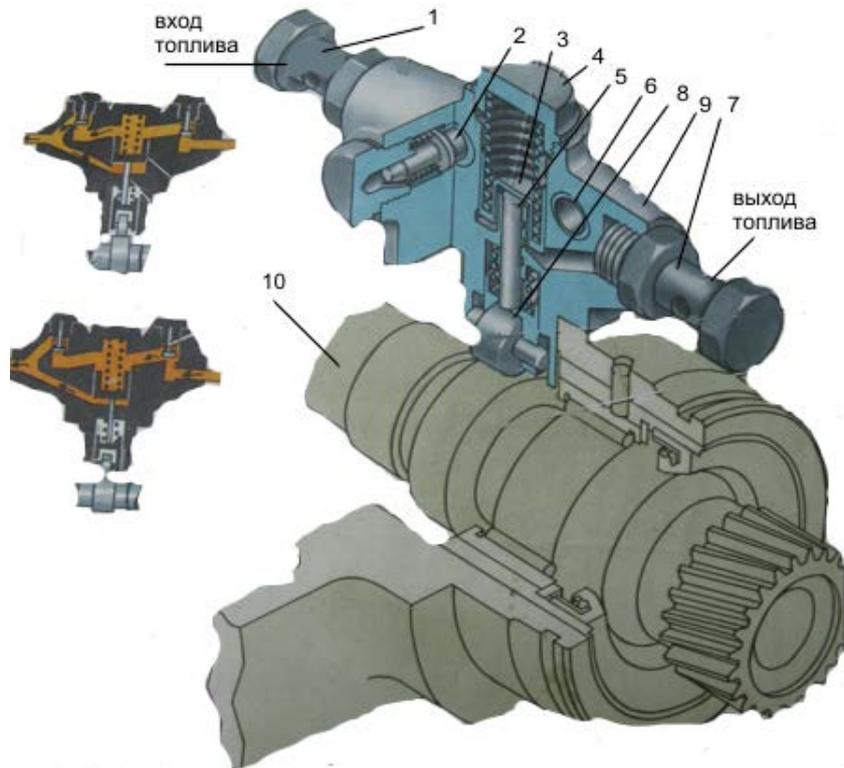
Характеристика: центробежного типа с приводом от электродвигателя.

Состоит: из электродвигателя; корпуса насоса; колпака; сетчатого фильтра; осевой и центробежная крыльчатки; патрубка слива топлива из насоса; уплотнения; деталей крепления.

Топливоподкачивающий насос предназначен для забора топлива из баков и подачи его под давлением $1,5-1,8 \text{ кгс/см}^2$ через топливный фильтр тонкой очистки к [ТНВД](#) при работающем двигателе.

Характеристика: поршневого типа, с приводом от эксцентрика кулачкового вала ТНВД (рисунок 7.19).

Установлен на верхней плоскости корпуса [ТНВД](#), он состоит: из корпуса; толкателя с роликом; поршня; двух пружин; впускного и перепускного клапанов; топливных каналов.



1 – зажим теплопровода подвода топлива; 2 – впускной клапан; 3 – поршень топливоподкачивающего насоса; 4 – пробка; 5 – шток (толкатель); 6 – седло перепускного клапана; 7 – зажим трубопровода отвода топлива; 8 – ролик; 9 – корпус насоса; 10 – кулачковый вал ТНВД

Рисунок 7.19 – Топливоподкачивающий насос

Топливный фильтр грубой очистки топлива предназначен для предварительной очистки топлива от механических примесей.

Характеристика: сетчатого типа.

Установлен в [МТО](#) на кронштейне, приваренном к поперечной балке передней опоры двигателя. Состоит: из корпуса; стакана со стрежнем; фильтрующего элемента; гайки; пружины; сальникового уплотнения; прокладки; патрубка для откачки топлива с помощью ЭЦН.

Топливный фильтр тонкой очистки предназначен для окончательной очистки топлива перед поступлением в ТНВД.

Установлен на двигателе в развале блок-картера.

Характеристика: сдвоенный, с войлочными и бумажными фильтрующими элементами. Его состав: корпус топливного фильтра; крышка; стяжной стержень с гайкой; пружина; сальник; тарель сальника; обрат-

ный клапан (0,2–0,5 кгс/см²); детали крепления и уплотнения; фильтрующий элемент.

Фильтрующий элемент состоит: из центрального стержня со стяжной гайкой; двух нажимных пластин; капронового чехла; входных проставок; выходных проставок; фильтрующих пластин (войлока или картона).

Топливораспределительный кран предназначен для переключения питания топливом двигателя с левого бака на правые и для включения и выключения всех баков от двигателя.

Установлен на нижней балке моторной перегородки.

Характеристика: пробкового типа. Состоит: из корпуса; пробки-крана с рукояткой; фиксатора с пружиной; сальника; гайки; прокладки.

Обратный клапан предназначен для предотвращения перетекания топлива из правой группы баков в левый и возможного вытекания его через фильтр дренажной системы при крене машины на левый борт.

Установлен в трубопроводе между топливным краном и левым баком.

Работа топливной системы низкого давления (работа перед запуском двигателя).

1-й режим – перед пуском двигателя после длительной стоянки, для удаления воздуха из системы и заполнения ее топливом необходимо прокачать систему с помощью топливозакачивающего насоса, для чего включить топливные баки, установив рукоятку топливораспределительного крана в одно из положений: **ВКЛЮЧЕНЫ ВСЕ БАКИ**, **ВКЛЮЧЕНЫ БАКИ ПРАВЫЕ**, **ВКЛЮЧЕН БАК ЛЕВЫЙ**, включить выключатель **ЭЦН** на центральном щитке механика-водителя. Напряжение от аккумуляторной батареи подается на электродвигатель топливозакачивающего насоса, который вступает в работу. В зависимости от положения топливораспределительного крана топливо будет забираться из соответствующих баков и последовательно проходить топливораспределительный кран, топливозакачивающий насос, топливный фильтр грубой очистки, топливоподкачивающий насос, топливный фильтр тонкой очистки и топливный насос высокого давления. Воздух, попавший в систему, будет вытесняться топливом из **ТНВД** и **ТФГО** и через обратный клапан по трубке дренажной системы вместе с избыточным топливом и отводиться в правую группу баков.

2-й режим – (при работе двигателя) вращающий момент от коленчатого вала двигателя через механизм передач и **АМОВТ** передается на кулачковый вал ТНВД и от его эксцентрика на топливоподкачивающий насос, который, забирая топливо из баков через топливораспределительный кран, **ФГОТ** нагнетает его к топливному насосу высокого давления. Топливный насос по трубкам высокого давления подводит топливо к форсун-

кам в определенных количествах в соответствии с порядком работы цилиндров двигателя. Основная часть топлива распыливается форсунками в цилиндрах двигателя. Незначительная часть топлива просачивается по зазору между иглой и корпусом распылителя форсунок и по трубкам дренажной системы отводится в левый бак.

Избыточное топливо, подаваемое в каналы топливного насоса высокого давления, по трубкам отводится в правую группу баков через обратный клапан топливного фильтра тонкой очистки. По мере выработки топлива, баки заполняются воздухом, который поступает в них через фильтр дренажной системы.

7.3.2 Дренажная система

Дренажная система предназначена для сообщения баков между собой и с атмосферой, а также удаления воздуха и излишков топлива от [ТНВД](#) и [ТФТО](#) в правые баки, а топлива, просочившегося от форсунок – в левый бак.

Система состоит:

- из трубопроводов, соединяющих левый бак с правым и левый бак с атмосферой через фильтр;
- трубопроводов, отводящих излишки топлива от ТНВД и ТФТО в правую группу баков;
- трубопроводов, отводящих топливо, просочившееся через зазор между игольчатым клапаном и распылителем форсунки, в левый бак.

Топливный насос высокого давления. ТНВД предназначен для подачи под высоким давлением в строго определенные моменты одинаковые, точно отмеренные порции топлива к форсунке каждого цилиндра, в соответствии с нагрузкой на двигатель.

Характеристика ТНВД: блочный, плунжерный, шестисекционный, с передаточным числом от коленчатого вала двигателя к кулачковому валу насоса 0,5.

Устройство ТНВД. Насос установлен в развале блок-картера двигателя на двух опорах и крепится к блоку двумя шпильками и разъемным бугелем. Шпильки вворачиваются непосредственно в блок-картер. Бугель установлен в месте соединения насоса с муфтой опережения впрыска. Верхняя крышка бугеля после установки насоса крепится к нижней опоре двумя шпильками и гайками. В одном корпусе с ТНВД смонтирован регулятор числа оборотов.

Привод кулачкового вала ТНВД осуществляется от автоматической муфты опережения впрыска топлива.

Каждая секция **ТНВД** соединяется трубопроводом высокого давления с определенной форсункой двигателя. Он состоит: из корпуса с двумя крышками; кулачкового вала; шести насосных секций; двух реек; щелевого масляного фильтра (калиброванного отверстия); шланга для подвода топлива; трубки для отвода топлива и воздуха; уплотнения и деталей крепления.

Корпус насоса изготовлен из легкого сплава, имеет по три канала с каждой стороны для установки насосных секций. В центральной части выполнен канал с двумя опорами для установки кулачкового вала. Для доступа к каждому блоку из 3-х секций в корпусе сверху выполнено окно, закрытое крышкой. Каждая крышка крепится двумя винтами, винты попарно контрятся проволокой и пломбируются. **Снимать пломбы и вскрывать крышки в эксплуатации запрещено.**

Сверху в корпус вворачивается **щелевой масляной фильтр или штуцер с калиброванным отверстием**, через который подается масло под давлением в корпус насоса из главной масляной магистрали двигателя. В дальнейшем масло из корпуса насоса сливается в картер двигателя через отверстие в нижней части корпуса и канал в блок-картере.

К передней стенке насоса болтами крепится корпус регулятора числа оборотов. На задней стенке корпуса выполнен цилиндрический выступ, которым корпус насоса входит в корпус муфты опережения впрыска.

Кулачковый вал насоса опирается на стенки корпуса через два шариковых подшипника, около каждой опоры установлена резиновая уплотнительная манжета.

Совместно с валом выполнены три кулачка и эксцентрик. Кулачки друг относительно друга смещены на угол 120° . Каждый кулачок действует на два толкателя по очереди. При вращении вала кулачки воздействуют на толкатели насосных секций. Эксцентрик приводит в действие топливоподкачивающий насос.

На торце вала со стороны регулятора числа оборотов выполнены треугольные шлицы, на которых устанавливается крестовина регулятора. Со стороны муфты опережения впрыска на валу выполнены спиральные шлицы, при помощи которых вал соединяется с муфтой опережения впрыска.

Устройство насосной секции. Насосная секция предназначена для подачи топлива под большим давлением к одной из форсунок. Каждая насосная секция соединяется с одной из форсунок двигателя трубопроводом высокого давления. Насосные секции установлены в специальных расточках корпуса насоса.

Насосная секция состоит: из толкателя в сборе; плунжерной пары; нагнетательного клапана.

Толкатель состоит: из ролика с осью; корпуса толкателя; регулировочного болта с контргайкой; возвратной пружины; двух тарелей.

В отверстие тарели входит пятка плунжера. При набегании кулачка на ролик толкатель совершает поступательное движение и через пятку заставляет перемещаться в осевом направлении плунжер. При этом сжимается пружина. При сбегании кулачка с толкателя возвратная пружина возвращает его в исходное положение вместе с плунжером. От проворачивания толкатель удерживается фиксирующим винтом. Он ввернут в корпус сверху и внутренним концом входит в паз корпуса толкателя. Регулировочным болтом на заводе при сборке устанавливается момент начала подачи топлива насосной секцией. Регулировка выполняется так, чтобы момент начала подачи топлива у всех секций был одинаков по углу поворота коленчатого вала. В процессе эксплуатации насоса эту регулировку нарушать нельзя.

Плунжерная пара состоит: из плунжера; гильзы плунжера; поворотной гильзы.

Гильза плунжера установлена в корпусе насоса неподвижно. Она направляющая плунжера. Имеет два отверстия: входное для подвода топлива вовнутрь гильзы, перепускное (выходное) для отвода топлива из гильзы. Гильза имеет посадочный буртик. Плунжер и гильза подбираются очень тщательно и их разукomплектование запрещается.

Плунжер имеет пятку, плечики, кольцевую канавку, выточку, вертикальный паз, отсечную кромку.

Верхняя торцевая часть плунжера называется торцом плунжера. Пяткой плунжер соединяется с тарелью толкателя.

Плечиками плунжер соединяется с поворотной гильзой, при повороте которой плунжер проворачивается вокруг своей оси.

Кольцевая канавка является уплотняющей. Просочившееся туда топливо образует уплотняющий пояс, не позволяющий топливу просачиваться в зазор между плунжером и гильзой.

Продольный паз на плунжере позволяет установить плунжер в положение нулевой подачи. Если поставить плунжер продольным пазом против перепускного отверстия гильзы, то при движении плунжера вверх топливо будет перетекать из надплунжерного пространства в кольцевую выточку плунжера и далее в топливные каналы. Поддачи топлива к форсунке при таком ходе плунжера не будет. Отсечная кромка имеет разную высоту, что позволяет регулировать количество топлива, подаваемое насосной секцией за один ход плунжера. Регулировка количества топлива производится по-

воротом плунжера вокруг своей оси. Плунжер поворачивает поворотная гильза, а не ее рейка. Рейку передвигает водитель при помощи педали, подачи топлива через привод управления [ТНВД](#).

Начало подачи топлива плунжерной парой всегда одинаково, оно устанавливается на заводе регулировочным болтом толкателя. Начало подачи топлива определяется моментом перекрытия торцом плунжера отверстий.

Конец подачи топлива регулируется поворотом плунжера вокруг своей оси. При этом против перепускного отверстия гильзы плунжера располагается большая или меньшая высота отсечной кромки. Самая малая высота отсечной кромки соответствует минимальной подаче, самая большая высота кромки соответствует максимальной подаче. Если против перепускного отверстия гильзы расположится продольный паз плунжера, то будет нулевая подача.

Поворотная гильза предназначена для поворота плунжера. Она надета сверху на гильзу плунжера так, что может проворачиваться на ней. На поворотную гильзу надет сверху и затянут стяжным болтом зубчатый венец, входящий в зацепление с рейкой насоса. Одновременно поворотная гильза входит в зацепление двумя вырезами с поводком плунжера. При продольном смещении рейки проворачивается поворотная гильза, что вызывает поворот плунжера вокруг своей оси, при этом меняется количество топлива, подаваемое плунжером за один ход (цикловая подача).

Особенности работы плунжерной пары:

1 момент начала подачи топлива определяется моментом перекрытия торцом плунжера отверстий гильзы;

2 конец подачи определяется моментом открытия отверстия гильзы, отсечной кромкой плунжера;

3 величина подачи регулируется поворотом плунжера вокруг своей оси и определяется высотой отсечной кромки от торца плунжера;

4 подача нулевая, если против перепускного отверстия гильзы расположен продольный паз плунжера.

Зубчатые рейки установлены в специальных каналах корпуса в горизонтальном положении под насосными секциями. Они имеют возможность продольного перемещения параллельно оси кулачкового вала в одном и другом направлениях. Каждая рейка одновременно зацеплена с тремя поворотными гильзами одного блока ТНВД. Обе рейки одним концом (передним) шарнирно соединяются с наружными концами двух плечевого рычага регулятора. Движение обеих реек строго согласовано. Каждая рейка одновременно проворачивает поворотные гильзы трех плунжерных пар.

При смещении двух плечевого рычага регулятора в одну сторону обе рейки сдвигаются в сторону увеличения подачи и наоборот.

Нагнетательный клапан насосной секции предназначен для разобщения надплунжерной полости от трубопроводов высокого давления при всасывающем ходе с целью поддержания в трубопроводе остаточного давления 130–150 кг/см², необходимого для значительного уменьшения времени возрастания давления при последующем нагнетательном ходе плунжера.

Нагнетательный клапан установлен в корпусе **ТНВД** и закреплен в нем специальными гайками. Состоит: из корпуса; пружины; регулировочного винта; иглы (нагнетательного клапана); контргайки; топливного канала; выходного штуцера.

Пружина клапана отрегулирована на давление 130–150 кг/см². Она постоянно прижимает иглу к седлу клапана, и проход топлива через клапан закрыт. При рабочем ходе плунжера за счет давления топлива на конусную поверхность иглы образуется осевая сила, смещающая иглу в сторону пружины. Остаточное давление в трубопроводе от ТНВД до форсунки предотвращает подсос воздуха в трубопровод и в то же время позволяет плунжеру при достаточно малом ходе (всего 10 мм) создавать в магистрали от ТНВД до форсунки достаточно высокое давление, необходимое для хорошего распыла топлива форсункой в цилиндре. Кроме того, нагнетательный клапан предотвращает повторный впрыск топлива форсункой при образовании в трубопроводе колебательных движений топлива после прекращения впрыска топлива форсункой. Повторный впрыск предотвращается тем, что пружина нагнетательного клапана отрегулирована на давление $p = 130\text{--}150$ кгс/см², а пружина иглы форсунки на давление $p = 250$ кгс/см². Поэтому при возникновении колебательных явлений в трубопроводе первым открывается нагнетательный клапан, и сброс топлива под давлением производится назад в надплунжерное пространство насосной секции.

После прекращения подачи топлива давление в надплунжерном пространстве резко падает, сила воздействия топлива на иглу уменьшается, и под действием пружины игла садится в свое седло, перекрывая клапан.

Работа ТНВД. При работе топливоподкачивающего насоса топливо из баков через фильтры подается к ТНВД, заполняет топливные каналы в корпусе и подводится к насосным секциям, а через отверстия в гильзах плунжера оно заполняет полости над плунжерами. При рабочем ходе плунжеров топливо через нагнетательные клапаны подается к форсункам двигателя. Лишнее топливо по каналам корпуса собирается в трубке отвода топлива, расположенной на корпусе ТНВД сверху и по трубопроводу,

через обратный клапан фильтра тонкой очистки сливается в баки. Такая постоянная циркуляция топлива в системе исключает образование воздушных пробок.

Форсунка двигателя предназначена для впрыска в камеру сгорания порций топлива в мелкораспыленном состоянии и равномерного его распределения по всей камере сгорания.

Характеристика: закрытого типа, с гидравлически управляемой иглой, со струйным распылителем и щелевым фильтром, отрегулирована на давление 250 кгс/см².

Форсунки установлены в специальных колодцах головок блоков по оси цилиндров, закреплены на верхних плоскостях головок шпильками и гайками. Между форсункой и дном колодца в головке для уплотнения установлено медное кольцо. Две шпильки ввернуты в головку блока, а на них фланцами одевается форсунка, на шпильки наворачиваются гайки. Для доступа к форсункам, а также для их снятия и установки в крышках головок блоков выполнены лючки, закрытые крышками. На этих крышках установлены штуцера и трубки системы отвода лишнего топлива от форсунок. На конце трубопровода установлен нажимной штуцер, который проходит через специальное отверстие крышки головки блока и вворачивается в корпус форсунки.

Форсунка состоит: из корпуса; распылителя; гайки распылителя; щелевого фильтра; штанги; пружины; регулировочной гайки; подводящего штуцера.

Гайка распылителя удерживает все детали форсунки в строго определенном положении. Она наворачивается снизу на корпус.

Фильтр предназначен для окончательной очистки топлива перед подачей его в цилиндр. Он щелевого типа, состоит из внутренней и наружной втулок со специальными пазами.

Распылитель предназначен для подачи топлива в камеру сгорания в мелкораспыленном состоянии и равномерного распределения топлива по объему камеры сгорания. Это обеспечивает лучшее перемешивание топлива с воздухом и образование однородной смеси. Распылитель состоит из корпуса и иглы. В корпусе выполнено три наклонных канала для прохода топлива, колодец для установки иглы, кольцевая канавка сверху, кольцевая полость внизу под иглой, 9 сопловых отверстий диаметром 0,25.

Игла имеет две кольцевые канавки для уплотнения в корпусе и конусную поверхность. На конце иглы выполнен запорный конус, которым она перекрывает сопловые отверстия. Запорный конус прижимается к сопловым отверстиям пружинной через штангу.

В корпусе форсунки выполнен канал для подвода топлива от входного штуцера к щелевому фильтру.

Работа форсунки. При нагнетающем ходе плунжера насосной секции **ТНВД** топливо из трубопровода высокого давления проходит по каналу корпуса форсунки, через щелевой фильтр, через наклонные каналы распылителя, попадает в кольцевую полость распылителя и воздействует на конусную поверхность иглы. Когда сила давления топлива $p_{впр} = 250 \text{ кгс/см}^2$ на иглу превышает силу затяжки пружины форсунки, игла поднимается и топливо через сопловые отверстия впрыскивается в камеру сгорания. После прекращения подачи топлива насосной секции **ТНВД** давление в кольцевой полости распылителя падает, и игла форсунки под действием пружины садится запорным конусом в седло. Впрыск прекращается. Топливо, просочившееся через зазор между иглой и распылителем, пройдя по зазору между штангой и корпусом форсунки, через отверстие в регулировочной гайке и зажим, уходит в левый бак машины по трубопроводам дренажной системы.

Трубопроводы высокого давления. Шесть трубопроводов, соединяющих **ТНВД** с форсунками, одинаковой длины 450 мм, диаметрами: наружный – 7 мм, внутренний – $2 \pm 0,15$ мм. На концах трубок высажены конусы, внутренний диаметр расточен так, чтобы при затяжке штуцеров он не стал меньше 2 мм.

В них постоянно поддерживается давление (нагнетательными клапанами) в пределах 130–150 кгс/см², а в момент подачи топлива от **ТНВД** к форсункам давлением увеличивается до 800–1 000 кгс/см².

Назначение и характеристика **всережимного регулятора частоты оборотов (ВРЧО)**. Регулятор предназначен для автоматического поддержания в определенных пределах заданного скоростного режима работы двигателя, при изменяющейся нагрузке на его, а также для ограничения числа оборотов на переходных режимах работы.

Характеристика: всережимный, центробежный, механический, прямого действия.

Установлен на корпусе **ТНВД**, вместе с **ТНВД** составляет единое целое. Корпус регулятора крепится к корпусу **ТНВД** шпильками, а с торца имеет люк, закрытый крышкой на винтах.

Устройство регулятора. Регулятор состоит: из корпуса с крышкой; крестовины; двух шайб (плоской и конусной); пяти шариков; упорной тарели с подшипником; двуплечего рычага с упорным роликом; рычага с пружиной и вертикальной осью; рычага управления; корректора.

Корпус и крышка выполнены из легкого сплава. В нижней части имеется отверстие для слива масла. В верхней части выполнено резьбовое

отверстие, куда вворачивается пробка с маслоизмерителем. При завернутой пробке уровень масла в корпусе регулятора должен быть между метками. В корпус заправляется примерно 400 г масла МТ-16п.

Крестовина регулятора установлена на шлицы кулачкового вала [ТНВД](#) и удерживается гайкой. В вырезах крестовины помещаются пять шариков. С обеих сторон крестовины установлены шайбы. Одна шайба (со стороны ТНВД) конусная – неподвижна. Вторая шайба плоская и имеет упорный подшипник с бронзовым упором. Она может перемещаться вдоль вала и своим бронзовым упором воздействует на ролик рычага регулятора. Рычаг регулятора соединительными звеньями шарнирно соединяются с обеими рейками ТНВД. Слева на рычаге имеется выступ, которым рычаг воздействует на упор корректора. В средней части рычага, но не симметрично оси, закреплен на ось ролик, на который воздействует бронзовый упор упорной плоской тарели. На другом конце рычага размещен кронштейн с пружиной. Одновременно в этом кронштейне (рычаге) закреплена вертикальная ось, а на вертикальной оси закреплен рычаг, связанный со вторым концом пружины и рычаг управления ТНВД (сверху на картере регулятора). Около рычага в кронштейн ввернуты и опломбированы два винта, которые ограничивают ход рычага управления:

- винт нулевой подачи топлива;
- винт максимальной подачи топлива.

Работа регулятора. Установившийся режим работы. При воздействии механика на педаль подачи топлива усилие передается на рычаг управления ТНВД. Рычаг управления ТНВД поворачивается вместе с вертикальной осью, растягивает пружину регулятора и одновременно через нее заставляет проворачиваться двухплечий рычаг регулятора, связанный с рейками ТНВД. Рейки ТНВД продольно смещаются и в насосных секциях устанавливается определенная подача топлива. Устанавливается равновесие между силой растянутой пружины регулятора и центробежной силой шариков регулятора. Обороты двигателя постоянные при постоянном сопротивлении движению машины.

Работа при уменьшении нагрузки на двигатель. Если машина начнет двигаться под гору или по каким-то другим причинам нагрузка на двигатель уменьшится, то обороты двигателя начнут возрастать при неизменном положении подачи топлива. При этом центробежная сила шариков начнет возрастать, и они начнут расходиться по прорезям крестовины. Так как конусная тарель неподвижна, то смещение шариков к периферии вызовет смещение плоской тарели. Своим бронзовым упором она будет воздействовать на ролик рычага регулятора и заставит его провернуться относительно ролика. Это вызовет смещение реек в сторону уменьшения подачи

топлива, цикловая подача топлива уменьшится, мощность двигателя уменьшится, обороты двигателя упадут, и снова установится равновесие между силой растянутой пружины регулятора и центробежной силой шариков.

Работа при увеличении нагрузки на двигатель. Если машина начнет двигаться в гору, или по каким-то причинам нагрузка на двигатель увеличится, то обороты двигателя начнут падать (при неизменном положении педали подачи топлива). Центробежная сила шариков уменьшится. Теперь уже пружина, имея большую силу, через рычаг регулятора сдвинет рейки в сторону увеличения подачи топлива. Мощность двигателя начнет возрастать, обороты увеличатся и будут поддерживаться в заданных водителем пределах, хотя нагрузка и возросла.

Максимальные обороты ограничиваются тем, что рычаг управления [ТНВД](#) упирается в винт максимальной подачи и движение реек в сторону увеличения подачи топлива прекращается. Если в таком положении реек нагрузка на двигатель начнет падать, то обороты не увеличатся намного, так как сработает регулятор и автоматически уменьшит подачу топлива, обороты упадут.

При установившемся режиме работы дизеля центробежные силы шариков уравниваются силой растянутой пружины.

На передней стенке корпуса регулятора в резьбовую гильзу ввернут жесткий упор максимальной подачи топлива. Упор соприкасается с вертикальным выступом рычага регулятора и ограничивает его ход, а вместе с ним и ход реек в сторону увеличения подачи топлива. Регулировка положения упора производится на заводе, потом пломбируется, и в процессе эксплуатации двигателя ее нарушать запрещается. Положением упора ограничивается мощность, развиваемая двигателем.

На дизелях 5Д20-240 вместо жесткого упора максимальной подачи топлива в гильзу ввернут корректор, являющийся упором максимальной подачи топлива при работе двигателя и обеспечивающий дополнительное увеличение подачи топлива в момент пуска дизеля за счет сжатия пружины. Для срабатывания корректора при пуске двигателя необходимо педаль подачи топлива выжать до упора.

После регулировки на заводе этот упор тоже пломбируется и закрывается глухой гайкой. Все детали регулятора смазываются маслом, заправляемым в корпус. При эксплуатации двигателя особо надо знать, что при постановке машины на хранение в корпус регулятора и ТНВД заправляется консервационное масло, исключаящее коррозию деталей и особенно реек ТНВД.

При появлении ржавчины на рейках **ТНВД** бывают случаи, когда в положении максимальной подачи топлива рейку заедает.

Даже при отпускании педали подачи топлива рейка остается в положении максимальной подачи и двигатель идет вразнос (обороты самопроизвольно возрастают). В таких случаях необходимо поставить рукоятку топливораспределительного крана в положение: **ВСЕ БАКИ ВЫКЛЮЧЕНЫ**, и закрыть плотным материалом заборную сетку воздухоочистителя.

Привод управления ТНВД. Предназначен для дистанционного управления изменением количества топлива, подаваемого в цилиндры двигателя путем воздействия на рейки насоса высокого давления.

Характеристика: механический непосредственного действия с автоматическим механизмом остановки двигателя (МОД).

Расположен и закреплен на днище справа от продольной оси машины. Управление приводом осуществляется при помощи педали и винта ручного привода. Оба они установлены справа впереди от сидения механика-водителя.

Привод состоит: из педали; винта ручного привода; четырех продольных тяг с вилками; вертикальной тяги с вилками; трех переходных валиков с опорами; возвратной пружины; сдающего звена; механизма остановки двигателя (МОД).

Сдающее звено является последней частью привода, с которой он соединяется с рычагом управления ТНВД, расположенном сверху на корпусе регулятора. Ось педали проворачивается на втулках в специальной опоре. К оси прикреплен рычаг, на который воздействует винт ручного привода. Сам винт имеет маховичок и вращается в специальном кронштейне. Усилие для поворота винта ручного привода регулируется при помощи специального регулировочного болта, воздействующего, через пружину на шарик. Шарик прижимается к винту и расположен в углублении резьбы винта. Регулировочный винт должен быть затянут так, чтобы винт свободно проворачивался пальцами правой руки и надежно фиксировался в любом оставленном положении.

Переходные валики установлены на 2-х опорах, каждый валик проворачивается в 2-х сферических втулках. Опора имеет отверстие с пробкой для смазки подшипников. Каждая тяга соединяется с рычагом шарнирно при помощи пальца, пальцы шплинтуются.

Сдающее звено предназначено для исключения прогнутости тяг привода при полном нажатии на педаль подачи топлива, когда рычаг управления ТНВД упирается в винт максимальной подачи, а механик продолжает дальше нажимать на педаль.

Сдающее звено состоит из 2-х шарниров, внутренней и наружной втулки пружины и деталей крепления. При воздействии на педаль подачи топлива усилие на рычаг управления [ТНВД](#) передается через пружину сдающего звена. Втулки входят одна в другую, а усилие при нажатии на педаль передается через сжимающуюся пружину.

Механизм остановки двигателя (МОД) предназначен для установки в ТНВД нулевой подачи при срабатывании системы ППО или системы коллективной защиты. При этом привод разъединяется, автоматически устанавливается в ТНВД нулевая подача, и двигатель останавливается. МОД закреплен на кронштейне днища корпуса четырьмя болтами. МОД состоит: из кронштейна, валика с рычагом, рычага отключения, винта, фиксатора с пружиной, вилки, коромысла, рычага привода, реле электрического. Тяга, идущая от педали подачи топлива, соединяется с рычагом отключения. Задняя тяга, идущая от педали подачи топлива, соединяется с рычагом отключения. Задняя тяга, идущая от ТНВД, подсоединяется к рычагу, закрепленному на валике МОД.

В исходном положении рычаг отключения удерживается в рабочем положении фиксатора стопора. При подаче напряжения на реле МОД сердечник реле втягивает в корпус, через коромысло усилие передается фиксатору, он сдвигается вправо по ходу машины и фиксатор выходит из отверстия рычага выключения. Привод разъединяется, и педаль падает, в ТНВД устанавливается нулевая подача, двигатель останавливается. Как только ток в катушке реле пропадает, за счет возвратных пружин вся система возвращается в исходное положение, но привод остается разъединенным.

Для соединения привода необходимо подтянуть рукой педаль подачи топлива на себя вверх до щелчка. При этом стопор фиксатора снова войдет в отверстие рычага выключения и привод соединится. Усилие от педали подачи топлива будет передаваться на рычаг ТНВД.

Таким образом, регулятор следит за нагрузкой на двигатель. При увеличении нагрузки он увеличивает цикловую подачу топлива, при уменьшении – уменьшает, но обороты сохраняются примерно одинаковыми, так как их задал механик положением педали подачи топлива и силой растяжки пружины регулятора.

7.3.4 Назначение, характеристика и устройство автоматической муфты опережения впрыскивания топлива (АМОВТ)

При увеличении частоты вращения коленчатого вала возрастает запаздывание и продолжительность впрыскивания топлива. В соответствии с

этим в еще большей степени запаздывает и удлиняется процесс сгорания. Сгорание все более переносится на линию расширения, догорание топлива усиливается. Поэтому с увеличением частоты вращения давление при сгорании нарастает медленнее, максимальное давление сгорания p_z уменьшается. Вследствие запаздывания тепловыделения экономичность двигателя понижается, температура отработавших газов и потери тепла с отработавшими газами увеличиваются. Если топливо будет впрыскиваться раньше положенного времени, то полное горение топлива в цилиндрах будет наступать до прихода поршня в [ВМТ](#), будет большое сопротивление ходу поршня до ВМТ, двигатель будет работать со стуками и не будет развивать необходимой мощности.

Если топливо будет впрыскиваться позже, то полное горение будет наступать уже после ВМТ при увеличивающемся объеме, двигатель будет перегреваться и развивать малую мощность, будет наблюдаться перерасход топлива.

Таким образом, чтобы компенсировать влияние запаздывания впрыскивания топлива и увеличить продолжительность сгорания, необходимо с увеличением частоты вращения коленчатого вала увеличить угол опережения подачи топлива. На дизеле устанавливается автоматическая муфта опережения впрыска топлива.

Предназначена для изменения угла начала подачи топлива в зависимости от скоростного режима работы двигателя (в зависимости от оборотов коленчатого вала), а также для передачи крутящего момента от механизма передач двигателя на кулачковый вал [ТНВД](#).

Характеристика: золотникового типа, с сорвомеханизмом следящего действия и центробежным измерителем скорости.

Муфта установлена в расточке прилива блок-картера на одной оси с кулачковым валом ТНВД.

Первоначально при сборке двигателя муфта соединяется с кулачковым валом ТНВД так, что впрыск топлива в цилиндры двигателя начинается за $24\text{--}27^\circ$ до прихода поршня в ВМТ в конце такта сжатия (на круговой диаграмме фаз газораспределения точка «т»). Для каждого конкретного двигателя устанавливается свой угол начала подачи топлива и записывается в его паспорт. Опережение подачи топлива в цилиндр необходимо для того, чтобы впрыснутое топливо перемешалось с горячим воздухом, испарилось и начало интенсивно гореть, когда поршень подошел к ВМТ.

Этим достигается то, что полное горение топлива будет происходить при малом объеме цилиндра над поршнем, давление газов будет наибольшим, и при данном количестве впрыснутого топлива двигатель будет раз-

вивать максимальную мощность. Период от начала подачи топлива до его полного горения называется периодом задержки воспламенения.

Впрыск топлива в цилиндры двигателя длится у дизелей до 30–35° по углу поворота коленчатого вала.

При скорости коленчатого вала до 1 200 об/мин муфта работает как вал, и установленный угол не меняется. С увеличением оборотов коленчатого вала свыше 1 200 об/мин муфта срабатывает так, что угол опережения впрыска увеличивается.

Муфта состоит: из корпуса муфты; шестерни привода с регулировочной втулкой; сервопоршня с пружиной; золотника; оси золотника с пружиной и регулировочной гайкой; двух грузиков; корпуса измерителя скорости; масляной полости и каналов; деталей крепления.

Внутренние полости муфты связаны каналом с главной масляной магистралью двигателя.

Корпус муфты выполнен в виде цилиндра, установлен в специальной расточке блок-картера.

К фланцу корпуса болтами крепится корпус измерителя скорости, внутри которого смонтированы золотник, ось золотника с пружиной и регулировочной гайкой. Снаружи на корпусе измерителя скорости шарнирно крепятся два грузика, внутренними лапками воздействующие на золотник и смещающие его. Пружина золотника удерживает золотник в исходном положении. Предварительная затяжка пружины золотника регулируется гайкой оси золотника.

Сервопоршень установлен внутри корпуса муфты со стороны [ТНВД](#). Внутри корпуса он уплотняется двумя парами уплотнительных колец. Со стороны ТНВД внутри сервопоршня выполнены спиральные эвольвентные шлицы, которыми он надевается на такие же шлицы кулачкового вала ТНВД. Пружина сервопоршня постоянно держит его в исходном положении, отодвинув в сторону шестерни привода.

На шлицы корпуса измерителя скорости со стороны механизма передач свободно посажена шестерня привода муфты, она соединяется с корпусом при помощи регулировочной втулки, состоящей из самой втулки, гайки и двух стопорных колец. Для соединения с втулкой внутри шестерни выполнены 42 треугольных шлиц, а на корпусе регулятора скорости выполнены 10 прямоугольных шлиц.

Резьба гайки регулировочной втулки левая. Для доступа к регулировочной втулке в блок-картере выполнено отверстие, закрытое крышкой с шестигранной головкой. Для прохода масла из главной масляной магистрали двигателя к сервопоршню и слива масла в картер в полости корпуса муфты и золотника выполнены каналы и пазы.

Работа муфты

1-й режим – при оборотах коленчатого вала 1 200 об/мин и менее муфта работает как вал, приводя в действие кулачковый вал [ТНВД](#). Центробежная сила грузиков вала мала и не может преодолеть силу пружины оси золотника. Золотник находится в исходном положении. Сервопоршень пружиной сдвинут в исходное положение (от ТНВД).

2-й режим – при увеличении оборотов коленчатого вала 1 200 об/мин и выше центробежная сила грузиков начинает превышать силу пружины золотника. Своими лапками грузики сдвигают золотник в сторону ТНВД, открывается масляной канал и масло под давлением из главной масляной магистрали начинает поступать в полость за сервопоршень. Под давлением масла сервопоршень, сжимая пружину, начинает сдвигаться в сторону ТНВД. Так как шлицы сервопоршня спиральные (1 мм смещения вызывает изменение угла на 1°), то при его продольном смещении кулачковый вал ТНВД проворачивается по ходу вращения и его кулачки начинают набегать раньше на свои толкатели, и подача топлива в цилиндры будет происходить раньше.

3-й режим – при уменьшении оборотов коленчатого вала, двигателя центробежная сила грузиков уменьшается. Пружина золотника сдвигает золотник в обратную сторону. Внутренняя полость муфты соединяется со сливом, масло из полости муфты уходит, и давление на сервопоршень прекращается. Сжатая пружина сервопоршня сдвигает его в обратную сторону (от ТНВД), что вызывает проворот кулачкового вала против хода вращения и угол опережения начала подачи топлива уменьшается.

Таким образом, автоматическая муфта следит за оборотами коленчатого вала двигателя. При увеличении оборотов она увеличивает угол начала подачи топлива по сравнению с первоначально установленным. При уменьшении оборотов угол опережения начала подачи топлива уменьшается.

Совместная работа регулирующей аппаратуры двигателя 5Д20-240. Режим работы двигателя в каждом конкретном случае задает механик-водитель путем воздействия на привод управления ТНВД (нажимает на педаль подачи топлива или изменяет положение рукоятки ручной подачи).

Усилие через привод передается рычагу управления ТНВД. Он через пружину регулятора и рычаг регулятора сдвигает ТНВД и устанавливает определенную цикловую подачу топлива насосными секциями. В двигателе устанавливаются определенные обороты коленчатого вала, при которых сила растянутой пружины регулятора и центробежная сила шариков регулятора уравниваются.

Если после этого механик-водитель не будет менять положение педали подачи топлива, то за нагрузкой на двигатель будет автоматически следить регулятор числа оборотов, автоматически поддерживая обороты в заданных пределах (согласно степени растяжки пружины регулятора). При увеличении нагрузки регулятор сдвинет рейки [ТНВД](#) в сторону увеличения подачи топлива, мощность двигателя повысится и обороты сохранятся, при уменьшении нагрузки регулятор сдвинет рейки ТНВД в сторону уменьшения подачи топлива мощность двигателя уменьшится и сохранятся заданные обороты.

Для изменения режима работы двигателя механик-водитель должен изменить положение педали подачи топлива. При этом изменится сила растяжки пружины регулятора и соответственно положение реек ТНВД. При остановке педали в новом положении регулятор снова будет автоматически поддерживать заданные обороты, в зависимости от нагрузки на двигатель.

Автоматическая муфта опережения впрыска следит за оборотами коленчатого вала двигателя и в зависимости от этого изменяет угол опережения начала подачи топлива путем воздействия на кулачковый вал ТНВД. При увеличении оборотов коленчатого вала муфта проворачивает кулачковый вал по ходу его вращения, и угол начала подачи топлива увеличивается. При снижении оборотов проворачивает кулачковый вал против хода его вращения, и угол опережения начала подачи топлива уменьшается.

Таким образом, режим работы двигателя задает механик. За нагрузкой на двигатель следит всережимный регулятор числа оборотов коленчатого вала, а за оборотами коленчатого вала – муфта опережения впрыскивания топлива.

7.3.5 Система выпуска отработавших газов. Назначение, общее устройство и работа системы

Система газовойпуска предназначена для отвода отработавших газов из цилиндров двигателя за пределы бронированного корпуса в атмосферу.

Система включает (рисунок 7.20): выпускные коллекторы 1; выпускные трубы 2; компенсирующие устройства (сильфоны) 3; клапанные коробки [МЗД](#) 4; глушители с соплами 5; эжекторы 6.

Эжекторы предназначены для создания потока охлаждающего воздуха, просасываемого через радиаторы, за счет использования энергии отработавших газов, в правом коробе эжектора установлен эжектор отсоса пыли из пылесборника, а в левом – эжектор отсоса газов из МТО и картера двигателя.

При работе двигателя в такте выпуска отработавшие газы выталкиваются поршнями из цилиндров двигателя.

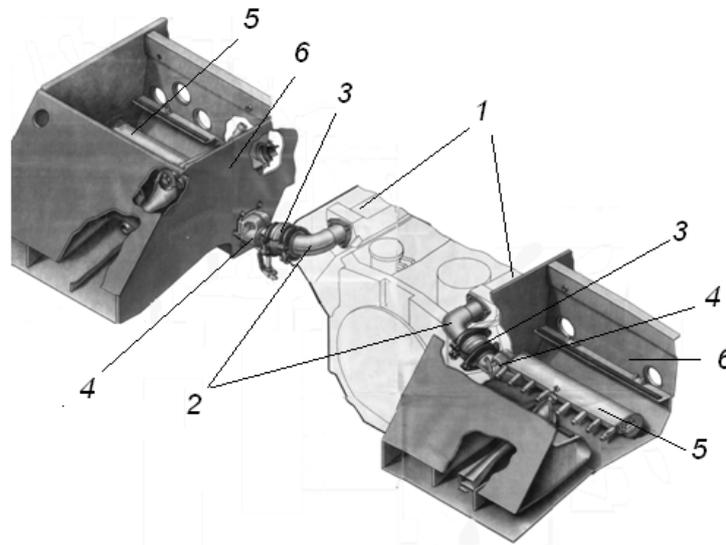


Рисунок 7.20 – Система выпуска отработавших газов

Газы проходят через выпускные коллекторы, выпускные трубы, сильфоны, клапанную коробку [МЗД](#) и выходят в атмосферу через глушители с соплами. При прохождении через коробки эжекторов системы охлаждения, отработавшие газы совершают работу по прососу воздуха через радиаторы.

7.4 Объем и технология выполнения работ по обслуживанию систем питания

7.4.1 Уход за системами питания

Т а б л и ц а 7.1 – Виды технического обслуживания и объем выполняемых работ по каждому из них

Вид КО и ТО	Система воздухообеспечения	Система питания топливом
Контрольный осмотр (КО)	Проверить: <ul style="list-style-type: none"> - крепление деталей, дюритовых шлангов; - работоспособность механизма стопорения клапанов; - легкость хода клапана водосборника; - плотность закрывания клапана пылеотсоса; - легкость подъема и фиксацию воздухозаборной трубы (для БТР-Д) 	Проверить: <ul style="list-style-type: none"> - отсутствие подтеканий топлива; - заправку системы

Продолжение таблицы 7.1

Вид КО и ТО	Система воздухообеспечения	Система питания топливом
Ежедневное техническое обслуживание (ЕТО)	Проверить: - крепление съемной крышки-патрубка; - надежность соединения дюритов воздухоподводящей трубы	Проверить: - заправку системы и дозаправить, - исправность регулировки привода управления ТНВД Смазать: - опоры переходных валков привода управления ТНВД
Техническое обслуживание № 1 1 300–1 500 км пробега 100–120 моточасов	Очистить воздухоочиститель, промыть кассеты Проверить крепление факельных свечей	Проверить: - уровень масла в регуляторе ТНВД; - состояние и крепление ТНВД, трубопроводов высокого давления; - промыть топливные фильтры грубой и тонкой очистки; - слить отстой из топливных баков
Техническое обслуживание № 2 3 000–3 200 км пробега 200–240 Моточасов	Смазать детали рычажного механизма привода клапанов воздухозабора	Промыть фильтр дренажной системы Заменить масло в регуляторе ТНВД
Сезонное обслуживание	Выполнить работы очередного ТО + дополнительные работы, соответствующие предстоящему режиму эксплуатации (летнему или зимнему)	Выполнить работы очередного ТО + дополнительные работы, соответствующие предстоящему режиму эксплуатации (летнему или зимнему)

Промывка топливных фильтров. Промывка фильтра грубой очистки. Фильтр промывается при [ТО-1](#). Инструмент и принадлежности: ключ плоский 14x17, лампа переносная, ванна для промывки, ведро, ветошь. Перед снятием фильтра рукоятку топливораспределительного крана установить в положении ВКЛЮЧЕНЫ ВСЕ БАКИ. Фильтр и корпус промываются в дизельном топливе. После сборки фильтра обязательно проверить качество сборки (по отсутствию течи) путем включения топливозакачивающего насоса (ЭЦН).

Промывка топливного фильтра тонкой очистки. Из опыта боевых действий в Чечне замена бумажных фильтрующих элементов проводилась через 100–150 часов работы двигателя из-за повышенного содержания воды в топливе, так как бумажные фильтрующие элементы от воды разбухают и качество очистки падает. При замене их в другие сроки идет повышенный износ плунжерной пары, что приводит к выходу из строя ТНВД.

Так же осуществлять контроль за наличием всех уплотнений в фильтрах и особенно кольцевого сальника в фильтре тонкой очистки топлива. Часто при обслуживании фильтров его удаляют вместе с грязью, что приводит к попаданию неочищенного топлива в [ТНВД](#) и выводит из строя плунжерные пары.

Войлочный фильтрующий элемент промывается через 200–240 часов работы двигателя, а бумажный элемент заменяется через 800–960 часов, совмещая эти работы с номерным техническим обслуживанием.

Инструмент и принадлежности: коловорот с шариком и головкой 17 мм, ключ плоский 17х22, шприц для жидкости, ванна для промывки, ведро, салфетка.

После снятия войлочный фильтрующий элемент разбирается; войлочные пластины промываются в дизельном топливе или керосине, отжимаются. После промывки сетки с чехлом, проставочных колец в дизельном топливе фильтрующий элемент собирают, обращая внимание на то, что первой (нижней) должна быть входная проставка и выступы на проставках находились на одной вертикальной линии.

Из секции корпуса фильтра шприцом откачивается топливо и внутренние поверхности протираются чистой салфеткой.

После установки промытого войлочного элемента или замененного бумажного фильтрующего элемента проверить отсутствие подтеканий топлива из-под крышек секций путем включения топливозакачивающего ЭЦН.

Промывка фильтра дренажной системы. Данный фильтр промывается при [ТО-2](#). Инструмент и принадлежности: отвертка, ключи плоские 6х8, 12х14, ванны для промывки, ветошь.

Для доступа к фильтру необходимо снять съемную перегородку (левую по ходу машины) МТД, ослабить хомут, удерживающий фильтр на трубке и сдернуть его. Промыть в дизельном топливе, после промывки канистель фильтра пропитать маслом МТ-16п и установить на место.

Обслуживание воздухоочистителя. Проводится при [ТО-1](#), а в случае эксплуатации машины по дорогам со снежным покрытием – при [ТО-2](#). Инструмент и приспособления: ключи плоские 10х12, 6х8, плоскогубцы, отвертка, стенд для промывки кассет (или ванна), бак для подогрева масла (или ванна), ерш, отвертка, ветошь.

Пример

Из опыта боевых действий в Чечне промывка кассет и воздухоочистителя проводилась через 30–40 часов работы двигателя, так как в воздухе повышенное содержание пыли, особенно при движении в колонне.

Кассеты промываются на специальном стенде или в ванне. После промывки дать стечь топливу до прекращения каплепадения. Верхнюю и среднюю кассеты продуть сжатым воздухом и пропитать маслом МТ-16п, нагретым до температуры 80–100 °С. После пропитки дать стечь маслу с кассет до прекращения каплепадения.

Промывку циклонов производить при обнаружении на их поверхности сажи и грязи в бензине, после чего обдуть сжатым воздухом.

Войлочные прокладки, устанавливаемые между кассетами и на верхней решетке блока циклонов, очищаются от пыли и грязи, смазываются смазкой Литол-24 и устанавливаются на свои места.

Проверка и регулировка привода управления [ТНВД](#). Производится с целью обеспечения остановки двигателя при отпущенной педали подачи топлива и завернутом винте ручной подачи и ограничения цикловой подачи топлива насосными секциями ТНВД к форсункам.

При отпущенной педали подачи топлива и полностью завернутом винте ручной подачи не должно быть зазора между рычагом управления и винтом нулевой подачи.

При полностью выжатой педали подачи топлива рычаг управления регулятором должен упираться в винт максимальной подачи или не доходить до него не более чем на 0,3 мм. Если рычаг регулятора упирается в винт максимальной подачи, то необходимо проверить наличие зазора между втулками сдающего звена привода. Этот зазор должен остаться в пределах 0,3–2 мм, а может быть и более.

Если при проверке вышеупомянутые условия не выполняются, то их восстановление производится за счет изменения длины передней тяги привода управления. Эта тяга соединяется с рычагом педали при помощи регулировочной вилки.

Смазка привода управления [ТНВД](#). Опоры переходных валиков, шарнирные и резьбовые соединения тяг привода смазываются при [ТО-1](#), а при подготовке к плаву и после него при [ЕТО](#) смазкой Литол-24.

Опоры переходных валиков смазываются шприц-прессом, а шарнирные и резьбовые соединения тяг вручную тонким слоем смазки.

Замена масла в регуляторе [ТНВД](#). Работы выполняются при [ТО-2](#). Инструмент и приспособления: коловорот с шарниром и головкой 17 мм, ключ торцовый 17, вороток, плоскогубцы, воронка с сеткой, щуп для замера уровня масла.

Необходимо вывернуть из заправочного отверстия щуп, расшплинтовать и вывернуть пробку сливного отверстия в нижней части регулятора, слить масло. Допускается пробку сливного отверстия не выворачивать, а отсосать масло из заправочного отверстия при помощи шприца.

Заправляется масло МТ-16п в количестве 250 см^3 через воронку с сеткой. При проверке количества масла щуп необходимо заворачивать, а уровень масла должен находиться между двумя метками.

Проверка и регулировка форсунки. Проверка может производиться непосредственно на машине при помощи ППФ, подсоединяемого к трубопроводу высокого давления соответствующей форсунки отсоединенной от [ТНВД](#).

Регулировка форсунки производится на специальном стенде СТА-6, имеющимся в ПТОРе. Давление топлива, при котором начинается впрыск топлива форсункой в цилиндр должен быть $250 \pm 3 \text{ кгс/см}^2$. Если давление начала впрыска не соответствует норме, то необходимо отпустить контргайку и, изменяя затяжку пружины иглы форсунки при помощи регулировочной гайки, добиться необходимого давления начала впрыска. При этом качество распыла должно быть хорошим.

Слив отстоя из топливного бака. Работа выполняется при [ТО-1](#). Инструмент и приспособления: ключ гаечный 24x27, ключи торцовые 27 и 32, ключ для слива топлива и масла, ведро, ветошь.

Установить под машину подставки. Вывернуть лючок в днище под правыми баками, потом пробку бака, вернуть специальный ключ и слить 5–7 литров отстоя.

Замена топлива в системе. Работа выполняется при сезонном обслуживании. Слив топлива можно производить через сливной клапан правого нижнего топливного бака или через специальный патрубок корпуса фильтра грубой очистки, что значительно удобней и быстрее. Для этого на специальный ключ одевают шланг, а другой конец ключа вворачивают патрубок корпуса фильтра грубой очистки. При этом топливораспределительный кран закрыт – **ВСЕ БАКИ ВЫКЛЮЧЕНЫ**. Свободный конец шланга опускают в тару для слива топлива. После этого рукоятку крана переводят в положение **ВКЛЮЧЕНЫ ВСЕ БАКИ** и включают топливоподкачивающий насос ЭЦН.

Заправку топлива осуществляют при помощи малогабаритного заправочного агрегата МЗА-3 или непосредственно от топливозаправщика через сетчатые фильтры головки баков.

Проверка и регулировка угла начала подачи топлива. Производится, как правило, на двигателе, стоящем на машине по 3-му левому цилиндру.

Угол опережения подачи топлива устанавливается для каждого двигателя на заводе, и его показания записываются в паспорт двигателя.

Проверка угла опережения подачи топлива производится в следующем порядке:

- установить поршень 3-го левого цилиндра в [ВМТ](#) конца такта сжатия, повернуть маховик против вращения на 40–60°;
- отсоединить трубку высокого давления 3-го левого цилиндра от нагнетательного клапана [ТНВД](#);
- установить на нагнетательный клапан приспособление для регулировки угла начала подачи топлива;
- выжать педаль подачи топлива до упора и включить [ЭЦН](#). При этом из трубки приспособления должна идти струя топлива;
- медленно повернуть маховик по ходу вращения до прекращения течи топлива из приспособления (капля топлива должна зависнуть на конце трубки);
- определить, какая метка маховика находится против стрелки блок-картера, а затем от 120° на маховике против стрелки. Это и будет угол опережения впрыска топлива;
- сравнить величину угла с паспортными данными, сделать вывод.

В случае несоответствия угла паспортным данным двигателя необходимо довести угол до норм в следующем порядке:

- отвернуть колпак регулировочной втулки муфты опережения впрыска;
- отвернуть гайку (резьба левая) и вынуть регулировочную муфту;
- повернуть коленчатый вал и установить под стрелкой блок-картера метку маховика (число градусов опережения впрыска, записанных в паспорте двигателя);
- установить на месте регулировочную втулку и завернуть ее гайку;
- произвести проверку угла начала подачи топлива;
- установить на место все детали крепления.

Следовательно, своевременное и качественное выполнение всех операций по обслуживанию приборов и агрегатов систем питания силовых установок повышает срок службы двигателя, его надежную работу и поддержание боевой машины в целом в технически исправном состоянии.

7.5 Возможные неисправности систем питания, их причины, способы предупреждения и устранения

Т а б л и ц а 7.2 – Возможные неисправности системы питания, их причины, способы предупреждения и устранения

Причины неисправностей	Способы устранения
<p>I Двигатель не запускается Внешний признак: 1 Коленчатый вал вращается, а вспышек в цилиндрах не наблюдается</p>	
<p>1 Топливо в цилиндры двигателя не поступает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - нет топлива в баках; - топливораспределительный кран установлен в положение ВКЛЮЧЕНЫ ВСЕ БАКИ; - попадание воздуха в систему; - наличие воды в топливе; - образование ледяных пробок в топливопроводах (в зимнее время); - не работает ТНВД; - неправильно установлен угол опережения подачи топлива 	<ul style="list-style-type: none"> - проверить наличие топлива в баках, заправить; - проверить положение топливораспределительного крана, поставить в рабочее положение; - прокачать топливо в системе с помощью ЭЦН; - проверить качество топлива, слить отстой; - проверить последовательно прохождение топлива по трубопроводам и отогреть; проверить состояние фильтров, при необходимости промыть; - проверить работу насоса при отсоединенном трубопроводе высокого давления от ТНВД, проворачивая коленчатый вал двигателя вручную; - проверить и при необходимости отрегулировать
<p>II Двигатель не запускается или запускается с трудом Внешний признак: 1 Коленчатый вал вращается, вспышки в цилиндрах происходят редко</p>	

Продолжение таблицы 7.2

Причины неисправностей	Способы устранения
<p>1 Топливо не поступает в цилиндры двигателя:</p> <ul style="list-style-type: none"> - попадание воздуха в топливо; - наличие в топливе воды; - засорение топливных баков или фильтров; - неправильно установлен угол опережения подачи топлива; - не работает несколько секций ТНВД; - не работает несколько форсунок <p>2 Воздух плохо поступает в цилиндры двигателя:</p> <ul style="list-style-type: none"> - засорена решетка воздухозабора воздухоочистителя; - засорен воздухоочиститель или трасса воздухоочистителя 	<ul style="list-style-type: none"> - прокачать топливо в системе, найти место подсоса воздуха; - проверить качество топлива; - проверить состояние баков и фильтров; - проверить и при необходимости отрегулировать угол опережения подачи; - проверить работу ТНВД, при необходимости заменить; - проверить работу форсунок последовательным их отключением от ТНВД, неисправные форсунки заменить <ul style="list-style-type: none"> - проверить состояние воздухозаборной решетки; - проверить состояние воздухопроводов
<p>III Двигатель не развивает достаточную мощность а) Внешний признак: Мощность двигателя заметно снизилась</p>	
<p>1 Топливо в цилиндры двигателя поступает недостаточно:</p> <ul style="list-style-type: none"> - нарушение регулировок привода управления ТНВД; - засорение топливных фильтров; - неправильно установлен угол опережения подачи топлива; - засорение трассы питания воздухом 	<ul style="list-style-type: none"> - проверить и при необходимости отрегулировать; - проверить состояние фильтров и при необходимости промыть; - проверить, при необходимости отрегулировать; - очистить трассу
<p>б) Внешний признак: Двигатель работает неравномерно</p>	
<p>1 Не работает несколько цилиндров:</p> <ul style="list-style-type: none"> - неисправны несколько секций ТНВД (зависание плунжеров); - неисправно несколько форсунок (закоксование отверстий распылителя) 	<ul style="list-style-type: none"> - проверить работу секций ТНВД, последовательно отключая их от форсунок, при необходимости насос заменить; - проверить работу форсунок последовательным их отключением от ТНВД

Продолжение таблицы 7.2

Причины неисправностей	Способы устранения
<p>в) Внешний признак: При работе двигателя из выхлопной трубы идет черный дым</p>	
<p>1 Топливо в цилиндрах двигателя полностью не сгорает: - неисправны несколько форсунок (зависание иглы); - засорены воздухоочиститель или его сетка; - включен радиатор подогрева воздуха (летом); - двигатель нагружен без достаточного прогрева; - неправильно установлен угол опережения подачи топлива</p>	<p>- проверить работу форсунок, неисправные заменить; - проверить состояние воздухоочистителя и четки, при необходимости очистить и промыть; - проверить муфту включения радиатора, при необходимости отключить; - снизить нагрузку, прогреть двигатель; - проверить и при необходимости отрегулировать угол опережения впрыска</p>
<p>г) Внешний признак: Двигатель при работе стучит</p>	
<p>1 Вспышки в цилиндрах происходят неравномерно: - наличие воздуха в системе; - наличие воды в топливе; - неисправны несколько форсунок</p> <p>2 Вспышки в цилиндрах происходят раньше положенного времени: - неправильно установлен угол опережения подачи топлива</p>	<p>- прокачать топливо, найти место подсоса воздуха; - проверить качество топлива, при необходимости заменить; - проверить работу форсунок, неисправные заменить</p> <p>- проверить, при необходимости отрегулировать</p>
<p>д) Внешний признак: При работе двигателя из выхлопной трубы идет белый дым (наличие на выхлопе сизого дыма указывает на попадание масла в камеры сгорания)</p>	
<p>1 Топливо в цилиндрах двигателя не воспламеняется: - плохой распыл топлива форсунками; - мала $T_{\text{воз}}$ в конце такта сжатия; - двигатель недостаточно прогрет</p>	<p>- проверить форсунки и неисправные заменить; - плохая компрессия в одном или нескольких цилиндрах; - прогреть двигатель на холостых оборотах</p>

Вывод: знание основных неисправностей систем питания, способов их обнаружения, предупреждения и устранения позволяет поддерживать силовую установку в технически исправном состоянии и устранять неисправности в полевых условиях.

Контрольные вопросы

- 1 Назначение, классификация и общее устройство системы питания двигателя воздухом.
- 2 Классификация воздухоочистителей.

- 3 Сущность системы эжекционного отсоса пыли.
- 4 Особенности системы питания воздухом бронетранспортера БТР-Д.
- 5 Классификация систем питания двигателей топливом.
- 6 Назначение и состав системы питания топливом дизеля.
- 7 Марки применяемых топлив.
- 8 Состав топливной системы низкого давления.
- 9 Классификация топливных насосов системы низкого давления.
- 10 Состав топливной системы высокого давления.
- 11 Назначение, состав, характеристики топливорегулирующей аппаратуры дизелей.
- 12 Объем и содержание работ по обслуживанию фильтров системы питания дизелей.

Глава 8. Воздушная система и устройства, облегчающие пуск двигателя

8.1 Назначение и выполняемые функции воздушной системы

Широкое применение в технике нашло использование давления сжатого воздуха, как для пуска двигателя, так и для приводов механизмов и агрегатов. Воздушные системы являются безопасными в пожарном отношении, не требуют больших затрат энергии на сжатие воздуха, их конструкция проста и надежна в эксплуатации, при этом затраты времени и материалов на ее обслуживание минимальные. Воздушная система служит:

- для наполнения баллонов и хранения запаса сжатого воздуха;
- пуска двигателя сжатым воздухом;
- очистки прибора наблюдения механика водителя от пыли и сухого снега сжатым воздухом, а от грязи – воздушно-жидкостной смесью;
- очистки узлов и агрегатов от пыли внутри машины;
- обеспечения сжатым воздухом потребителей, не подключенных к системе:
- заправка танкового дегазационного прибора ТДП;
- баллона системы очистки прицела и приборов в башне.

Условно приборы и агрегаты воздушной системы можно разделить на четыре основных группы (рисунок 8.1), которые обеспечивают:

- 1) пуск двигателя сжатым воздухом;
- 2) наполнение баллонов сжатым воздухом;
- 3) очистку прибора наблюдения механика-водителя;
- 4) управление исполнительными механизмами.

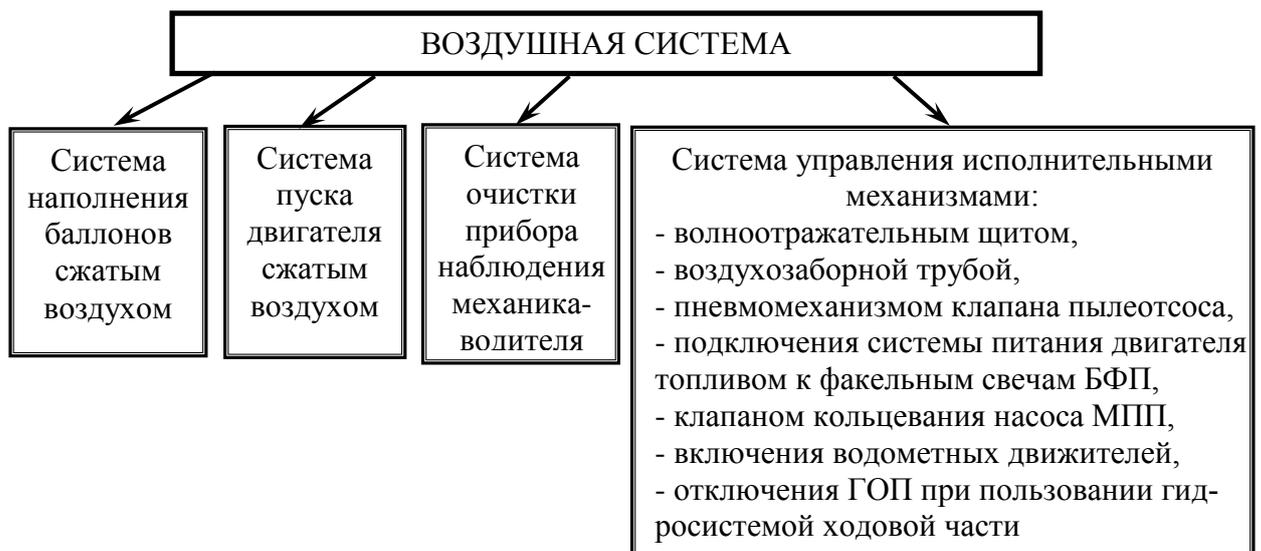


Рисунок 8.1 – Общее устройство воздушной системы

8.2 Система наполнения баллонов сжатым воздухом

Служит для наполнения баллонов сжатым воздухом и хранения запаса сжатого воздуха.

Характеристика системы:

- вместимость баллонов – один на 10 л и один на 2 л;
- давление воздуха в баллонах: максимальное – 150 (138–166) кгс/см²; эксплуатационное: летом не ниже 85 кгс/см²; зимой не ниже 100 кгс/см²; на хранении не ниже 125 кгс/см²;
- давление перехода компрессора на режим холостого хода – 150 (138–166) кгс/см²;
- давление перехода компрессора на наполнение баллонов – 130 (128–134) кгс/см²;
- подача компрессора – 2,4 м³/ч при оборотах коленчатого вала $n_{кв} = 2\ 000$ об/мин.

8.2.1 Устройство системы наполнения баллонов сжатым воздухом

Система состоит:

- из компрессорной установки;
- влагомаслоотделителя;
- автомата давления АДУ-2с;
- баллонов (один на 10 л и один на 2 л);
- манометра МТ-60УП;
- выносного запорного вентиля;
- штуцера отбора воздуха в технических целях.

Компрессорная установка включает в себя компрессор АК-150МКВ и привод компрессора.

Компрессор АК-150МКВ

Назначение – для наполнения баллонов сжатым воздухом.

Характеристика – поршневого типа, двухцилиндровый, трехступенчатый, воздушного охлаждения, с механическим приводом от привода генератора, $p_{раб.} = 150$ кгс/см².

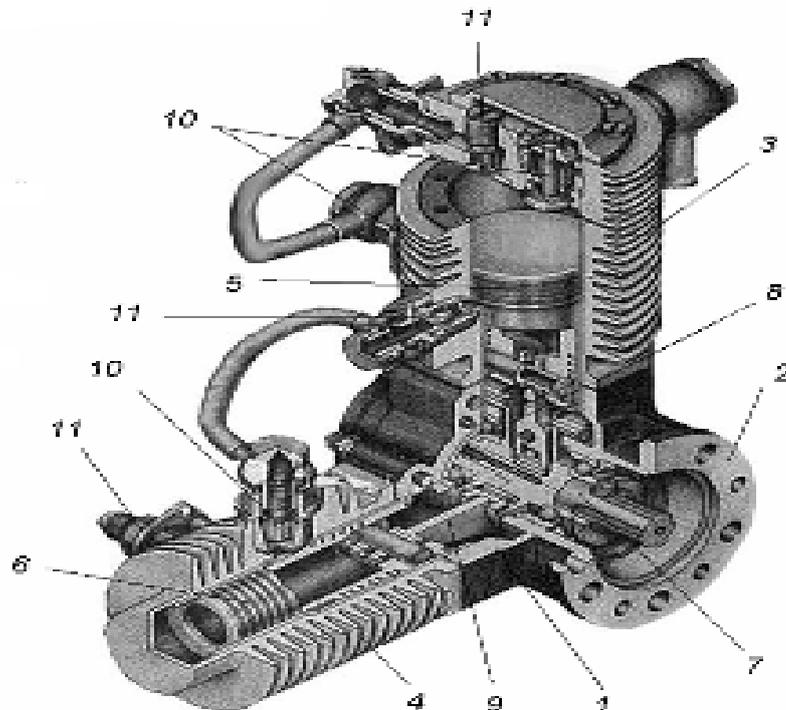
Установлен в силовом отделении на опоре, прикрепленной к кронштейну, приваренному к кормовому листу корпуса справа от коробки передач.

Устройство компрессора представлено на рисунке 8.2.

Смазка компрессора осуществляется маслом, поступающим из главной масляной магистрали двигателя. Маслопровод над редуктором разветвляется.

Одна трубка идет к штуцеру опоры компрессора, а другая – к штуцеру шестеренного редуктора привода компрессора. От штуцера опоры компрессора масло нагнетается в масляную магистраль компрессора. Из компрессора масло отводится во внутреннюю полость картера, далее по трубопроводу к штуцеру слива масла из редуктора и сливается в нижнюю полость блок-картера двигателя.

Охлаждение компрессора осуществляется обдувом цилиндров воздухом, нагнетаемым вентилятором охлаждения генератора. Забор чистого воздуха для компрессора осуществляется из короба воздухоочистителя.



1 – картер; 2 – опора картера; 3 – цилиндр первой и второй ступеней; 4 – цилиндр третьей ступени; 5 – поршень с поршневыми кольцами первой и второй ступеней; 6 – поршень с поршневыми кольцами третьей ступени; 7 – эксцентриковый вал; 8 – главный шатун (1 и 2 ступеней); 9 – прицепной шатун (3 ступени); 10 – 3 впускных клапана; 11 – 3 выпускных клапана

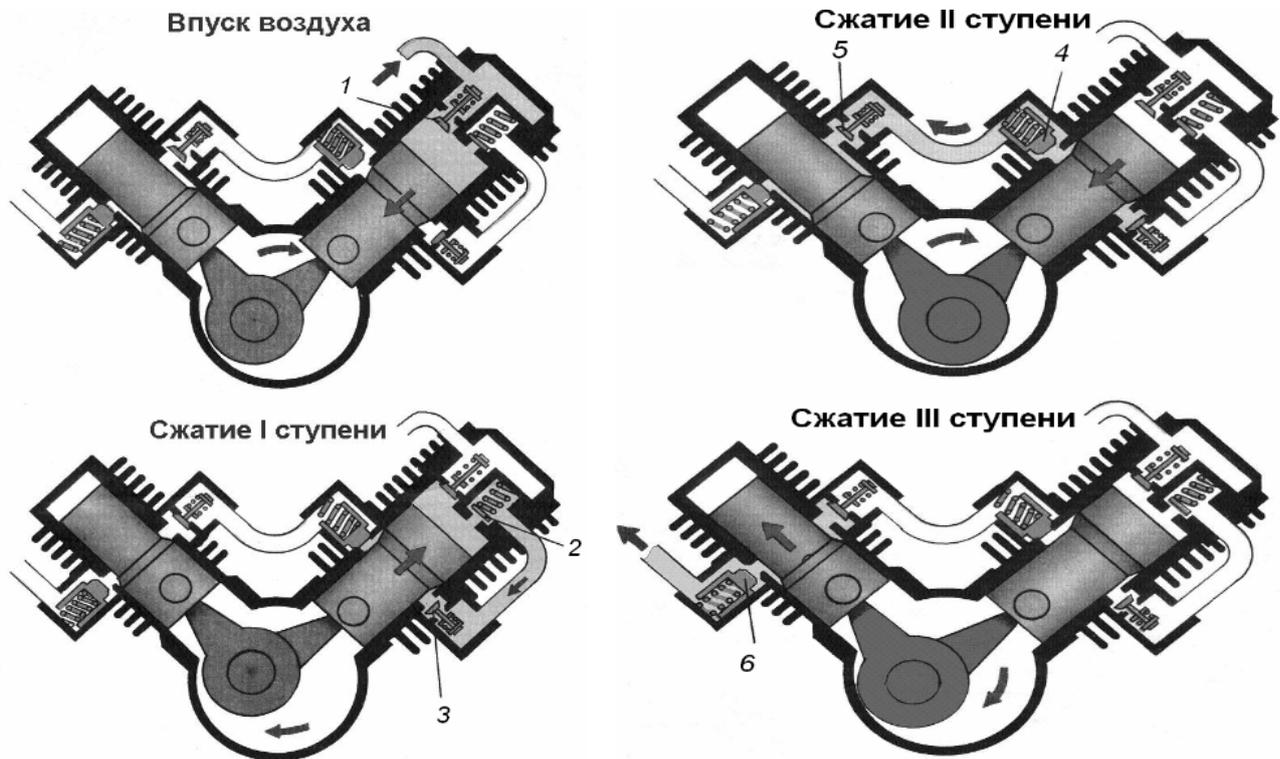
Рисунок 8.2 – Компрессор АК-150 МКВ

Работа компрессора. Вращающий момент от карданного вала привода передается на эксцентриковый вал компрессора.

Главный и прицепной шатуны преобразуют вращательное движение вала в возвратно-поступательное движение поршней.

При движении поршня первой и второй ступеней вниз над первой ступенью поршня создается разрежение, открывается впускной клапан первой ступени, и очищенный воздух из воздухоочистителя под атмосферным давлением заполняет надпоршневое пространство.

При движении поршня первой и второй ступеней вверх впускной клапан первой ступени давлением сжимаемого воздуха закрывается, а выпускной открывается, и воздух нагнетается ко второй ступени. Давлением воздуха открывается впускной клапан второй ступени, так как объем цилиндра во второй ступени увеличивается, и предварительно сжатый воздух в первой ступени заполняет межцилиндровое пространство второй ступени. При дальнейшем движении поршня вниз закрывается впускной клапан и открывается выпускной клапан второй ступени, воздух сжимается дополнительно второй ступенью и нагнетается к третьей ступени, а в первой ступени в этот момент идет впуск.



1 – впускной клапан I ступени; 2 – выпускной клапан I ступени; 3 – впускной клапан II ступени; 4 – выпускной клапан II ступени; 5 – впускной клапан III ступени; 6 – выпускной клапан III ступени

Рисунок 8.3 – Работа компрессора

При движении поршня третьей ступени вниз в цилиндре третьей ступени открывается впускной клапан, и сжатый воздух из второй ступени заполняет межцилиндровое пространство третьей ступени.

При движении поршня третьей ступени вверх закрывается впускной клапан и открывается выпускной, воздух дополнительно сжимается и нагнетается через выпускной клапан по трубопроводу к влагомаслоотделителю.

Привод компрессора предназначен для передачи вращающего момента от привода генератора к компрессору.

Редуктор привода компрессора установлен на приводе генератора.

Устройство привода показано на рисунке 8.4.

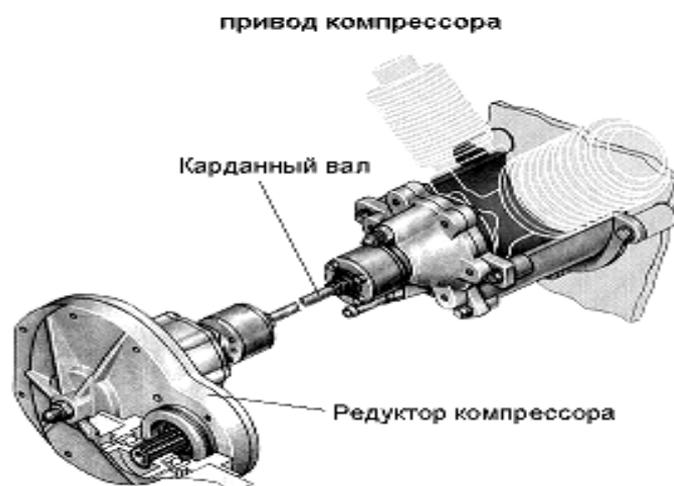


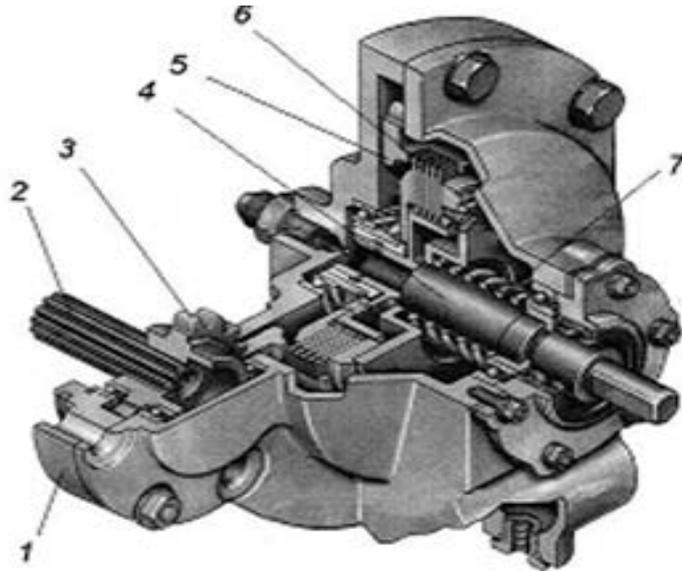
Рисунок 8.4 – Привод компрессора

Картер редуктора закреплен на опорной плите, которая в свою очередь шпильками крепится к торцу прилива блок картера двигателя.

Карданный вал состоит из рессорного валика и двух шарнирных муфт.

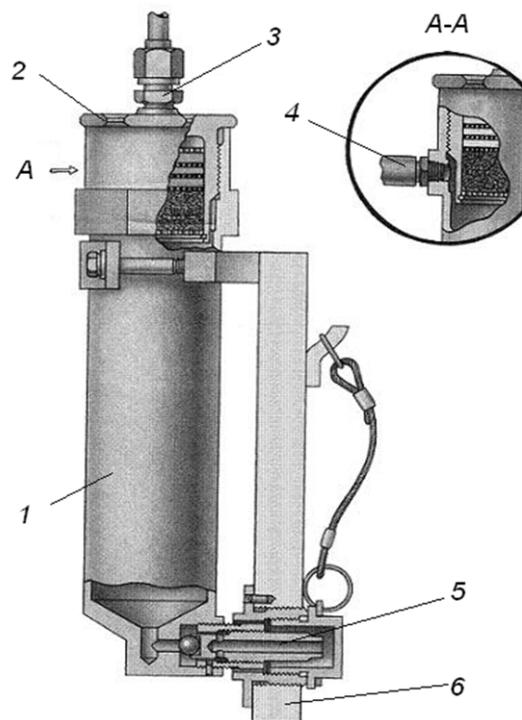
Карданный вал привода через шарнирные муфты своими концами соединен с ведомым валом редуктора и валом опоры компрессора.

Влагомаслоотделитель предназначен для очистки нагнетаемого компрессором воздуха от механических примесей, влаги и масла. Установлен в силовом отделении на кормовом листе слева от компрессора.



1 – картер; 2 – ведущий вал; 3 – ведущая шестерня; 4 – ведомый вал; 5 – ведомая шестерня; 6 – фрикционная муфта; 7 – пружина, монтажные детали и уплотнения

Рисунок 8.5 – Редуктор привода компрессора



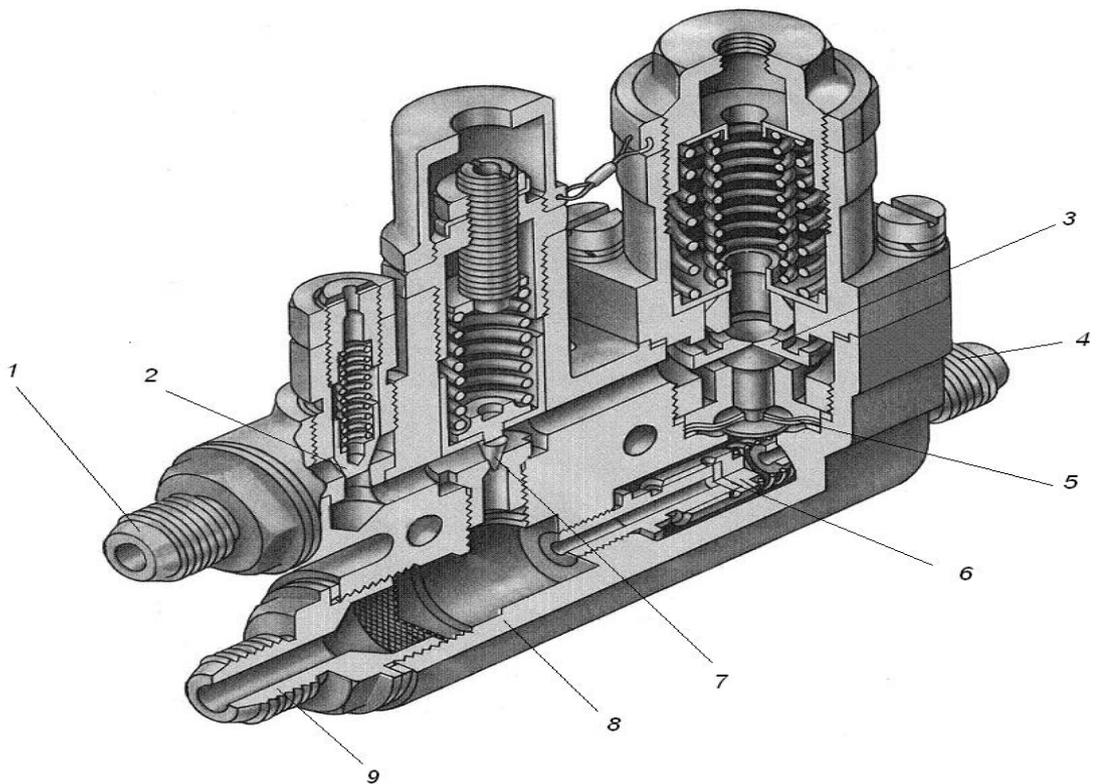
1 – корпус; 2 – крышка с фильтрующим элементом; 3 – штуцер подвода воздуха; 4 – штуцер отвода очищенного воздуха; 5 – вентиль слива отстоя с пробкой; 6 – кормовой лист машины

Рисунок 8.6 – Влагомаслоотделитель

Фильтрующий элемент состоит из войлочных пластин, разделенных проволочными сетками и проволочной канителью.

Работа влагомаслоотделителя. Нагнетаемый из компрессора воздух с частицами механических примесей, парами воды и каплями масла, ударяясь о цилиндр крышки, резко меняет направление и скорость потока. В результате этого пары воды, соприкасаясь с холодными поверхностями, конденсируются и оседают вместе с каплями масла на стенках цилиндра и канители, опускаются на дно корпуса. Воздух, далее проходя через войлочные пластины, очищается от механических примесей и через выходной штуцер по трубопроводу нагнетается к автомату давления.

Слив отстоя производится через сливной вентиль, для чего необходимо снаружи машины в кормовом листе отвернуть пробку и специальным ключом открыть вентиль. *Слив отстоя производить при работающем компрессоре!*

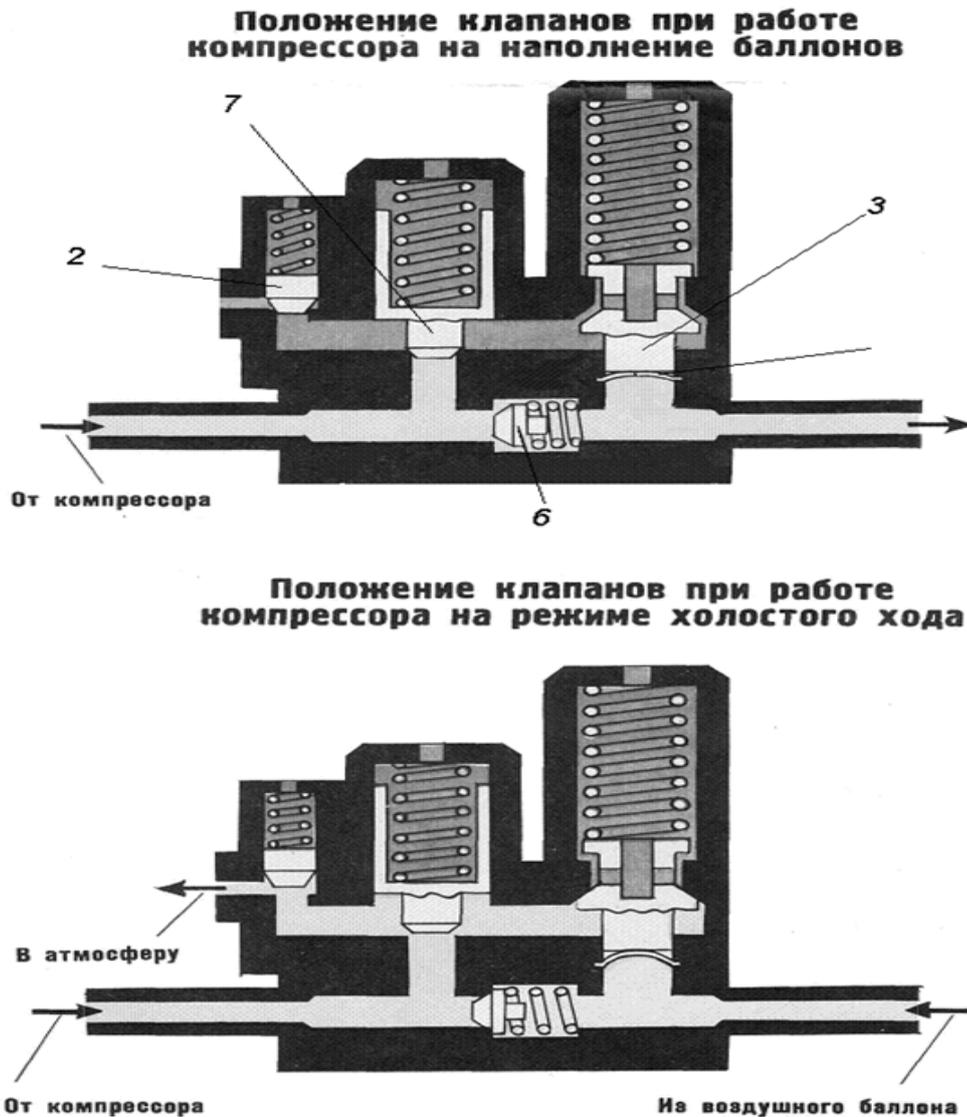


1 – штуцер отвода воздуха в атмосферу; 2 – редукционный клапан с пружиной и регулировочным винтом ($p_{\text{сраб.}} = 10\text{--}17 \text{ кгс/см}^2$); 3 – клапан включения; 4 – штуцер отвода воздуха к баллону; 5 – мембрана; 6 – обратный клапан; 7 – клапан выключения; 8 – корпус; 9 – штуцер подвода воздуха от компрессора

Рисунок 8.7 – Автомат давления АДУ-2С

Автомат давления АДУ-2С (рисунок 8.7) предназначен для перевода компрессора на режим холостого хода, когда давление в баллонах достигнет $138\text{--}166\text{ кгс/см}^2$, а также для перевода компрессора на рабочий режим (наполнения баллонов), когда давление в баллонах снизится до $128\text{--}134\text{ кгс/см}^2$. Установлен в [МТО](#) и закреплен на бонках, приваренных к кормовому листу.

Работа автомата давления (рисунок 8.8). **1-й режим** – перевод компрессора на режим холостого хода (отключение компрессора от наполнения баллонов при $p = 138\text{--}166\text{ кгс/см}^2$).



2 – редукционный клапан; 3 – клапан включения; 4 – штуцер отвода воздуха к баллону; 5 – мембрана; 6 – обратный клапан; 7 – клапан выключения

Рисунок 8.8 – Работа автомата давления

Под действием пружины клапан выключения закрыт, тем самым воздушный нижний канал разобщен с воздушным верхним каналом, а клапан включения соединяет верхний канал с атмосферой. Воздух от компрессора нагнетается через входной штуцер в нижний канал, давлением открывает обратный клапан и через его идет к выходному штуцеру и далее по трубопроводам в баллоны.

При достижении давления $p = 130 \text{ кгс/см}^2$ мембрана прогибается, давит на клапан включения, который, перемещаясь, перекрывает отверстие, соединяющее верхний канал с атмосферой. При дальнейшем повышении давления до $p = 138\text{--}166 \text{ кгс/см}^2$ открывается клапан выключения, и воздух идет в верхний канал. Из верхнего канала воздух нагнетается к редукционному клапану, отрегулированному на давление $p = 10\text{--}17 \text{ кгс/см}^2$, который срабатывает и сбрасывает воздух в [МТО](#). Редукционный клапан удерживается $p = 10\text{--}17 \text{ кгс/см}^2$, так как он воздействует на поверхность клапана, значительно большую поверхности его иглы. В результате падения давления перед обратным клапаном, он срабатывает и разобщает входной и выходной штуцеры, запирая воздух в баллонах.

2-й режим – перевод компрессора на рабочий режим (подключение на наполнение баллонов при $p = 128\text{--}134 \text{ кгс/см}^2$).

При снижении давления в баллонах ниже $p = 128\text{--}134 \text{ кгс/см}^2$ клапан включения под действием пружины перемещается вниз, прогибая диафрагму, так как сила давления воздуха становится ниже силы жесткости пружины клапана включения, открывается входное отверстие, соединяющее верхний канал с атмосферой. Воздух из верхнего канала свободно, через открытое отверстие, стравливается в атмосферу, давление воздуха в верхнем канале падает, и под действием пружины клапан выключения закрывается, прекращая стравливание воздуха через дренажный клапан. Так как оба клапана закрыты, то воздух от компрессора давлением открывает обратный клапан и нагнетается по трубопроводам к баллонам.

Воздушные баллоны и запорные вентили, манометр МТ-60УП. Воздушные баллоны предназначены для хранения запаса сжатого воздуха, необходимого для пуска двигателя.

10-литровый баллон установлен в носовой части корпуса машины и крепится двумя хомутами. 2-х литровый баллон установлен на кронштейне пола возле перегородки МТО. На баллонах в верхней части набивается дата осмотра баллона ГОСКОТЛНАДЗОРом. Периодичность проверки – 1 раз в 5 лет.

На 10-литровом баллоне установлен запорный вентиль.

Выносной запорный клапан установлен в отделении управления, закреплен на кронштейне, приваренном к правой стойке аккумуляторной батареи.

Манометр МТ-60УП установлен на наклонном носовом листе ниже АБ. Имеет шкалу для измерения давления от 0 до 250 кгс/см².

Таким образом, приборы и агрегаты системы обеспечивают надежное наполнение баллонов при работе двигателя в автоматическом режиме в различных климатических условиях при соблюдении правил эксплуатации, просты в устройстве и не требуют больших затрат времени на обслуживание.

8.3 Система пуска двигателя сжатым воздухом

8.3.1 Требования к системам пуска и их классификация

Надежный, быстрый и безотказный пуск двигателей боевых машин, танков, автомобилей в любых климатических условиях является важным элементом поддержания высокой боевой готовности бронетанковой и автомобильной техники подразделений [ВДВ](#). Заводы промышленности устанавливают на силовые установки боевых машин и на двигатели автомобилей современные, высокоэффективные, надежные системы пуска двигателей в любых условиях.

Для пуска любого двигателя внутреннего сгорания необходимо предварительно раскрутить его коленчатый вал до определенных оборотов:

- заполнить соответствующие объемы рабочей смесью и подготовить ее к воспламенению,

- для дизеля ещё необходимо создать в конце такта сжатия в цилиндре температуру воздуха, обеспечивающую самовоспламенение дизельного топлива (T_c):

$$T_c = T_o E^{n-1}, \quad (8.1)$$

$$T_c = T_{вт} + 200-250 \text{ }^\circ\text{C} = 400-500 \text{ }^\circ\text{C}, \quad (8.2)$$

где T_o – температура воздуха при входе в цилиндр;

$T_{вт}$ – температура самовоспламенения топлива, $T_{вт} = 200-250 \text{ }^\circ\text{C}$.

Показатель политропы сжатия (n_1) достигает необходимых значений:

- при температуре стенок цилиндров $+40 \text{ }^\circ\text{C}$, а чтобы этого достичь, надо разогреть двигатель подогревателем до $T_{ож} = 90 \text{ }^\circ\text{C}$;

- при частоте вращения коленчатого вала 100–200 об/мин – для дизелей и 50–100 об/мин – для карбюраторных двигателей.

Пусковое устройство должно преодолевать общее сопротивление вращению коленчатого вала двигателя, которое складывается:

- из сопротивления сил трения;
- сопротивления привода вспомогательных агрегатов (вентилятора, генератора, нагнетателя, водяного, масляного и топливного насосов и др.);
- сопротивления насосных ходов (впуски, выпуск);
- сопротивления сил инерции подвижных частей двигателя, возникающих при разгоне их до пусковых оборотов);
- сопротивления сжатию воздуха (смеси) в цилиндрах.

Исходя из важности обеспечения быстрого пуска двигателей боевых машин, автомобилей, к системам пуска их двигателей предъявляются требования:

- система должна обеспечивать надежный пуск дизеля до $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ без предварительной подготовки;
- время пуска двигателей и подготовки к движению не должно превышать 10 минут без предварительной подготовки, и 30 минут – с предварительной подготовкой;
- система должна обеспечивать 50 и более повторных пусков с достаточным пусковым числом оборотов коленчатого вала;
- система должна быть недорогой, иметь малый вес, малые затраты времени и энергии на осуществление пуска;
- обеспечивать надежную работу в различных климатических условиях;
- система должна быть стойкой к повреждениям.

8.3.2 Классификация систем пуска

На современных машинах применяют следующие способы пуска двигателей:

- ручной;
- электрическим стартером;
- инерционным стартером;
- сжатым воздухом;
- вспомогательным пусковым двигателем;
- пневматическим стартером;
- пневмогидравлическим стартером.

Ручной пуск – простейший способ, применяется только для двигателей сравнительно малой мощности. Карбюраторные двигатели можно пускать указанным способом лишь при мощностях двигателя не более 70–80

л. с., а дизеля – не более 20–25 л. с. Часто ручное прокручивание коленчатого вала производят предварительно перед пуском другими средствами.

Пуск электрическим стартером наиболее распространен и применяется на двигателях колесных и гусеничных машин.

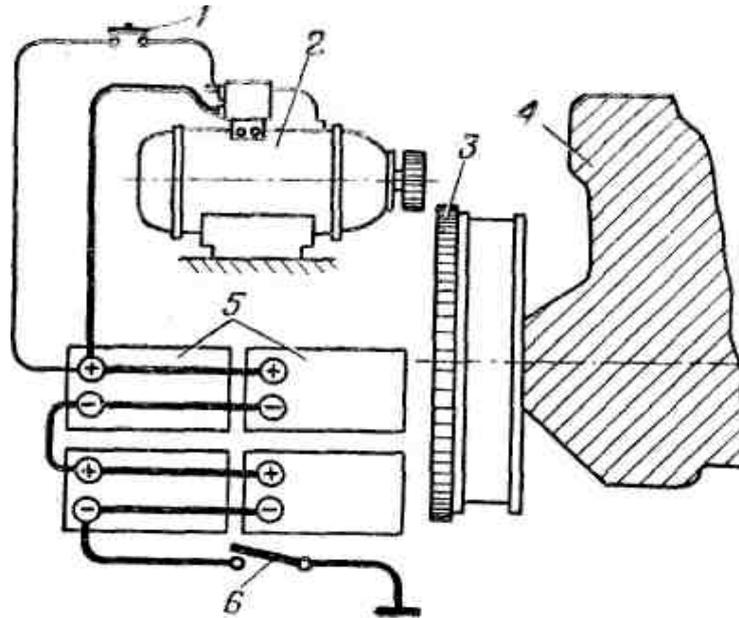
Схема пуска электростартером представлена на рисунке 8.9. Электростартер 2 представляет собой электродвигатель постоянного тока, питаемый энергией аккумуляторных батарей 5. При включении стартера его шестерня входит в зацепление с зубчатым венцом 3 маховика двигателя. Передаточное отношение к коленчатому валу и число оборотов якоря электростартера выбираются так, чтобы обеспечивались необходимые пусковые обороты двигателя.

Недостатки пуска электростартером: необходимость применения тяжелых аккумуляторных батарей и зависимость работы стартера от их состояния и от окружающей температуры, так как при низких температурах работоспособность аккумуляторных батарей резко снижается.

Действие пуска инерционным стартером основано на использовании кинетической энергии специального маховика, сообщаемой ему при раскручивании до большого числа оборотов электродвигателем или от руки.

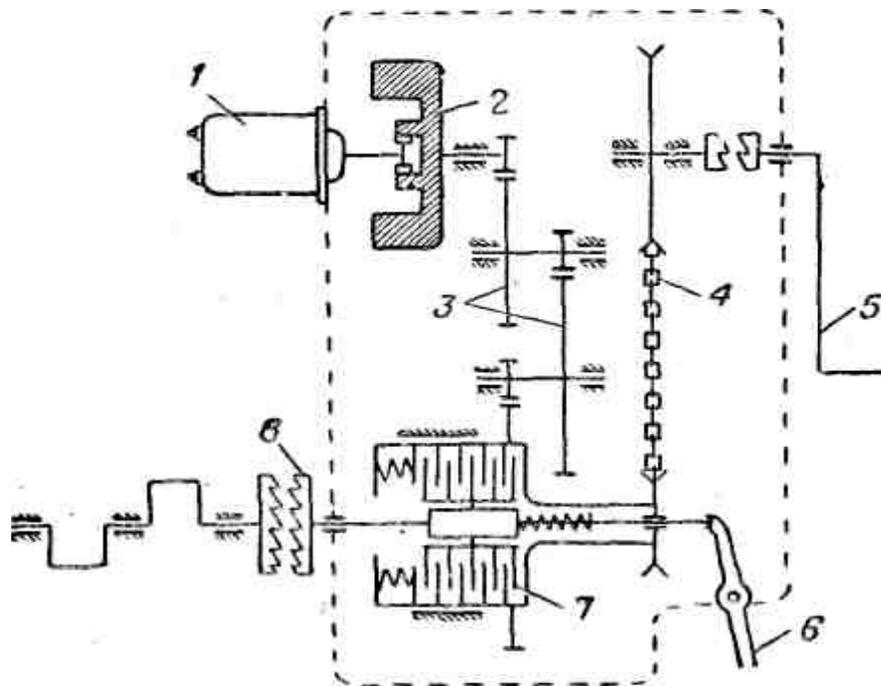
На рисунке 8.10 представлена принципиальная схема электроинерционного стартера, который применялся для пуска танкового двигателя мощностью 520 л. с.

Перед пуском двигателя маховик 2 стартера раскручивается до 6–12 тыс. об/мин электродвигателем или рукояткой 5 через цепную передачу 4 и шестерню 3 редуктора. При пуске двигателя рычагом 6 включения вводится в зацепление храповик 8, и кинетическая энергия маховика 2 через понижающий редуктор и фрикционную муфту 7 передается коленчатому валу, сообщая ему пусковые обороты.



1 – кнопка включения стартера; 2 – электростартер; 3 – зубчатый венец маховика; 4 – двигатель; 5 – аккумуляторные батареи; 6 – выключатель батарей

Рисунок 8.9 – Схема пуска двигателя электростартером



1 – электродвигатель; 2 – маховик; 3 – шестерни редуктора; 4 – цепная передача; 5 – рукоятка; 6 – рычаг включения; 7 – фрикционная муфта; 8 – храповик

Рисунок 8.10 – Схема электроинерционного стартера

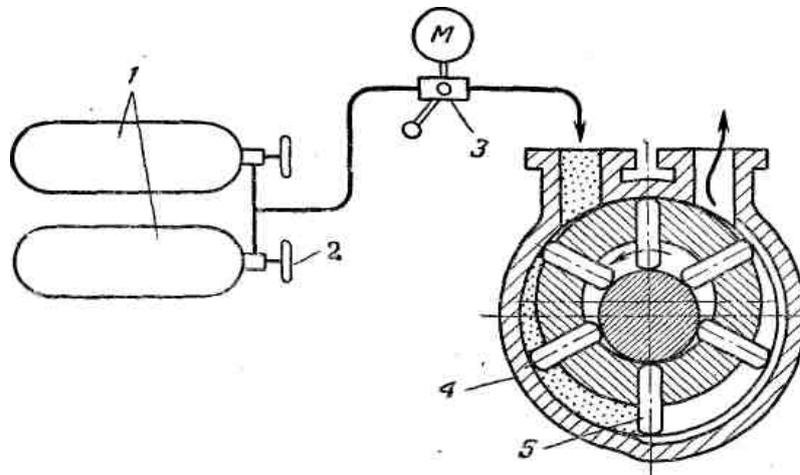
Важным *достоинством* указанного стартера является возможность пуска двигателя от руки. Но в связи с тем, что на запуск двигателя этим стартером затрачивается значительно больше времени, чем электрическим, на боевых машинах широкого распространения они не получили.

При пуске двигателя пневматическим стартером данным способом сжатый воздух из баллонов может подаваться либо в специальное воздушное устройство (пневматический стартер), либо непосредственно в цилиндры двигателя.

Пневматические стартеры так же, как и электрические, устанавливаются на картеры маховика двигателя или коробки передач и имеют шестерню, входящую при пуске в зацепление с венцом маховика.

На рисунке 8.11 представлена принципиальная схема роторного лопаточного пневмостартера. Давление сжатого воздуха не превышает 7–10 кгс/см².

В корпусе пневмостартера имеются входной и выходной патрубки. В цилиндрической части корпуса эксцентрично установлен ротор с радиальными лопастями. Поступая в пространство между двумя соседними лопастями, воздух приводит ротор во вращение. Число оборотов достигает 2–2,5 тыс. в минуту. Такой стартер отличается малыми габаритами и весом. *Недостаток* – чрезмерно большой расход воздуха.



1 – баллоны, 2 – вентиль; 3 – кран-редуктор; 4 – пневмостартер; 5 – лопасть

Рисунок 8.11 – Схема роторного пневматического стартера

Пуск специальным двигателем. Этот способ чаще всего применяется для пуска тракторных дизелей. Дизель снабжается специальным бензиновым двигателем, выполняющим роль стартера. Например, на дизеле [КД-35](#) мощностью 37 л. с. устанавливается одноцилиндровый двухтактный

карбюраторный двигатель (рисунок 8.12) мощностью 8,5 л. с. при 3 500 об/мин.

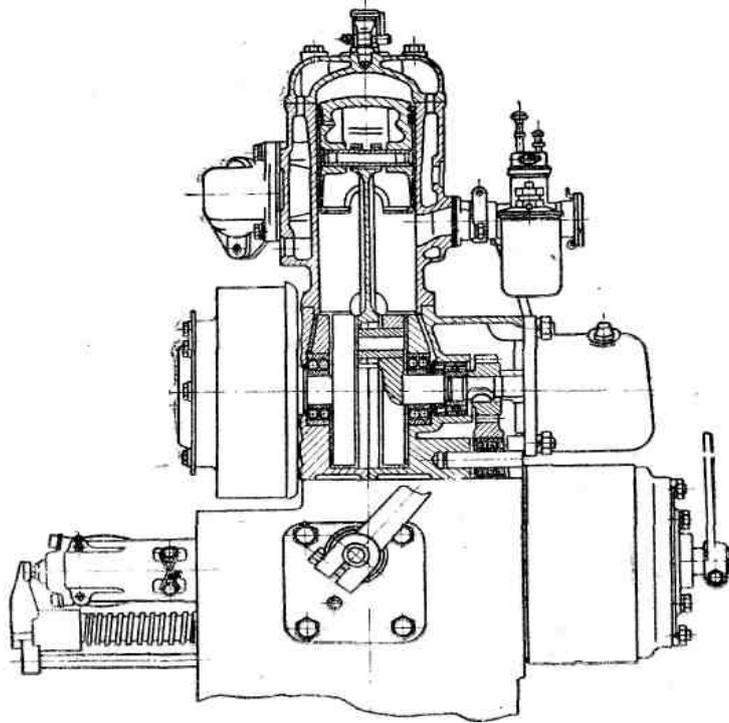


Рисунок 8.12 – Пусковой двигатель дизеля [КД-35](#)

Пусковой двигатель пускается вручную с помощью шнура, наматываемого на маховик. После прогрева его вал посредством понижающего редуктора соединяется с коленчатым валом дизеля и приводит его во вращение с необходимым числом оборотов. В данной системе пуска предусмотрена возможность использования тепла охлаждающей жидкости пускового двигателя для разогрева основного двигателя.

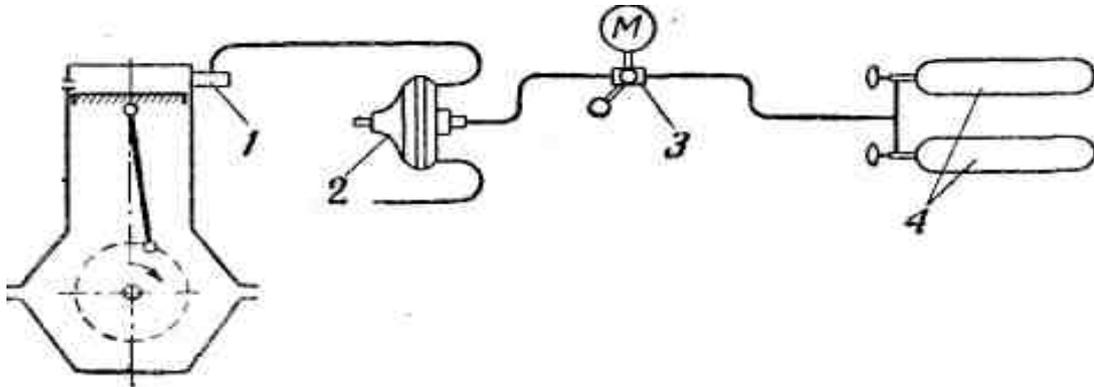
Недостаток данного способа пуска – его громоздкость и необходимость наличия специального топлива – бензина. Поэтому для танковых дизелей этот способ не применяется.

Схема системы пуска сжатым воздухом, поступающим в цилиндры двигателя, показана на рисунке 8.13. Из баллонов 4 сжатый воздух проходит через кран-редуктор 3, воздухораспределитель 2, пусковой клапан 1 и поступает в цилиндры двигателя в соответствии с порядком их работы.

В такте расширения сжатый воздух давит на поршень, перемещает его и проворачивает коленчатый вал. Как только двигатель пустится, кран 3 закрывается и подача воздуха прекратится.

Максимальное давление воздуха в баллонах контролируется манометром и составляет 150 кгс/см²; минимальное давление, необходимое для пуска летом, равно 35–40 кгс/см², зимой – 65 кгс/см². Давление воздуха,

поступающего в цилиндры двигателя, не должно превышать максимальное давление цикла p_z , чтобы не повредить элементы силовой схемы двигателя. Давление снижается неполным открытием крана 3 или специальным воздушным редуктором.



1 – пусковой клапан; 2 – воздухораспределитель; 3 – кран-редуктор; 4 – баллоны

Рисунок 8.13 – Схема пуска двигателя сжатым воздухом

Недостатком такой системы пуска является затруднительный пуск двигателя при низких температурах вследствие охлаждения камеры сгорания сжатым воздухом, температура которого понижается при расширении воздуха в цилиндре. Однако применение системы воздушного пуска двигателей в сочетании с системой подогрева, обеспечивающей подогрев двигателя, масла и поступающего в цилиндры воздуха, обеспечивает эффективное использование указанного способа пуска двигателей. Он является наиболее широко распространенным способом пуска дизелей боевых машин и танков.

Вывод: Наиболее широкое применение на бронетанковой технике **ВДВ** получила система пуска двигателя сжатым воздухом, которая в виду своей надёжности, простоты конструкции является основной системой пуска двигателя, а пуск электростартером является вспомогательной.

8.3.3 Назначение, устройство и работа системы воздушного пуска двигателя 5Д20-240

Назначение системы – для пуска двигателя сжатым воздухом.

Минимальное давление воздуха в баллонах при пуске машины:

- летом – 85 кгс/см²;
- зимой – 100 кгс/см²;
- на хранении – 125 кгс/см²;

- положение поршня в цилиндре двигателя в момент подачи воздуха при его пуске $16-20^\circ$ после **ВМТ** в такте «рабочий ход».

Система воздушного пуска двигателя включает: баллоны 10 л и 2 л; запорные вентили; воздушный редуктор, ИЛ-611-150/70; электровоздушный клапан (ЭК-48М); отсечной клапан; воздухопроводы; пусковые клапана (6 шт.); воздушные трубки; кнопку ВОЗДУХ на щитке механика-водителя.

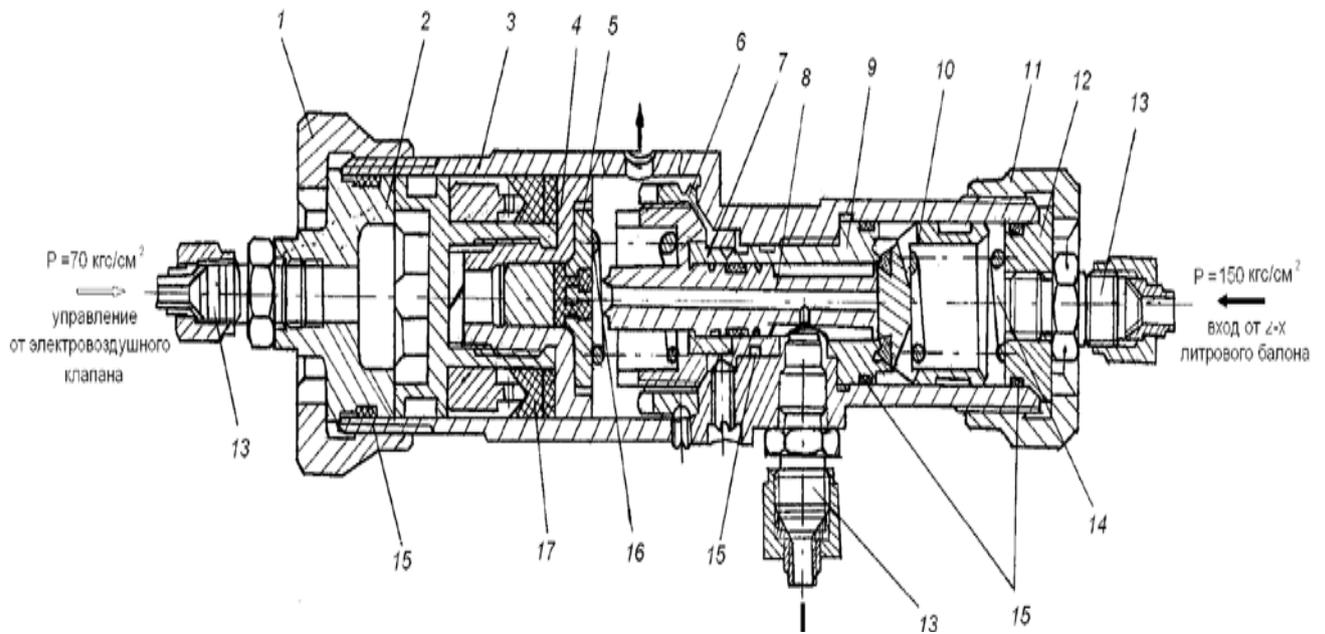
Устройство приборов системы пуска двигателя 5Д20-240 сжатым воздухом

Электровоздушный клапан ЭК-48 предназначен для подачи сжатого воздуха к полости управления отсечного клапана. В корпусе клапана выполнены отверстия для сообщения полости под поршнем и перед выпускным клапаном с атмосферой. Входной штуцер трубкой соединен с воздушным редуктором, а выходной с полостью управления отсечного клапана.

С нажатием кнопки ВОЗДУХ подается напряжение от бортовой сети машины на тяговое реле электровоздушного клапана. Реле срабатывает и перемещает сервоклапан. Под давлением сжатого воздуха поршень перемещается, заставляя перемещаться впускной клапан до его полного открытия и выпускной – до его полного закрытия, и воздух из баллона начинает поступать к полости управления отсечного клапана.

При опускании кнопки ВОЗДУХ тяговое реле обесточивается, сервоклапан под действием пружины возвращается в исходное положение. Отверстие во впускном клапане закрывается сервоклапаном, он же открывает отверстие для выпуска воздуха из-под поршня. Сжатый воздух из-под поршня выходит в атмосферу, под действием пружины поршень возвращается в исходное положение, клапаны закрываются, выпускной клапан соединит внутреннюю полость электровоздушного клапана и выходного штуцера с атмосферой.

Отсечной клапан (рисунок 8.14) предназначен для подключения двухлитрового баллона к воздухопроводителю в момент пуска двигателя. Управление клапаном пневматическое. Клапан установлен около 2-литрового баллона у моторной перегородки. При подаче воздуха в полость управления перемещается клапан управления и открывает отверстия, соединяющие баллоны с воздухопроводителем двигателя.



1, 11 – гайки; 2 – крышка; 3 – корпус; 4 – поршень; 5, 10 – клапаны; 6 – контргайка; 7 – упор; 8 – шток; 9 – втулка; 12 – крышка; 13 – переходник; 14, 16 – пружины; 15 – уплотнительные кольца; 17 – манжета

Рисунок 8.14 – Отсечной клапан

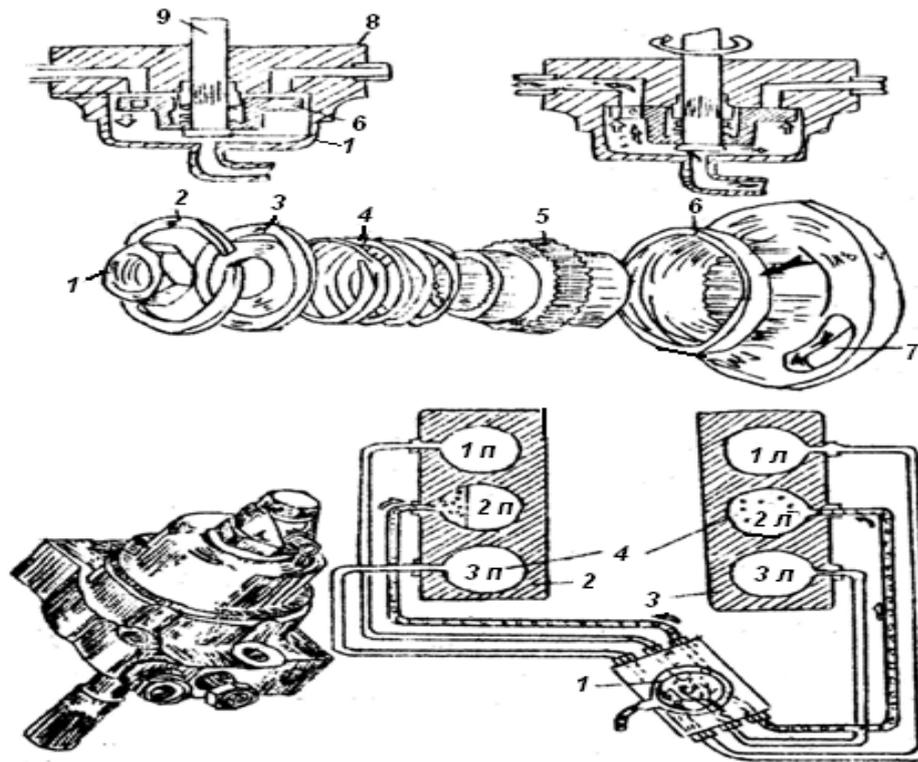
Воздухораспределитель (рисунок 8.15) предназначен для подачи сжатого воздуха в цилиндры двигателя в такте рабочего хода в порядке очередности работы цилиндров.

Крепится 4-мя шпильками на торце блок-картера со стороны маховика на левом блоке. Представляет собой золотниковое устройство, синхронное с коленчатым валом.

Полное открытие окна подачи воздуха наступает при положении поршня в цилиндре $16\text{--}20^\circ$ после **ВМТ** в такте рабочего хода.

Корпус отштампован из алюминиевого сплава. В нем выполнено 7 отверстий по наружному торцу, в распределительный диск ввернуты зажимы трубок, отводящих воздух в цилиндры, одно отверстие служит для подвода масла к валу распределителя. У отверстий для отвода воздуха набиты номера цилиндров, к которым они присоединены трубопроводами. В центре корпуса выполнено отверстие, являющееся подшипником для валика привода. В центральное резьбовое отверстие корпуса ввертывается стальной колпак, уплотненный алюминиевой прокладкой.

Валик привода имеет шлицы для соединения с шестерней механизма передач и с регулировочной втулкой, с другой стороны.



1 – гайка; 2 – замок; 3 – шайба; 4 – пружина; 5 – муфта (регулировочная);
6 – распределительный диск; 7 – фигурное отверстие; 8 – корпус; 9 – валик

Рисунок 8.15 – Воздухораспределитель

Регулировочная муфта имеет внутренние мелкие шлицы и наружные крупные. Путем перестановки регулировочной втулки осуществляется правильная установка золотникового распределительного диска по отношению к каналам в корпусе воздухоочистителя и регулируется момент начала подачи воздуха в цилиндр.

Распределительный диск имеет золотниковое окно на дуге 60° . Это позволяет золотниковому окну в любой момент поворота распределительного диска соединить с полостью под колпаком одно или два отверстия для подвода сжатого воздуха в цилиндры двигателя. Соприкасающиеся плоскости диска и корпуса тщательно притерты. В расточку ступицы распределительного диска установлена тарель, которая стопорится валиком. Тарелка прижимается к гайке, накрученной на резьбовой конец валика привода. Пружина, установленная между регулировочной втулкой и тарелью, отождмет распределительный диск и обеспечит зазор между корпусом воздухораспределителя и распределительным диском во время работы двигателя (0,2–1,5 мм). Через центральное отверстие в колпаке воздух подается к воздухораспределителю.

Работа воздухораспределителя. При пуске двигателя воздух поступает в полость воздухораспределителя и, преодолевая усилие пружины, прижимает распределительный диск к корпусу воздухораспределителя.

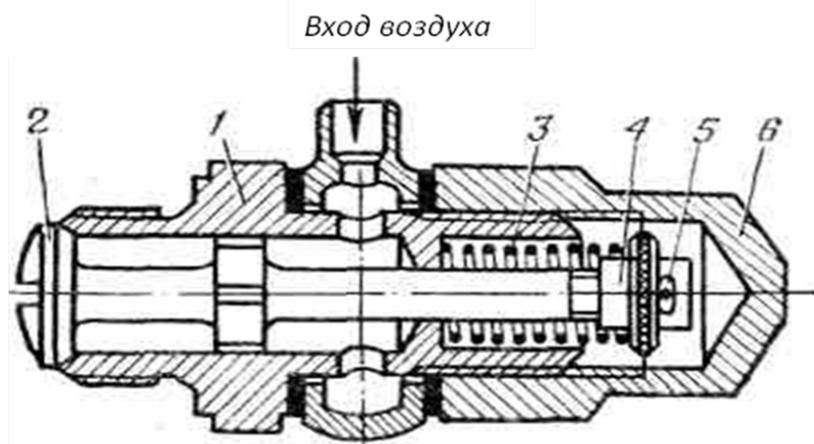
При этом золотниковое окно совпадает с одним из шести каналов в корпусе. Сжатый воздух, пройдя каналы корпуса, по трубопроводу поступает через пусковой клапан в цилиндр и, воздействуя на поршень, заставляет вращаться коленчатый вал.

При повороте коленчатого вала и, следовательно, распределительного диска, золотниковое окно сообщается последовательно с каждым из цилиндров в порядке их работы.

Пусковые клапаны и трубопроводы (рисунок 8.16) предназначены для подачи сжатого воздуха в цилиндр двигателя и обеспечения герметичности камеры сгорания двигателя при его работе.

Пусковой клапан установлен в головке блока под впускным коллектором. На каждый цилиндр устанавливается по одному пусковому клапану.

С обеих сторон стального корпуса клапана имеются наружные резьбы для ввертывания его во втулку головки блока и наворачивания на него колпачка. В корпус вставлен клапан. К седлу корпуса грибок клапана прижат пружиной, которая удерживается гайкой.



1 – корпус; 2 – клапан с грибком; 3 – пружина; 4 – гайка; 5 – шплинт; 6 – колпачок

Рисунок 8.16 – Пусковой клапан

Работа пускового клапана. Сжатый воздух, поступающий по трубке от воздухораспределителя, преодолевает сопротивлением пружины, и, отжимая грибок клапана от седла, проходит в цилиндр.

При работающем двигателе грибок клапана плотно прижимается к седлу клапана усилием пружины и силой давления газов во время сгорания рабочей смеси.

При открытии вентилей (на баллоне и выносного запорного) воздух из 10-литрового баллона поступает по трубопроводам к манометру, воздушному редуктору ИЛ-611-150/70, где понижается до 70 кгс/см^2 и далее к

электровоздушному клапану ЭК-48. Одновременно по трубопроводам, минуя воздушный редуктор, воздух поступает в 2-литровый баллон через калиброванное отверстие в тройнике 2-литрового баллона и давление в баллонах выравнивается. Из 2-литрового баллона воздух поступает в отсечной клапан.

При нажатии на кнопку ВОЗДУХ:

- срабатывает электровоздушный клапан ЭК-48 и воздух под давлением 70 кгс/см^2 ($p_{\text{упр.}}$) подается в полость управления отсечного клапана;
- срабатывает отсечной клапан и воздух из 2-литрового баллона ($p = 150 \text{ атм.}$) подается к воздухораспределителю и далее в порядке очередности работы цилиндров двигателя к пусковым клапанам и через них в цилиндры двигателя в такте рабочий ход после [ВМТ](#) через $16\text{--}20^\circ$;
- сила давления воздуха воздействует на поршни и проворачивает коленчатый вал.

Воздух расходуется из 2-литрового баллона, а пополнение баллона идет из 10-литрового через калиброванное отверстие в тройнике.

При отпускании кнопки ВОЗДУХ ЭК-48 закрывается и $p_{\text{упр.}}$ в отсечной клапан не подается, он закрывается, прекращается подача воздуха из 2-литрового баллона к воздухораспределителю.

Таким образом, система воздушного пуска [БМД-2](#), её приборы и агрегаты при их правильной эксплуатации и своевременном обслуживании обеспечивают надежный пуск двигателя во всех климатических условиях.

Особенности системы воздушного пуска двигателя 2В-06-2

Система имеет два баллона по 5 литров для хранения запаса сжатого воздуха. Это вызвано конструктивными возможностями по размещению их в носовой части машины.

Непосредственно для пуска используются два баллона по два литра, так как объёма воздуха в одном баллоне недостаточно, чтобы обеспечить надежный пуск двигателя, особенно зимой.

Воздухораспределителей два, по одному на торцах картеров [ГРМ](#) левого и правого блоков. Вращающий момент на их золотники передается от хвостовиков распределительных валов ГРМ. Распределительный диск каждого из воздухораспределителей соединяет канал подвода воздуха с тремя цилиндрами двигателя в порядке их работы.

Положение поршня в цилиндре двигателя в момент подачи воздуха при его пуске 6° до ВМТ в такте сжатия, вместо выносного запорного вентиля и штуцера отбора воздуха для технических целей используются краны ПК-12.

8.4 Устройства, облегчающие пуск двигателя

Эксплуатация бронетанковой техники в Афганистане и Чечне показала необходимость экстренного пуска двигателя в зимних условиях с целью подготовки техники к выполнению боевых задач, так как времени на разогрев двигателя подогревателем (15 мин) перед пуском практически нет.

Таким образом, возникла необходимость разработки устройств, способных обеспечить надежный пуск двигателя без предварительного разогрева. Так появились [ЭФУ](#) на [БМД-2](#) и его дальнейшее развитие – [СПВВ](#) для БМД-4.

Устройства, облегчающие пуск двигателя, можно разделить на 2 группы:

- 1) устройства, способствующие надежному воспламенению топлива или рабочей смеси;
- 2) устройства, уменьшающие сопротивление прокручиванию коленчатого вала.

К первой группе относятся:

- подача во впускной коллектор легковоспламеняющихся жидкостей (эфир, спирт и др.);
- подогрев всасываемого воздуха (ЭФУ);
- установка в цилиндры свечи накаливания;
- повышение степени сжатия при запуске (уменьшает объем камеры сгорания).

Ко второй группе относятся:

- установка декомпрессора (выключение части цилиндров в момент пуска);
- подогрев двигателя и масла пусковым подогревателем;
- применение маловязких масел с присадками, предохраняющими масло от застывания.

Подогрев впускного воздуха, поступающего в двигатель, применяется только у дизелей, облегчает получение первых вспышек, так как способствует достижению высокой температуры в конце такта сжатия (осуществляется с помощью электрофакельного подогревателя или калориферного устройства).

При пуске двигателя во впускную трубу через форсунку насосом впрыскивается топливо, которое воспламеняется от свечи.

Образовавшееся при этом пламя нагревает движущийся воздух, стенки впускного трубопровода и стенки цилиндра. Все это обеспечивает более высокую температуру воздуха в конце сжатия.

Подогрев воздуха в камере сгорания дизеля свечой накаливания применяется, главным образом, в дизелях с разделенными камерами сгорания. Перед пуском двигателя свеча нагревается электрическим током до температуры примерно 900 °С.

Применение легковоспламеняющихся топлив (жидкостей) получает в последнее время широкое распространение. Жидкость на диэтиловом эфире содержится в герметически запаянном баллончике. При пуске двигателя баллончик прокалывается специальной иглой, и жидкость ручным насосом подается во впускной трубопровод через распылитель.

Средством, облегчающим пуск двигателя (облегчающим прокручивание коленчатого вала) является декомпрессионное устройство. Оно позволяет в начальный период пуска приоткрыть впускные или выпускные клапаны двигателя, уменьшая тем самым сопротивление прокручиванию вала за счет уменьшения давления сжатия. При постановке рукоятки декомпрессора в положение ПУСК усилие через привод передается коромыслу, и оно постоянно открывает клапаны. При положении ПОЛОВИНА отключается половина цилиндров. При положении РАБОЧЕЕ декомпрессор выключается.

Увеличение степени сжатия осуществляется за счет дополнительного объема, который при пуске изолирует от основного объема камеры сгорания. После пуска дополнительный объем вновь соединяется с камерой сгорания и степень сжатия становится нормальной.

Пуск дизеля на бензине применим лишь для двигателей небольшого литража. Для осуществления пуска дизеля на бензине в его головке предусматривается дополнительная камера, которая с помощью специального клапана сообщается с основной камерой сгорания. Этим достигается снижение степени сжатия, а, следовательно, и снижение сопротивления сжатия при проворачивании коленчатого вала. Пуск такого двигателя осуществляется так же, как и карбюраторного, для чего он оборудуется карбюратором и магнето. После пуска и прогрева двигателя на бензине дополнительная камера выключается, (клапан закрывается) включается подача топлива насосом, и двигатель начинает работать как обычный дизель.

В последние годы стали применяться масла, вязкость которых при понижении температуры увеличивается незначительно. Это в значительной степени облегчает пуск двигателей при низких температурах без применения специальных устройств.

Таким образом, основными средствами, облегчающими пуск двигателя при низких температурах в экстренных случаях, является подогрев впускного воздуха.

8.4.1 Электрофакельное устройство (ЭФУ)

Предназначено для пуска двигателя в экстренных случаях, без предварительного разогрева, при температуре окружающего воздуха от +5 °С до –20 °С.

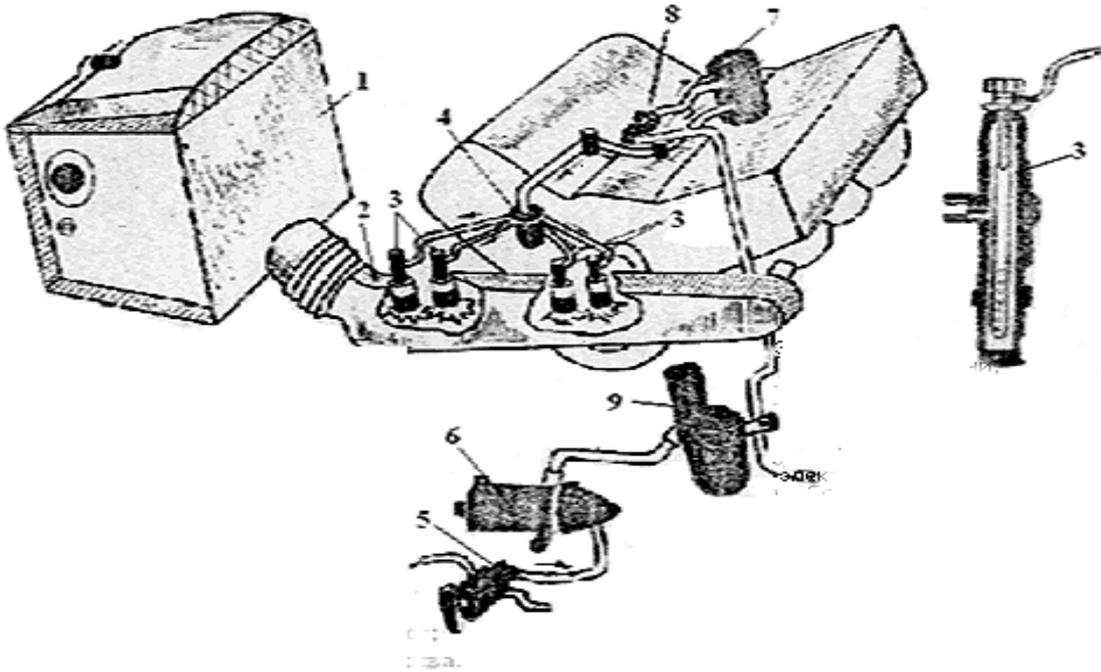
При пуске двигателя обеспечивается подогрев впускного воздуха факельными свечами в раздаточной трубе, чем повышается температура впускного воздуха, а в конце такта сжатия его температура достигает значений, необходимых для воспламенения впрыснутого в цилиндры топлива.

Условия пуска:

- температура окружающего воздуха от +5 °С до –20 °С;
- масляная система заправлена маслом МТЗ-10п;
- давление воздуха в баллонах не менее 100 кгс/см²;
- аккумуляторная батарея разряжена не более чем на 25 % (при нажатии на кнопку ПОМПА напряжение не должно падать ниже 22 В).

Пользоваться ЭФУ разрешается в том случае, если обстановка не позволяет произвести разогрев двигателя перед пуском при помощи пускового подогревателя, по особому указанию командира подразделения!

При пуске двигателя при помощи ЭФУ раскрутка коленчатого вала двигателя до пусковых оборотов производится комбинированным способом – стартером и сжатым воздухом.



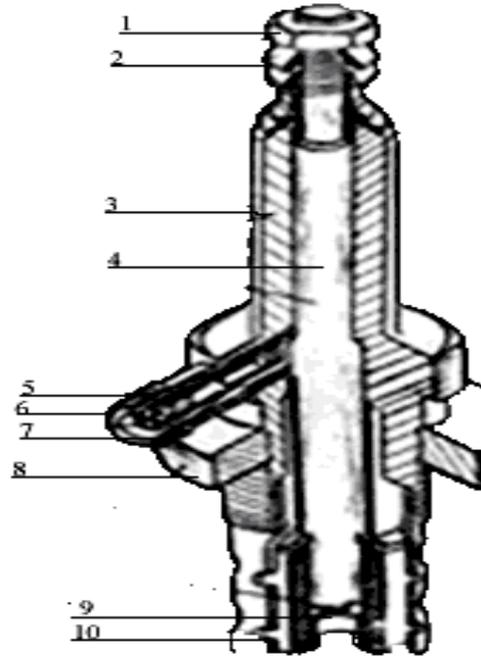
1 – воздухоочиститель; 2 – воздухораздаточная труба; 3 – факельные свечи; 4 – электромагнитный топливный клапан; 5 – топливный кран; 6 – ЭЦН; 7 – топливный фильтр тонкой очистки; 8 – топливоподкачивающий насос; 9 – фильтр грубой очистки топлива

Рисунок 8.17 – Общее устройство ЭФУ

ЭФУ состоит (рисунок 8.17):

- из четырёх факельных свечей;
- релейного блока;
- блока сопротивлений;
- блока предохранительного;
- электромагнитного топливного клапана;
- электропровода и трубопровода;
- органов управления и сигнализации:
- выключателя ВКЛЮЧЕНИЕ ПИТАНИЯ;
- кнопки ПУСК;
- сигнального фонаря ПРОГРЕВ СВЕЧЕЙ;
- четырёх сигнальных фонарей ИСПРАВНОСТЬ СВЕЧЕЙ.

Факельные свечи (рисунок 8.18) предназначены для обеспечения интенсивного испарения поступающего в нее топлива, его воспламенение и удержание факела пламени при пуске двигателя установлены в воздухораздаточной трубе системы питания воздухом каждая свеча представляет собой электрическим термоэлемент.

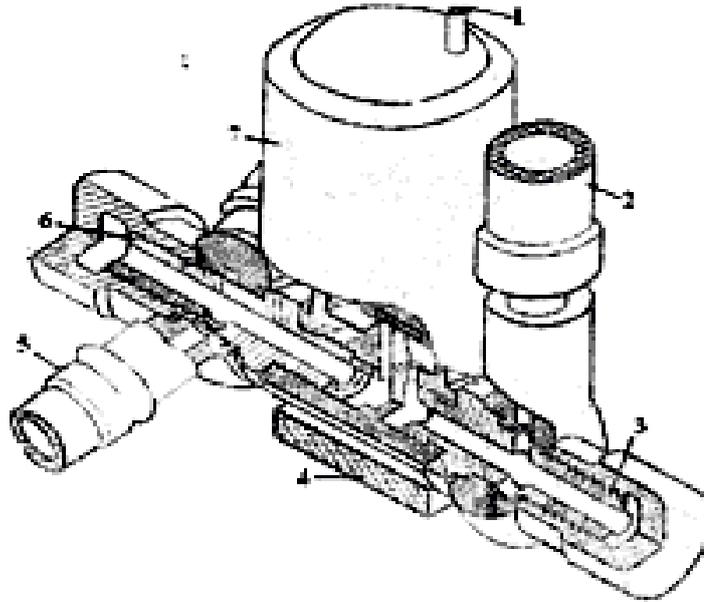


1 – гайка свечи для крепления провода подвода напряжения; 2 – шайба; 3 – корпус свечи; 4 – нагревательный элемент; 5 – штуцер подвода топлива; 6 – втулка с фильтром; 7 – жиклер; 8 – контргайка; 9 – объемная фильтрующая сетка; 10 – экран

Рисунок 8.18 – Факельная свеча

Электромагнитный топливный клапан (рисунок 8.19) обеспечивает подключение факельных свечей к системе питания двигателя топливом, после завершения их нагрева на период пуска и разогрева двигателя, отключение свечей от системы после завершения работы ЭФУ. Закреплен на моторной перегородке в моторно-трансмиссионном отделении и подключен к системе питания топливом через зажимной болт на корпусе [ТНВД](#).

Блок сопротивлений обеспечивает заданный ток для нагрева термоэлементов факельных свечей перед включением устройства в работу и при разогреве двигателя после пуска. Установлен на крыше корпуса машины слева от люка механика-водителя.



1 – провод подвода напряжения батареи; 2 – шланг подвода топлива к клапану;
3 – штуцер подвода воздуха; 4 – кронштейн крепления клапана к моторной перегородке;
5 – шланг подвода топлива к свече; 6 – штуцер отвода топлива; 7 – катушка-соленоид клапана

Рисунок 8.19 – Электромагнитный топливный клапан

Релейный блок обеспечивает заданный режим работы устройства:

- нагрев факельных свечей;
- отключение генератора от бортовой сети при пуске двигателя и его подключение после разогрева двигателя;
- подключение факельных свечей к топливной системе при пуске двигателя и их отключения после разогрева двигателя;
- переключение устройства для пуска двигателя и его разогрева.

Блок установлен слева от центрального щитка механика водителя.

Блок предохранительный обеспечивает защиту электрических цепей и оборудования [ЭФУ](#) от коротких замыканий. Установлен на крыше корпуса машины рядом с блоком сопротивлений.

Органы управления и сигнализации размещены на центральном щитке механика-водителя в верхнем ряду.

К ним относятся:

- выключатель ВКЛЮЧЕНИЕ ПИТАНИЯ;
- кнопка ПУСК;
- сигнальный фонарь ПРОГРЕВ СВЕЧЕЙ;
- 4 сигнальных фонаря ИСПРАВНОСТЬ СВЕЧЕЙ.

Работа ЭФУ. При включении на щитке механика-водителя выключателя ВКЛЮЧЕНИЕ ПИТАНИЯ ЭФУ фонари ИСПРАВНОСТЬ СВЕЧЕЙ

загораются в полный накал, что свидетельствует об исправности электрических цепей и плавких вставок предохранителей.

После нажатия и отпускания кнопки ПУСК:

- релейный блок подключит к бортовой сети термоэлементы факельных свечей;

- отключит генератор от бортовой сети, при этом сигнальные фонари ИСПРАВНОСТЬ СВЕЧЕЙ должны гореть в полнакала, что свидетельствует об исправности реле и факельных свечей;

- через 90 секунд релейный блок подаст напряжение на электромагнитный топливный клапан, который подключит факельные свечи к топливной системе, и загорается фонарь ПРОГРЕВ СВЕЧЕЙ, что указывает на готовность устройства к пуску двигателя.

При включении выключателя [ЭЦН](#) топливо из системы питания двигателя начинает подаваться к факельным свечам, возгорается от нагретых термоэлементов, и пламя выходит в воздухораздаточную трубу системы питания двигателя воздухом.

При нажатии кнопок СТАРТЕР и ВОЗДУХ начинает прокручиваться коленчатый вал двигателя, через механизм передач включаются в работу все механизмы и системы двигателя.

За счет разряжения, создаваемого поршнями во впускном тракте системы питания двигателя воздухом, пламя факельных свечей подхватывается воздухом и нагревает его. Через впускные клапаны в цилиндры поступает нагретый воздух, что позволяет в конце такта сжатия в цилиндре получить необходимую температуру сжатого воздуха, в котором впрыснутое топливо воспламеняется, двигатель запускается. Как только двигатель начинает работать, необходимо отпустить кнопки СТАРТЕР, ВОЗДУХ, ПОМПА.

Прогрев двигателя при включенном [ЭФУ](#) производить на оборотах коленчатого вала 800–1 000 об/мин, но не более 1 200 об/мин, так как может произойти срыв пламени (факела) с факельных свечей.

После срабатывания реле времени (240 с):

- релейный блок отключит факельные свечи от бортовой сети;
- электромагнитный топливный клапан от топливной системы;
- погаснет сигнальный фонарь ПРОГРЕВ СВЕЧЕЙ;
- сигнальные фонари ИСПРАВНОСТЬ СВЕЧЕЙ загорятся полным накалом.

Порядок выключения ЭФУ:

- выключить выключателя ВКЛЮЧЕНИЕ ПИТАНИЯ ЭФУ;
- выключить ЭЦН.

Вывод: ЭФУ подогревает всасываемый воздух перед пуском двигателя, что обеспечивает надежный его пуск при отрицательных температурах без предварительного разогрева двигателя подогревателем, но при этом масло в маслобаке не разогревается, что ведёт к повышенному износу механизмов двигателя.

8.4.2 Особенности системы подогрева впускного воздуха (СПВВ), облегчающей пуск двигателя 2В-06-2 при низких температурах

Назначение и условия пуска:

- при заправке масляной системы маслом М-12В₂РК разрешается производить пуск двигателя при температуре –20 °С;
- при заправке маслом М-8В₂С или МТЗ-10п – до –25 °С.

В состав **СПВВ** входят:

- счетчик ограничитель (СО-2);
- бесфорсуночный подогреватель (БФП):
- блок управления факелом БУФ-2;
- релейный блок;
- блок резисторов;
- факельные свечи;
- топливный фильтр БФП;
- пневмоклапан БФП;
- ЭК-48;
- органы управления и сигнализации: выключатель БФП; лампа БФП; кнопка пуск; лампа ГОТОВНОСТЬ.

Счетчик-ограничитель предназначен для учета количества пусков двигателя с помощью СПВВ. На шкале счетчика-ограничителя нанесены цифры от 20 до 0 белого цвета, указывающие количество оставшихся пусков с использованием БФП, и от 1 до 10 – красного.

После двадцатого пуска двигателя с помощью СПВВ против стрелки в окне счетчика-ограничителя устанавливается цифра 0 и происходит разрыв цепи питания **БУФ-2**.

Счетчик-ограничитель учитывает все пуски двигателя с использованием СПВВ (как при отрицательных температурах окружающего воздуха, так и при подготовке машины к зимней эксплуатации), то их общее количество может превысить число 20. Для возможности двадцать первого и последующих пусков снять пломбу на крышке переключателя СО-2, открыть крышку и установить переключатель в положение АВАРИЙНО.

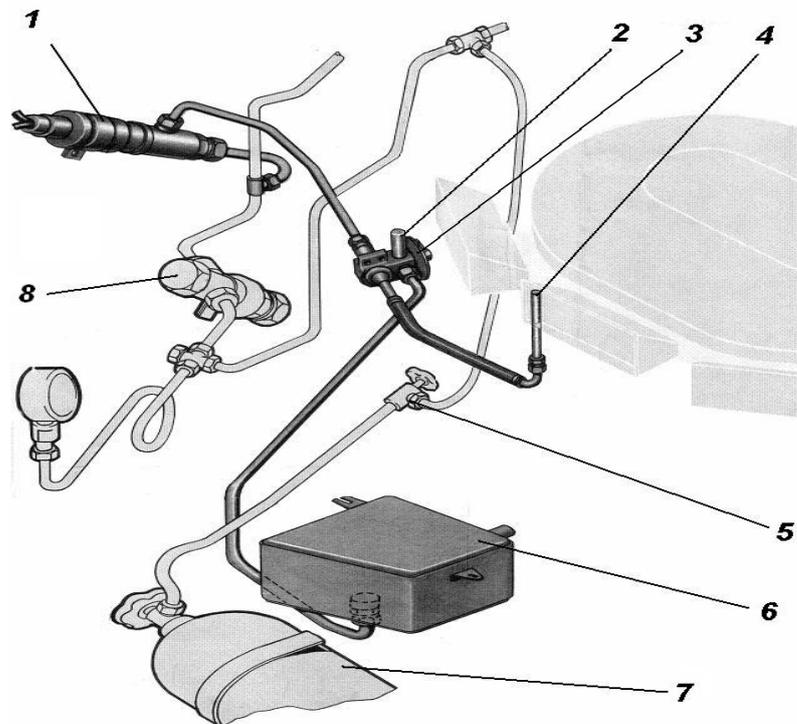
Блок управления факелом (БУФ-2) установлен справа от сиденья механика-водителя на стойках рамы аккумуляторных батарей. Факельные свечи установлены на впускных коллекторах.

8.5 Система очистки среднего прибора наблюдения механика-водителя

Система служит для очистки входного окна среднего прибора наблюдения механика водителя от пыли и сухого снега сжатым воздухом, а от грязи – воздушно-жидкостной смесью.

Характеристика системы: воздушно-жидкостная, вместимость бачка для воды – 1,5 литра.

Общее устройство системы очистки среднего прибора наблюдения механика-водителя представлено на рисунке 8.20.



1 – электровоздушный клапан (ЭК-48); 2 – патрубок для заправки бачка; 3 – кран-эжектор; 4 – распылитель; 5 – выносной запорный вентиль; 6 – бачок для воды; 7 – 10-литровый баллон; 8 – воздушный редуктор ИЛ 611-150/70

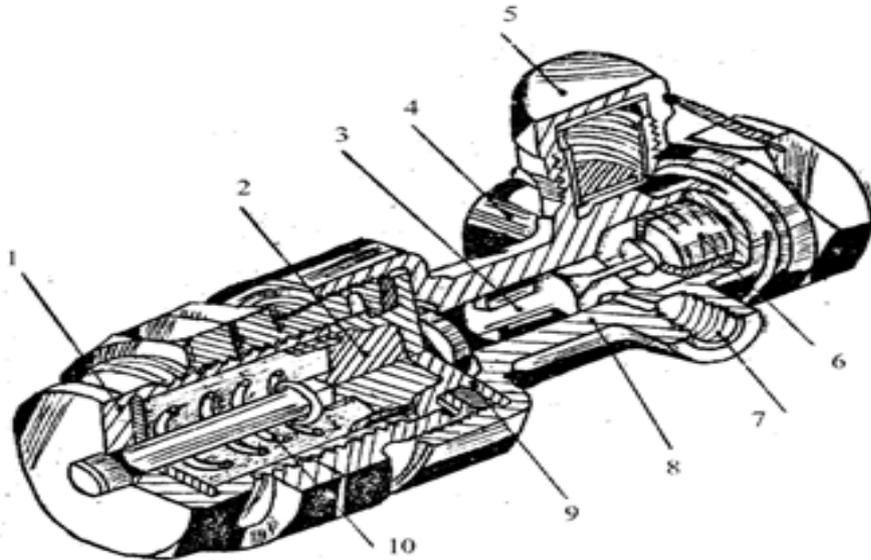
Рисунок 8.20 – Система воздушно-жидкостной очистки прибора наблюдения механика-водителя

Воздушный редуктор ИЛ-611-150/70 (рисунок 8.21) предназначен для снижения давления воздуха, поступающего от баллона к потребителям

от 150 до 70 атм. Установлен в отделении управления на наклонном нижнем броневом листе у правого борта.

Работа воздушного редуктора. Воздух из баллона по трубопроводам поступает в полость клапана высокого давления и через зазор между клапаном и седлом клапана заполняет полость низкого давления, а также через калиброванное отверстие поступает к потребителям.

Если давление в полости низкого давления выше заданного, воздух воздействует на мембрану, которая, прогибаясь, освобождает толкатель и через поршень сжимает пружину. Клапан высокого давления пружиной перемещается за толкателем и уменьшает проходное сечение для воздуха, поступающего из баллона, обеспечивая тем самым заданное давление воздуха, поступающего к потребителям.



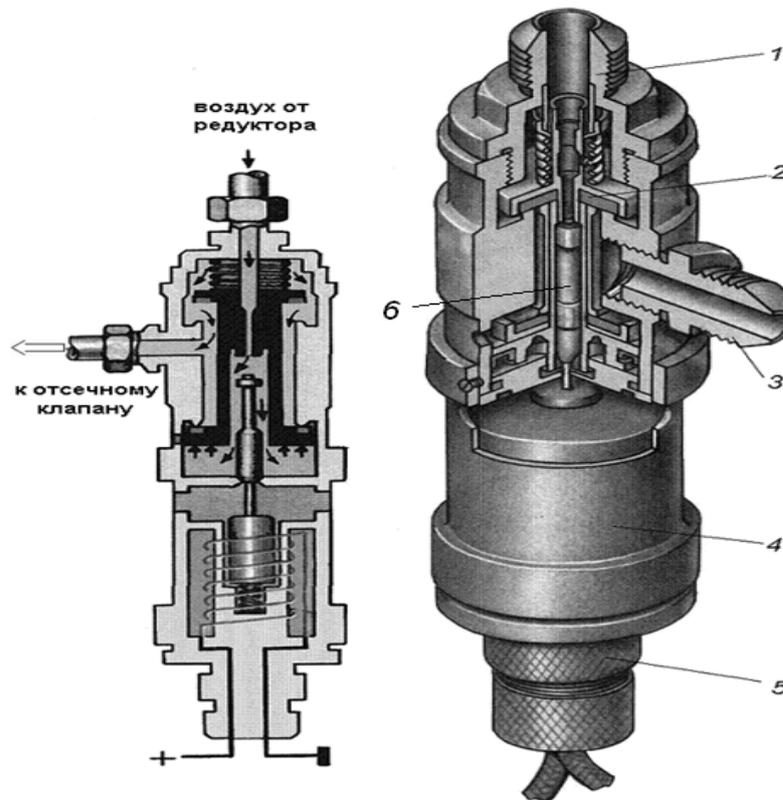
1 – корпус поршня; 2 – поршень со штоком; 3 – толкатель;
4, 7 – штуцеры; 5 – предохранительный клапан; 6 – клапан
высокого давления; 8 – корпус; 9 – мембрана; 10 – пружина

Рисунок 8.21 – Воздушный редуктор

По мере расходования воздуха из баллона давление воздуха в полости мембраны уменьшается, пружиной толкатель с поршнем возвращаются в исходное положение, проходное сечение между седлом и клапаном высокого давления увеличивается, обеспечивая заданное давление воздуха на выходе из редуктора.

Предохранительный клапан обеспечивает выпуск воздуха в атмосферу при неисправном редукторе.

Электропневмоклапан ЭК-48 предназначен для подачи сжатого воздуха к кран-эжектору. Размещен в отделении управления по правому борту за распределительным щитком, над правой передней пневморессорой, включается кнопкой на правом рычаге управления БФ. В корпусе электропневмоклапана выполнены отверстия для сообщения полости под поршнем и перед выпускным клапаном с атмосферой. Входной штуцер трубкой соединен с воздушным редуктором, а выходной штуцер – с полостью кран-эжектора. Устройство электровоздушного клапана представлено на рисунке 8.22.



1 – штуцер подвода воздуха от воздушного редуктора; 2 – воздушный клапан; 3 – штуцер подвода воздуха к полости управления отсечного клапана; 4 – электроклапан с сердечником; 5 – штепсельный разъем; 6 – сервопоршень

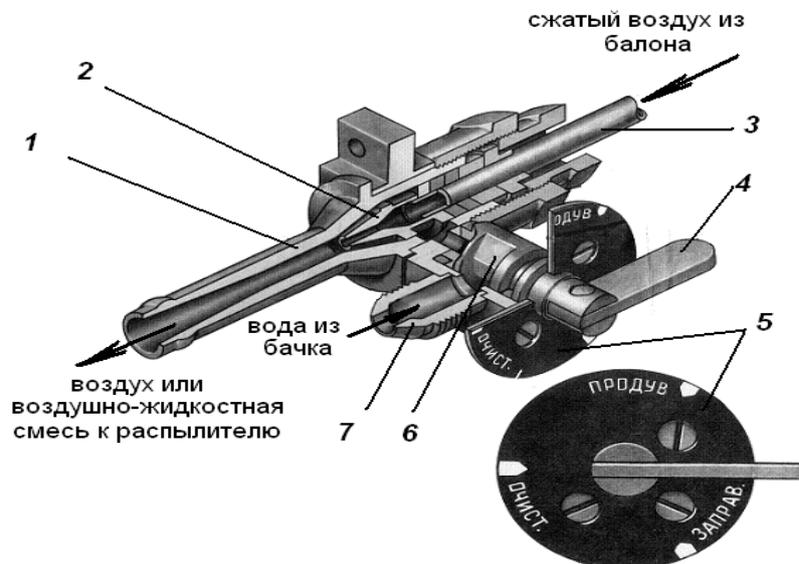
Рисунок 8.22 – Электровоздушный клапан ЭК-48

Работа клапана ЭК-48. Клапаны приводятся в действие кнопкой, расположенной на правом рычаге управления БФ. С нажатием на кнопку подается напряжение на тяговое реле электропневмоклапана. Реле срабатывает и перемещает сервоклапан. Последний открывает доступ сжатому воздуху в полость за поршнем. Под давлением сжатого воздуха поршень перемещается, заставляя перемещаться впускной клапан до его полного открытия и выпускной – до его полного закрытия. Впускной и выпускной

штуцеры соединяются, воздух из баллона начинает поступать к полости кран-эжектора.

При опускании кнопки тяговое реле обесточивается, сервоклапан под действием пружины возвратится в исходное положение. Отверстие во впускном клапане закроется сервоклапаном, он же откроет отверстие для выпуска воздуха из-под поршня. Сжатый воздух из-под поршня выйдет в атмосферу, под действием пружины поршень возвратится в исходное положение, впускной клапан закроется, выпускной клапан закроется, выпускной клапан соединит внутреннюю полость электропневмоклапана и выходного штуцера с атмосферой.

Кран-эжектор предназначен для включения в системе очистки прибора различных режимов и заправки бачка системы водой (рисунок 8.23).



1 – корпус эжектора; 2 – сопло; 3 – трубопровод; 4 – рукоятка; 5 – табличка; 6 – кран; 7 – штуцер трубопровода подвода воды

Рисунок 8.23 – Кран-эжектор

Кран-эжектор расположен впереди механика-водителя справа, сверху на верхнем переднем месте корпуса. Имеет рукоятку, которую можно поставить в одно из 3-х положений: ОЧИСТКА; ПРОДУВКА; ЗАПРАВКА.

Бачок для воды и распылитель предназначены для хранения запаса воды. 2-литровая ёмкость установлена в носовой части машины. Состоит: из корпуса; штуцера; отверстия для сообщения с атмосферой. Штуцер через трубопровод соединен с кран-эжектором.

Распылитель предназначен для направления воздушно-жидкостной смеси или сжатого воздуха на стекло прибора наблюдения механика-водителя. Установлен на крыше корпуса машины правее среднего прибора

наблюдения механика-водителя. Имеет отверстия для направления на смотровой прибор сжатого воздуха или эмульсии (воздуха и жидкости).

8.5.1 Работа системы очистки прибора воздушно-жидкостной смесью от грязи (кран-эжектор в положении ОЧИСТКА)

Режим 1 – при нажатии кнопки управления напряжение от бортовой сети подается на тяговое реле и открывается электровоздушный клапан, сжатый воздух из 10-литрового баллона через воздушный редуктор поступает к кран-эжектору, подсасывает жидкость из бачка и подает с распылителя в виде эмульсии на входное окно среднего прибора наблюдения механика водителя.

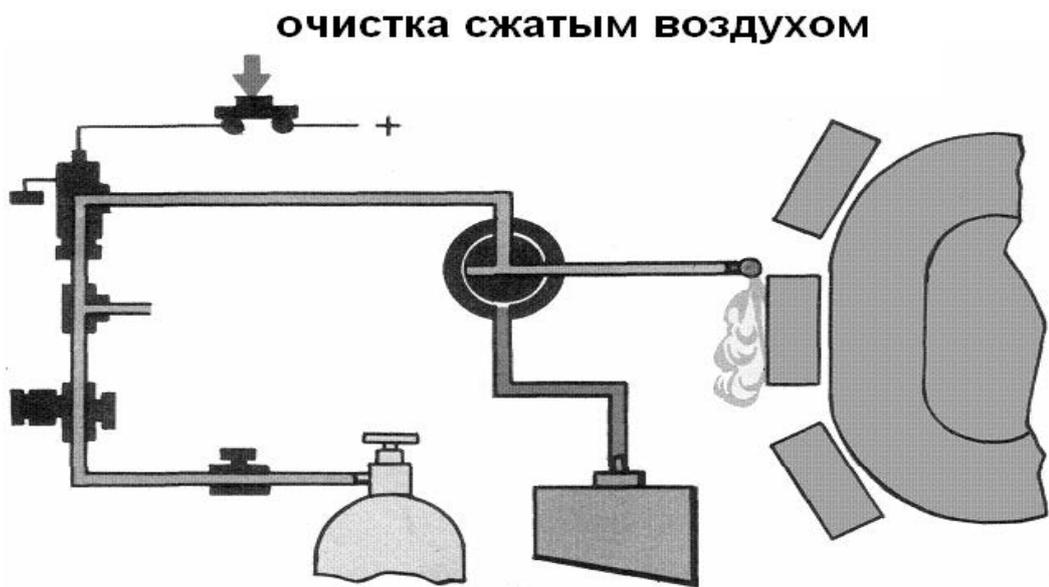
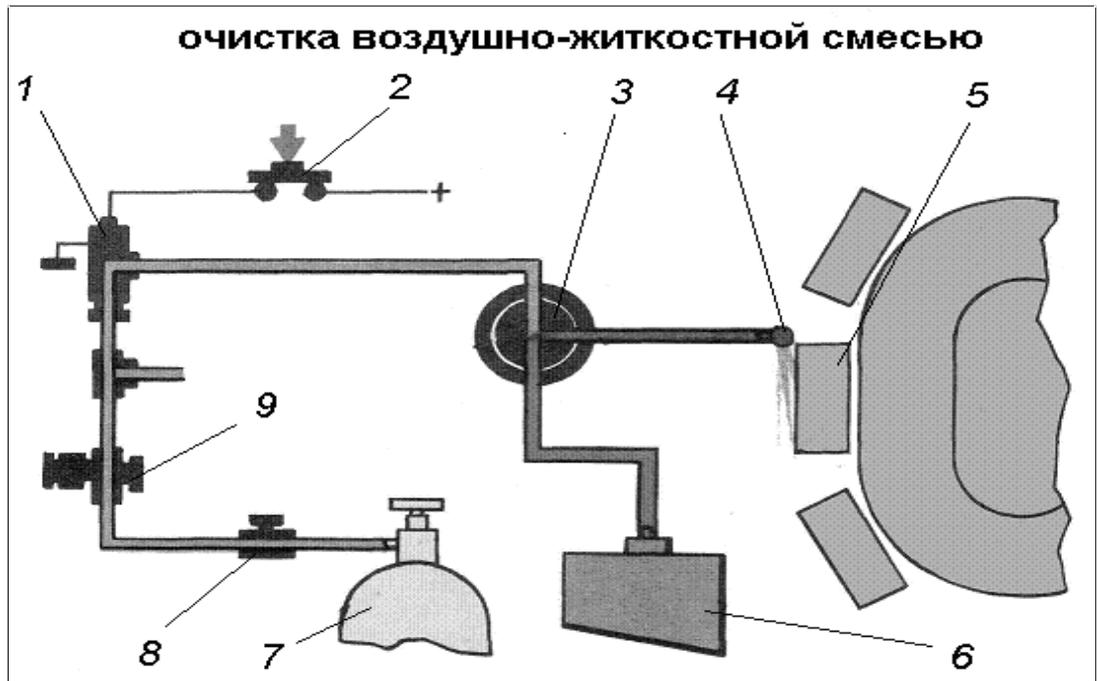
8.5.2 Работа системы очистки прибора сжатым воздухом от пыли и сухого снега (рукоятка кран-эжектора находится в положении ПРОДУВКА)

Режим 2 – при нажатии кнопки управления напряжение от бортовой сети подается на тяговое реле, открывается электровоздушный клапан и сжатый воздух из 10-литрового баллона через воздушный редуктор поступает к кран-эжектору и через отверстия распылителя обдувает смотровой прибор механика-водителя.

Режим 3 – заправка бачка жидкостью:

- установить ведро с водой рядом с люком механика водителя;
- взять специальный шланг из [ЗИПа](#) машины и соединить его с трубкой кран-эжектора, а другой конец шланга опустить в емкость с водой;
- установить рукоятку кран-эжектора в положение ПРОДУВКА;
- нажать на кнопку включения системы и держать до появления смеси воды и воздуха на приборе наблюдения;
- перевести рукоятку кран-эжектора в положение ЗАПРАВКА и отпустить кнопку;
- заправить бачок системы водой до появления ее через контрольное отверстие бачка;
- снять специальный шланг с трубки кран-эжектора.

Таким образом, постоянная заправка бачка системы и исправная ее работа обеспечивает надежную очистку входного окна среднего прибора наблюдения механика-водителя при движении машины в условиях распутицы, пыли и снега без остановки, что повышает маршевые скорости движения машины.



1 – электровоздушный клапан ЭК-48; 2 – кнопка управления; 3 – кран-эжектор; 4 – распылитель; 5 – прибор наблюдения; 6 – бачок для воды; 7 – 10-литровый баллон; 8 – выносной запорный вентиль; 9 – воздушный редуктор

Рисунок 8.23 – Схема работы системы очистки прибора наблюдения механика-водителя

8.6 Система управления исполнительными механизмами

Общее устройство системы:

- система управления волноотражательным щитом;

- система управления воздухозаборной трубой и клапаном пылеотсоса;
- система управления клапаном подключения топлива к факельным свечам [БФП](#);
- система управления клапаном кольцевания насоса гидравлической системы управления трансмиссией;
- система отключения ГОП;
- система включения водометных движителей.

Система управления волноотражательным щитом состоит:

- из двух 5-литровых баллонов;
- запорного крана ПК-12;
- воздушного редуктора ИЛ-611-150Х65К;
- крана управления (ПОДН., НЕЙТРАЛЬ., ОПУСК.);
- двух пневмоцилиндров;
- трубопроводов.

Система управления воздухозаборной трубой и клапаном пылеотсоса состоит:

- из двух 5-литровых баллонов;
- запорного крана ПК-12;
- воздушного редуктора ИЛ-611-150/25К;
- крана управления ВОЗДУХОЗАБОР (ПОДН., НЕЙТРАЛЬ., ОПУСК.);
- пневмоцилиндра воздухозаборной трубы;
- пневмомеханизма клапана пылеотсоса;
- трубопроводов;
- сигнала ВХОД В ВОДУ.

На плаву кран управления должен быть в положении ПОДН., во время мойки машины в положении ОПУСК.

Система управления клапаном подключения топлива к факельным свечам БФ-П состоит:

- из двух 5-литровых баллона;
- запорного крана;
- воздушного редуктора ИЛ611-150/25К;
- двух электровоздушных клапанов ЭК-48;
- клапана системы БФП.

Система управления исполнительными механизмами облегчает управление машиной механиком-водителем, удобно и надежно приводит в действие механизмы с его рабочего места.

Вывод: Воздушная система боевых машин десанта обеспечивает надежное наполнение баллонов при работе двигателя в автоматическом режиме, надежный, быстрый и безотказный пуск двигателей боевых машин в любых климатических условиях и является важным элементом поддержания высокой боевой готовности бронетанковых подразделений [ВДВ](#), облегчает управление машиной механиком-водителем с его рабочего места.

8.7 Обслуживание воздушной системы

От своевременного и качественного обслуживания воздушной системы зависит ее надежная работа, обеспечивающая не только пуск двигателя, но и предупреждение выхода агрегатов и приборов из строя. Знание возможных основных неисправностей воздушной системы помогает принять правильное решение по быстрому их устранению.

Объем и технология выполняемых работ по обслуживанию воздушной системы. При контрольном осмотре:

- проверить давление в системе: летом – не менее 85 кгс/см², зимой – не менее 100 кгс/см²;
- удалить конденсат из влагомаслоотделителя (на привалах, перед преодолением водной преграды) конденсат удалять сразу после остановки машины при работающем двигателе.

При ежедневном техническом обслуживании, выполнить работы в объеме контрольного осмотра и дополнительно:

- удалить конденсат из влагомаслоотделителя;
- проверить давление в системе ($p = 150$ кгс/см²), отсутствие утечки воздуха;
- проверить исправность системы очистки прибора механика-водителя, при необходимости дозаправить бачок (летом);
- закрыть вентиль баллона 10 л и выносной запорный вентиль при стоянке машины более 2 часов.

При технических обслуживаниях [ТО-1](#), [ТО-2](#) выполнить работы в объеме [ЕТО](#) и дополнительно проверить крепление компрессора, редуктора, АДУ-2С, влагомаслоотделителя.

При сезонном обслуживании выполняются очередное номерное техническое обслуживание и дополнительно:

- слить или заправить воду в бачок системы очистки прибора механика-водителя (летом, зимой);

- слить конденсат из 2-литрового баллона системы воздушного пуска.

Т а б л и ц а 8.1 – Проверка технического состояния воздушной системы

Последовательность проверки	Технические требования
Проверить давление воздуха в воздушных баллонах	Для обеспечения надежного пуска двигателя давление воздуха в системе должно быть: летом – не менее 85 кгс/см ² , зимой – не менее 100 кгс/см ² . Такое давление в системе обеспечивается при давлении воздуха в баллонах не менее 100 кгс/см ² летом и 125 кгс/см ² зимой
Проверить, нет ли утечки воздуха из системы воздушного пуска	Давление воздуха в 10-литровом баллоне проверять при закрытом вентиле системы. Допускается падение давления в системе (утечка через АДУ-2С) при неработающем двигателе в открытых вентилях системы и баллона не более 5 кгс/см ² за 30 мин. Утечка воздуха через соединения трубопроводов не допускается
Проверить срок переосвидетельствования баллонов системы	Переосвидетельствование баллонов производится один раз в 5 лет. Эксплуатация баллонов с истекшим сроком переосвидетельствования не допускается
Проверить состояние вентиля баллона и системы	Вентили должны легко вручную закрываться и открываться. При стоянках машин на время не более 2-х часов вентиль системы должен быть закрыт. На длительных стоянках вентили баллона и системы должны быть закрыты. Не допускается утечки воздуха из баллона при закрытом вентиле баллона
Открыть крышку над коробкой передач и проверить крепление компрессора, редуктора привода компрессора, автомата давления и влагомаслоотделителя	Ослабление мест крепления агрегатов и приборов не допускается. Крепления узлов, агрегатов и деталей должны быть надежно застопорены
Проверить отсутствие конденсата во влагомаслоотделителе	При открытии вентиля слива конденсата из сливного отверстия должен поступать чистый воздух. Наличие конденсата на стоянках машин с неработающим двигателем не допускается
Открыть вентили системы и баллона и запустить двигатель сжатым воздухом	Двигатель перед запуском в холодное время должен быть предварительно разогрет. Двигатель должен легко запускаться сжатым воздухом при небольшом падении давления воздуха в баллоне

Продолжение таблицы 8.1

Последовательность проверки	Технические требования
Проверить работу компрессора и автомата давления при работающем двигателе	Проверку производить при закрытом вентиле баллона. Компрессор должен создавать давление воздуха в системе в пределах 138–166 кгс/см ² . Автомат давления должен переводить компрессор на режим ХХ при давлении в системе 138–166 кгс/см ² , включать компрессор на наполнение баллонов при падении давления в системе ниже 128–134 кгс/см ² . Повышение давления воздуха в системе более 186 кгс/см ² не допускается

8.8 Возможные неисправности воздушной системы, их причины, способы предупреждения и устранения

Т а б л и ц а 8.2 – Возможные неисправности воздушной системы, их причины, способы предупреждения и устранения

Неисправность	Причина неисправности	Способ устранения неисправности
Автомат давления переводит компрессор на режим холостого хода при давлении в баллонах, превышающем давление, на которое он отрегулирован	Длительный перерыв в работе автомата давления	Закрыть вентиль на баллоне, стравить воздух из 2-литрового баллона до 120 кгс/см ² , включив в работу систему очистки среднего прибора наблюдения м/в в режиме «Продувка» и заполнить баллон до максимального давления. Оперативно повторить несколько раз до срабатывания АДУ-2с
АДУ-2с не переводит компрессор на режим холостого хода и работает как редукционный клапан	Попадание посторонних частиц под клапаны включения и выключения	Снять автомат давления, не разбирая, промыть бензином, продуть сжатым воздухом и установить вновь. Зимой перед промывкой отогреть
АДУ-2с включает и выключает компрессор при давлении, отличном от давления, на которое отрегулирован	Нарушение регулировки автомата	Снять автомат и сдать в мастерскую для регулировки
Пропуск воздуха в штуцерах и других соединениях	Ослабление соединений	Подтянуть соединения
При работе компрессора давление по манометру или выше 166 кгс/см ² , или не поднимается	Зависание клапана выключения автомата давления	Снять автомат давления и отправить в мастерскую для ремонта

Продолжение таблицы 8.2

Неисправность	Причина неисправности	Способ устранения неисправности
Двигатель не пускается сжатым воздухом	Недостаточное давление воздуха в баллонах. Зависание одного или нескольких пусковых клапанов	Проверить давление воздуха в баллонах и при необходимости зарядить баллоны. Вывернуть неисправные пусковые клапаны, устранить неисправность или заменить клапан
Манометр не держит давление	Нарушение герметичности в месте соединения манометра с подводящей линией. Нарушение герметичности узла манометрической пружины	Отсоединить манометр от магистрали, заменить прокладку, установит манометр на место, и проверить герметичность соединения. Заменить манометр

Контрольные вопросы

- 1 Назначение воздушной системы.
- 2 Общее устройство воздушной системы.
- 3 Характеристика системы наполнения баллонов сжатым воздухом.
- 4 Перечислите основные элементы системы наполнения баллонов сжатым воздухом.
- 5 Назначение и расположение компрессора, автомата давления, влагомаслоотделителя.
- 6 Требования к системам пуска двигателя.
- 7 Перечислите способы пуска двигателя внутреннего сгорания.
- 8 Характеристика системы воздушного пуска двигателя 5Д20-240.
- 9 Назначение и расположение отсечного клапана, пускового клапана и воздухораспределителя.
- 10 Условия пуска двигателя с помощью электрофакельного устройства.
- 11 Принцип работы электрофакельного устройства.
- 12 Назначение и характеристика системы очистки прибора наблюдения механика-водителя.
- 13 Порядок включения системы для очистки воздушно-жидкостной смесью.
- 14 Порядок проверки технического состояния воздушной системы.

Глава 9. Система защиты двигателя

Боевые машины десанта и пехоты предназначены для выполнения задач в различных регионах и одним из требований к их силовым установкам является бесперебойная работа в различных условиях эксплуатации, надёжность и долговечность, возможность своевременного обнаружения неисправностей. С этой целью на машинах устанавливаются контрольно-измерительные приборы, механизмы защиты двигателя, а на БМД-3 и БМД-4 кроме этого установлена система аварийной защиты и контроля работы двигателя, которая облегчает управление машиной механиком-водителем.

Система аварийной защиты и контроля работы двигателя (САЗК) предназначена:

- для защиты двигателя от аварийных режимов работы, контроля технического состояния и критических параметров двигателя;
- диагностирования пригодности механизмов двигателя, оценки его технического состояния и силовой установки в целом;
- предотвращения попадания воды в цилиндры неработающего двигателя при движении машины на плаву или её мойке.

Данное предназначение достигается:

- за счёт блокировки пуска двигателя и глушения его при работе, если давление масла в главной магистрали ниже 0,04–0,08 МПа (0,4–0,8 кгс/см²);
- сигнализации о предельных значениях контролируемых параметров:
 - а) температуры выходящей охлаждающей жидкости,
 - б) температуры масла на выходе из двигателя,
 - в) температуры выпускных газов,
 - г) давления масла в главной магистрали;
- ограничения подачи топлива при превышении максимально допустимого значения температуры выпускных газов до уровня, обеспечивающего предельное значение этой температуры.

При необходимости механизмы ограничения подачи топлива и блокировки пуска отключаются.

Устройство САЗК:

- 1) система автоматического контроля;
- 2) система диагностирования;
- 3) механизм защиты двигателя от попадания воды.

9.1 Система автоматического контроля

В состав системы автоматического контроля и регулирования входят:

- датчики параметров:
 - а) температуры охлаждающей жидкости (по одному в каждом термостате),
 - б) давления масла (в центральном масляном узле),
 - в) температуры масла (в откачивающей магистрали за перепускным клапаном маслобака),
 - г) температуры отработавших газов (в выпускных трубопроводах);
- электронный блок аварийной защиты А-61 (на крыше корпуса слева от погона башни);
- переключатель ВОДА – АНТИФРИЗ (на щитке механика-водителя);
- сигнализаторы:
 - температуры масла на выходе T_m двигателя,
 - давления масла в главной магистрали p_m двигателя на штурвале управления,
 - температуры охлаждающей жидкости на выходе $T_{ож}$ двигателя,
 - температуры выпускных газов левого и правого блоков $T_{г\text{ лев}}$ и $T_{г\text{ пр}}$ (в левом нижнем углу центрального щитка механика-водителя);
 - выключатель ЗАЩИТА (в левом нижнем углу центрального щитка механика-водителя);
 - механизм остановки двигателя (МОД).

Блок ЭБАЗ (А61) предназначен для обработки сигналов, поступающие с датчиков (температуры и давления) и выдачи сигналов аварийных режимов (сигнальные лампы), а также для выдачи сигналов на управление исполнительными механизмами МОМ, МОД.

Исполнительный механизм ограничения мощности (МОМ) предназначен для уменьшения подачи топлива и ограничению мощности двигателя. Управляется по сигналу с блока А61. МОМ срабатывает при увеличении температуры выпускных газов свыше $650\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Механизм остановки двигателя (МОД) предназначен для установки в [ТНВД](#) нулевой подачи при срабатывании системы ППО или системы коллективной защиты, при понижении давления масла ниже $0,04\text{--}0,08\text{ МПа}$ ($0,4\text{--}0,8\text{ кгс/см}^2$). При этом привод разъединяется, автоматически устанавливается в ТНВД нулевая подача и двигатель останавливается. МОД закреплен на кронштейне днища корпуса четырьмя болтами.

Устройство МОД: кронштейн; валик с рычагом; рычаг отключения; винт; фиксатор с пружиной; вилка; коромысло; рычаг привода; реле электрическое.

Датчики параметров и сигнализаторы предназначены для контроля критических параметров работы двигателя (см. таблицы 9.1 и 9.2).

Т а б л и ц а 9.1 – Перечень контролируемых параметров системы [САЗК](#)

Контролируемый параметр	Обозначение	Параметры срабатывания	Основные погрешности	Тип датчика
Температура охлаждающей жидкости на выходе	$T_{ож}$	103/123	± 2	Термометр сопротивления П1
Температура масла на выходе	T_m	103/123	± 2	Термометр сопротивления П1
Температура выпускных газов левого блока	$T_{г\text{ лев.}}$	580/650	± 10	Термопара типа Т-101 ХА
Температура выпускных газов правого блока	$T_{г\text{ пр.}}$	580/650	± 10	Термопара типа Т-101 ХА
Давление масла в главной магистрали, кгс/см ²	p_m	0,4–0,8	$\pm 0,2$	Датчик типа ММ-111А

Т а б л и ц а 9.2 – Места установки датчиков системы САЗК и тахометра

Контролируемый параметр	Тип датчика	Кол-во	Место установки
Температура охлаждающей жидкости на выходе левого блока	П1	1	Трасса отвода охлаждающей жидкости левого блока (в машине)
Температура охлаждающей жидкости на выходе правого блока	П1	1	Трасса отвода охлаждающей жидкости правого блока (в машине)
Температура масла на выходе	П1	1	Трасса отвода масла (в машине)
Температура выпускных газов левого блока	Т-101 ХА	1	Выпускной трубопровод (левый) машины
Температура выпускных газов правого блока	Т-101 ХА	1	Выпускной трубопровод (правый) машины
Давление масла в главной магистрали	ММ-111А	1	Масляный распределитель со стороны отбора мощности двигателя
Датчик числа оборотов	ИС-445	1	В машине напротив зубчатого колеса, соединенного колечным валом двигателя

9.2 Система диагностирования

Система диагностирования предназначена для диагностирования пригодности механизмов двигателя, его технического состояния и силовой установки в целом. С этой целью в конструкции двигателя предусмотрены контрольные точки для подключения датчиков измерения основных параметров.

Двигатель диагностируется без снятия его с машины на режимах холостого хода.

Полный перечень контролируемых параметров приведен в сводной таблице 9.3, в которой указаны места установки и тип датчиков.

При диагностировании двигателя на время проверки устанавливаются и подсоединяются контрольные датчики. После проверки датчики снимаются, а отверстия глушатся.

Показания измеряемых параметров обрабатываются специальным комплексом диагностической аппаратуры с соответствующей выдачей полученной информации. По результатам обработки дается заключение о техническом состоянии двигателя.

На **БМД-2** для предотвращения пуска двигателя без создания давления в системе смазки, кнопки **ВОЗДУХ** и **СТАРТЕР** (пуск двигателя сжатым воздухом или электростартером) замыкаются в электрической цепи через кнопку **ПОМПА** (включение маслозакачивающего насоса МЗН-3).

Т а б л и ц а 9.3 – Перечень диагностических параметров

Диагностические параметры	Контролируемые детали, узлы, системы	Тип и марка датчика	Место установки и подсоединения	На какое время устанавливается датчик	Примечание
Изменение мощности (изменение углового ускорения к/в)	Двигатель в целом	Датчик числа оборотов ИС-445	Устанавливается в объекте напротив зубчатого колеса, соединенного с коленчатым валом двигателя	Постоянно	Датчик выдает за один оборот коленчатого вала 180 импульсов
Углы фаз газораспределения	Механизм газораспределения	Акселерометр ИС 579 и три индукционных датчика (см. пп.13–15)	Акселерометр с помощью трубки крепится к гайке шпильки крепления выпускного коллектора	На время проверки	Гайка S = 17

Продолжение таблицы 9.3

Диагностические параметры	Контролируемые детали, узлы, системы	Тип и марка датчика	Место установки и подсоединения	На какое время устанавливается датчик	Примечание
Угол начала подачи топлива в цилиндры двигателя	Техническое состояние деталей топливной аппаратуры	Акселерометр ИС 579 и три индукционных датчика (см. пп.13–15)	Акселерометр с помощью трубки крепится к гайке крепления трубопровода высокого давления к штуцеру ТНВД	На время проверки	Гайка S = 19
Амплитуда виброимпульса форсунки	Техническое состояние форсунки	Акселерометр ИС 579 и три индукционных датчика (см. пп.13–15)	Акселерометр с помощью трубки крепится к гайке крепления трубопровода форсунки	На время проверки	Гайка S = 19
Амплитуда виброимпульса поршневой группы	Поршневая группа	Акселерометр ИС 579 и три индукционных датчика	Акселерометр последовательно вворачивается в резьбовые отверстия бонок, посаженных в блок-картер, в зонах верхнего пояса по оси цилиндра	На время проверки	Резьба М6х1-То
Давление топлива, подаваемого топливopодкачивающим насосом	Система питания топливом до фильтра тонкой очистки	Потенциометрический датчик давления ДТМ-6 или ИКДф27-6 с демпфером	Датчик подсоединяется к специальному штуцеру, установленному на входе в топливный фильтр. Штуцер имеет запорный клапан. Между проверками штуцер закрыт пробкой	На время проверки	Штуцер с резьбой М12х1-6h
Перепад давления топлива фильтра тонкой очистки	Степень загрязнения топливного фильтра	Потенциометрический датчик давления ДТМ-6 или ИКДф27-6 с демпфером	Датчик подсоединяется к специальному штуцеру, установленному на выходе топлива из фильтра	На время проверки	Штуцер с резьбой М14х1-6h

Продолжение таблицы 9.3

Диагностические параметры	Контролируемые детали, узлы, системы	Тип и марка датчика	Место установки и подключения	На какое время устанавливается датчик	Примечание
Давление воздуха компрессора левого и правого	Турбокомпрессор левый и правый отдельно	Потенциометрический датчик давления ДТМ-4 или ИКДф27-4	Датчик подсоединяется к штуцерам, установленным на выходе воздуха из компрессора	На время проверки	Штуцер с резьбой М12х1-6h (2 шт.)
Разрежение (давление) в картере	Цилиндропоршневая группа	Потенциометрический датчик давления ЭДПД-3	Датчик подсоединяется к штуцеру, установленному на крышке блок-картера. Между проверками штуцер закрыт пробкой	На время проверки	Штуцер с резьбой М12х1-6h
Обороты ротора масляного центробежного фильтра (МЦ)	Степень загрязнения (МЦ)	Индукционный датчик оборотов ИДО-1М Э-20768 СБ	Датчик вворачивается в резьбовое отверстие на крышке МЦ. Между проверками отверстие закрыто пробкой	На время проверки	Отверстие с резьбой М16х1 Датчик работает в паре с металлическим «флажком»
Концентрация продуктов износа и кремния в смазочном масле	ЦПГ, подшипники коленчатого вала	Датчик не требуется	Для забора масла используется штуцер с отжимным клапаном, установленным на участке трассы от откачивающей секции к радиаторам		
Перепад давления на воздухофильтре	Воздухофильтр	Потенциометрический датчик давления ЭДПД-3	Устанавливается на воздухофильтре в машине	На время проверки	
Импульсы угловых отметок поворота коленчатого вала		Датчик числа оборотов ИС-445	В машине напротив зубчатого колеса. Датчик выдает 180 импульсов за оборот коленчатого вала	Постоянно	Датчик работает в комплекте с тахометром А60

Продолжение таблицы 9.3

Диагностические параметры	Контролируемые детали, узлы, системы	Тип и марка датчика	Место установки и подсоединения	На какое время устанавливается датчик	Примечание
Импульс ВМТ третьего правого цилиндра		Индукционный датчик ИДО-1ф сб. Э-19201	В машине датчик выдает 1 импульс за оборот коленчатого вала	На время проверки	
Сигнал такта сжатия третьего правого цилиндра		Индукционный датчик ИДО-1ф сб. Э-19201	Датчик крепится на лючке топливного насоса высокого давления	На время проверки	Датчик работает в паре с выступом на крестовине ТНВД

9.3 Принцип работы системы аварийной защиты и контроля работы двигателя

[САЗК](#) исключает пуск двигателя, если давление масла в ГММ ниже 0,04–0,08 МПа (0,4–0,8 кгс/см²), останавливает двигатель при помощи МОД при падении давления масла в [ГММ](#) ниже этой величины, осуществляет световую сигнализацию аварийных режимов по всем контролируемым параметрам. При необходимости МОД отключается тумблером ЗАЩИТА.

Параметры срабатывания сигнализаторов:

- температура охлаждающей жидкости на выходе $T_{ож}$ двигателя равна 103–123 °С;
- температура масла на выходе T_m двигателя равна 123 °С;
- давление масла в главной магистрали p_m двигателя равно 0,4–0,8 кгс/см²;
- температуры выпускных газов T_r равна 680 °С.

Для предупреждения аварий и поломок постоянно необходимо следить за показаниями контрольно-измерительных приборов и световыми сигналами режима работы узлов и агрегатов машины.

Перед началом движения машины проверить:

- работу двигателя на минимально устойчивой частоте вращения коленчатого вала 10,0 с⁻¹ (600 об/мин) на холостом ходу, при этом давление масла в системе смазки должно быть не менее 0,2 мПа (2 кгс/см²);

- работу двигателя на эксплуатационной частоте вращения коленчатого вала $26,7\text{--}31,7\text{ с}^{-1}$ (1 600–1 900 об/мин) на холостом ходу, при этом давление масла в системе должно быть $0,45\text{--}1,0\text{ мПа}$ ($4,5\text{--}10\text{ кгс/см}^2$).

Во время движения машины на эксплуатационном режиме должны быть следующие показания приборов:

- рабочая частота вращения коленчатого вала двигателя $21,6\text{--}35,8\text{ с}^{-1}$ (1 300–2 150 об/мин), рекомендуемая частота вращения коленчатого вала $26,7\text{--}31,70\text{ с}^{-1}$ (1 600–1 900 об/мин);

- температура масла в системе смазки двигателя:

1) с маслом М-16 ИХП-3 и М-12 В2РК:

- а) рекомендуемая – $85\text{--}110\text{ °C}$,
- б) максимально допустимая – 120 °C ,
- в) кратковременно допустимая (не более 5 минут) – 125 °C ,
- г) минимальная – 65 °C ;

2) с маслом М-8 В₂С:

- а) рекомендуемая – $85\text{--}95\text{ °C}$,
- б) максимально допустимая – 100 °C ,
- в) кратковременно допустимая (не более 5 минут) – 105 °C ,
- г) минимальная – 65 °C .

Если температура масла в системе двигателя находится близко к максимально допустимой, загорится лампа сигнального фонаря t° , в этом случае внимательно следите за показаниями термометра и при достижении температуры 120 °C перейдите на низшую передачу и уменьшите частоту вращения коленчатого вала двигателя.

Температура воды в системе двигателя (при работе на любом виде топлива):

1) с маслом М-16 ИХП-3

- а) рекомендуемая – $75\text{--}100\text{ °C}$,
- б) максимально допустимая – 120 °C ,
- в) кратковременно допустимая (не более 5 минут) – 125 °C ,
- г) минимальная – 65 °C ;

2) с маслом М-8 В₂С:

- а) рекомендуемая – $75\text{--}95\text{ °C}$,
- б) максимально допустимая – 100 °C ,
- в) кратковременно допустимая (не более 5 минут) – 105 °C ,
- г) минимальная – 65 °C .

Температура низкотемпературной охлаждающей жидкости (при работе на любом виде топлива):

- а) рекомендуемая – $75\text{--}95\text{ °C}$,
- б) кратковременно допустимая (не более 5 минут) – 105 °C ,

в) минимальная – 65 °С.

Если температура охлаждающей жидкости в системе будет близко к максимально допустимой, загорится лампа сигнального фонаря t° «ОХЛ. ЖИДК.», в этом случае внимательно следите за показаниями термометра и при достижении допустимой температуры перейдите на низшую передачу и увеличьте частоту вращения коленчатого вала двигателя. Если эта мера не приведет к снижению температуры охлаждающей жидкости, остановите машину, увеличьте частоту вращения коленчатого вала двигателя, доведите температуру до 90 °С и остановите двигатель. Проверьте количество жидкости в системе и при необходимости долейте, предварительно устранив утечки. Не доливайте в систему большое количество холодной жидкости, попадание ее к перегретым деталям может привести к повреждению двигателя.

Загорание на пульте сигнализации штурвала ламп сигнализаторов «р масла ДВ» свидетельствует об отсутствии или недостаточном давлении в системе смазки двигателя. Немедленно остановите двигатель, выясните и устраните причину падения или отсутствия давления.

В электрическую цепь сигнализации, выключателем ЗАЩИТА ВКЛ., на пульте водителя может быть включен блок защиты. В этом случае при падении давления масла в системе ниже допустимого сработает механизм остановки двигателя, и двигатель остановится. После выяснения и устранения причины падения давления восстановите привод управления топливным насосом перед пуском двигателя.

При включенном выключателе ЗАЩИТА загорание ламп фонарей t° ЛЕВЫЙ и t° ПРАВЫЙ на пульте водителя свидетельствует о перегрузке двигателя, перейдите на низшую передачу.

Величина зарядного тока зависит от степени заряженности аккумуляторных батарей и может находиться в пределах 0–130 А.

Компрессор должен обеспечивать наполнение баллонов воздушной системы воздухом до давления 15 МПа (150 кгс/см²) по манометру машины 13,5–16,6 МПа (138–166 кгс/см²).

При движении машины не рекомендуется длительная работа двигателя с частотами вращения коленчатого вала, близкими к 21,6 с⁻¹ (1 300 об/мин) – максимального крутящего момента и 38,5 с⁻¹ (2 150 об/мин) – предельно допустимыми при эксплуатации.

Работа двигателя с частотой вращения коленчатого вала больше 38,3 с⁻¹ (2 300 об/мин) запрещена.

Вывод: Система аварийной защиты и контроля работы двигателя следит за параметрами работы двигателя, выдает световую сигнализацию и

при падении давления до критического глушит двигатель. Она облегчает управление машиной механиком-водителем.

9.4 Механизм защиты двигателя от попадания воды

9.4.1 Необходимость установки механизма защиты двигателя от попадания воды

Боевые машины десанта предназначены для выполнения задач в различных регионах, и одним из требований к ним является возможность форсирования водных преград с минимальными затратами времени и материальных средств, при этом обеспечить предотвращение попадания воды в двигатель при его остановке на плаву.

Во всех плавающих машинах при нахождении на плаву корпус значительно погружен в воду, и выпуск отработавших газов происходит, как правило, под воду. Это создает опасность (при остановке двигателя) попадания воды в те цилиндры, где открыты впускные и выпускные клапаны. Попадание воды в цилиндры двигателя может произойти и при мойке машины с остановленным двигателем. Попадание воды в цилиндры двигателя (в количестве, большем объема камеры сгорания) приводит к явлению «гидроудара». Поршень движется от [НМТ](#) к [ВМТ](#), но в цилиндре находится вода, которая практически несжимаема. Над поршнем резко повышается давление, и могут выйти из строя детали уплотнения блока (кольца газового стыка), возможно возникновение погнутости шатуна, выламывания поршнем гильзы цилиндра и стенки блок-картера. При этом двигатель полностью выходит из строя. Явление «гидроудара» происходит в момент попытки запустить двигатель. Поэтому на плавающих машинах устанавливается **механизм защиты двигателя (МЗД)**.

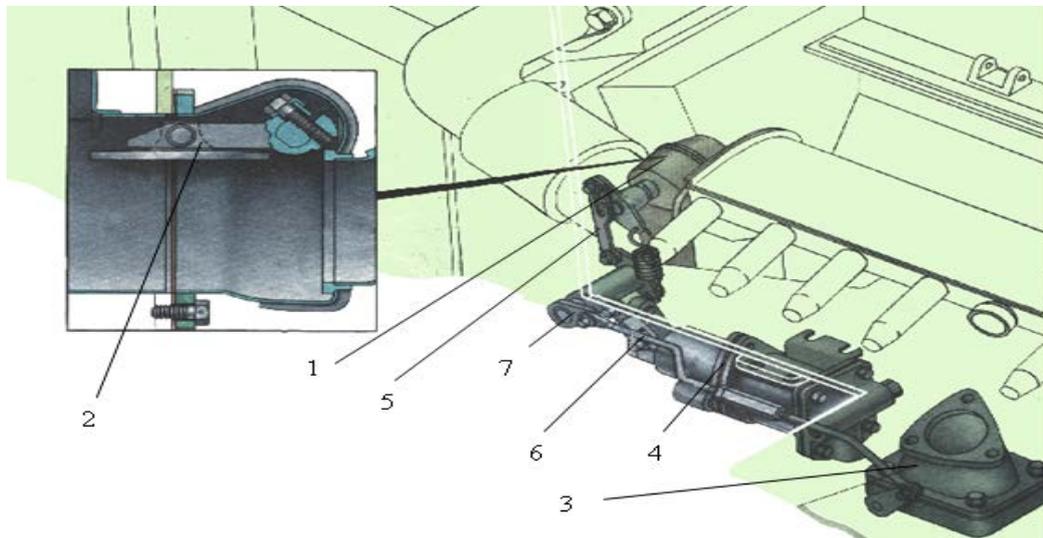
Если есть подозрение на попадание воды в цилиндры, даже при наличии МЗД, то пускать двигатель категорически запрещается. В таких случаях необходимо провернуть вручную коленчатый вал на несколько оборотов (не менее 2-х) и убедиться в легкости вращения коленчатого вала. Если коленчатый вал в какой-то момент стопорится, то необходимо найти цилиндр, в котором вода и принять все меры к ее выпуску из цилиндра через пусковой клапан системы воздушного пуска или, в крайнем случае, через отверстие, где установлена форсунка, слить воду (если она есть), прокрутив вручную коленчатый вал не менее 2-х оборотов.

Опыт эксплуатации при ведении боевых действий в Чеченской республике и Республике Афганистан показывает, что характерными эксплуатационными отказами силовой установки являются: разрушение уплотне-

ния головки блока вследствие попадания воды в цилиндры двигателя при неправильной мойке машины. Вода попадает в цилиндры двигателя в результате неправильной регулировки привода клапана пылеотсоса и сливного клапана водосборника, а так же при неправильной регулировке привода предохранительного клапана и сливного клапана клапанной коробки МЗД, кроме этого происходит загазованность [МТО](#) выхлопными газами.

9.4.2 Устройство и работа механизма защиты двигателя от попадания воды двигателя 5Д20-240

Механизм защиты двигателя ([МЗД](#)) предназначен для предотвращения попадания воды в цилиндры через впускной и выпускной тракты неработающего двигателя при нахождении машины на плаву или ее мойке.



1 – клапанная коробка; 2 – клапан предохранительный; 3 – клапан пылеотсоса; 4 – гидроцилиндр; 5 – тяга предохранительного клапана; 6 – тяга клапана пылеотсоса; 7 – промежуточный рычаг с осью

Рисунок 9.1 – Правый привод управления механизма защиты двигателя

Характеристика: клапанный, с автоматическим гидромеханическим приводом (за счет давления масла свыше $0,9-1,1 \text{ кгс/см}^2$) в откачивающей магистрали масляного насоса двигателя. Установлен в левом и правом выпускных трактах.

Состоит:

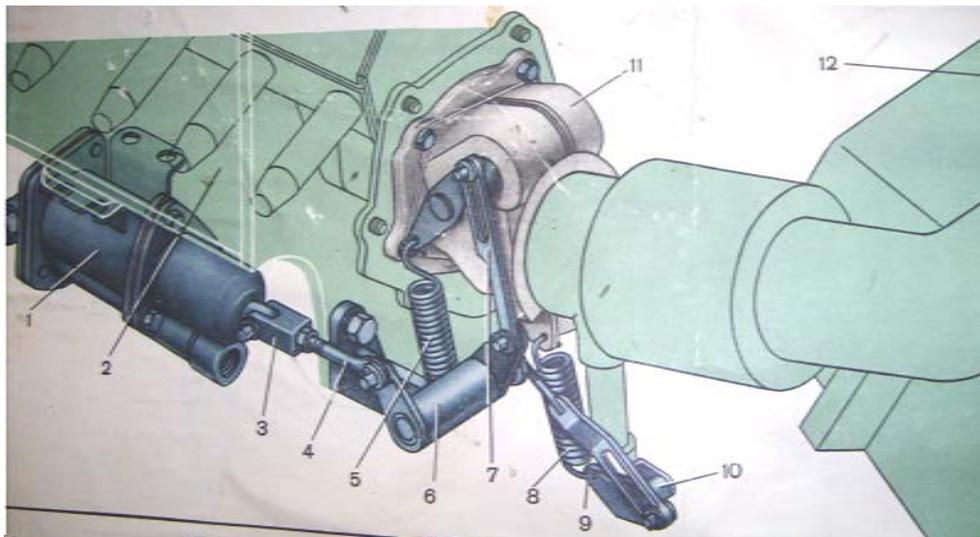
- из двух клапанных коробок в сборе;
- водосборника системы эжекционного отсоса пыли;

- клапана отсоса пыли из воздухоочистителя двигателя;
- приводов управления клапанными коробками и клапаном отсоса пыли.

Клапанная коробка предназначена для размещения в ней предохранительного клапана, закрывающего выпускной тракт двигателя при его остановке и предотвращающего тем самым попадание воды в цилиндры.

Состоит: из корпуса коробки; предохранительного клапана с рычагом; возвратной пружины клапана; водосборника со сливным клапаном.

Клапанная коробка крепится к корпусу эжектора и одновременно в этом же месте к глушителю, а с другой стороны к компенсатору. Компенсаторы (сильфоны) обеспечивают упругую связь двигателя с корпусом машины. Водосборник с клапаном предназначен для сбора воды, просочившейся через предохранительный клапан и слива ее в корпус машины при неработающем двигателе.



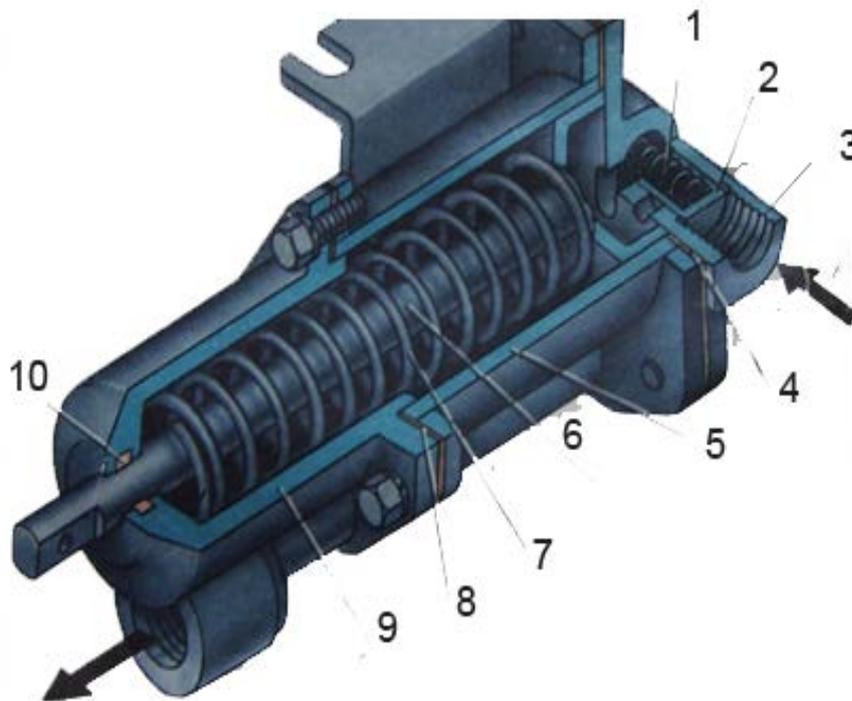
1 – гидроцилиндр; 2 – глушитель; 3 – вилка регулировочная; 4 – тяга штока гидроцилиндра; 5, 8 – пружина; 6 – промежуточный рычаг с осью; 7 – тяга предохранительного клапана; 9 – клапан водосборника; 10 – тяга клапана водосборника; 11 – клапанная коробка; 12 – двигатель

Рисунок 9.2 – Левый привод управления механизма защиты двигателя

Предохранительный клапан и клапан водосборника связаны между собой через промежуточный рычаг при помощи вертикальной тяги с прорезью и наклонной тяги. Это позволяет клапанам работать синхронно: если один закрывается, то второй открывается и наоборот. При полностью от-

крытом предохранительном клапане клапан водосборника закрыт, исключая выход выхлопных газов в корпус машины.

Водосборник системы эжекционного отсоса пыли предотвращает попадание воды в воздухоочиститель и далее в двигатель в случае, когда клапан пылеотсоса закрыт не полностью и вода через него просачивается. Он состоит из трубы и клапана с пружиной. Вода собирается в водосборнике и под действием своего веса (при определенном количестве) открывает клапан, растягивая пружину, и вода сливается в корпус машины.



1 – пружина золотника; 2 – золотник; 3 – штуцер подвода масла; 4, 8, 10 – уплотнения; 5 – цилиндр; 6 – шток; 7 – возвратная пружина; 9 – крышка

Рисунок 9.3 – Гидроцилиндр

Клапан отсоса пыли из воздухоочистителя предотвращает попадание воды из короба эжектора в двигатель через воздухоочиститель при движении машины на плаву (а также во время мойки или стоянки машины под дождем при неработающем двигателе). Клапан состоит из корпуса и клапана с рычагом. Он установлен в правом эжекторе.

Привод управления [МЗД](#) предназначен для автоматического открывания и закрывания клапанных коробок и клапана пылеотсоса. Состоит из

правого и левого приводов. Оба привода связаны между собой только гидравлически.

Правый привод состоит:

- из гидроцилиндра;
- тяги штока гидроцилиндра;
- промежуточного рычага с осью;
- тяги предохранительного клапана;
- тяги клапана водослива;
- тяги клапана пылеотсоса.

Левый привод управления аналогичен правому, только в нем нет тяги привода клапана пылеотсоса.

Гидроцилиндр состоит:

- из корпуса;
- крышки;
- поршня со штоком;
- пружины;
- золотника с пружиной;
- уплотнения;
- деталей крепления;
- масляных каналов;
- регулировочных прокладок.

В крышке гидроцилиндра имеется сверление, в котором выполнены входное и сливное отверстия, установлен золотник с пружиной, а также устанавливаются входной и выходной штуцеры для подвода и слива масла.

Во время работы откачивающей секции масляного насоса масло по трубопроводу нагнетается к входному отверстию крышки гидроцилиндра. При достижении $p_m = 0,9-1,1$ кгс/см² золотник перемещается, сжимая пружину, открывает входное отверстие, закрывает сливное, и масло под давлением нагнетается в полость гидроцилиндра.

Под действием давления масла поршень со штоком перемещается, сжимая пружину. При падении давления в откачивающей магистрали, золотник под действием пружины перемещается в исходное положение, открывая сливное и закрывая входное отверстия. Под действием пружины поршень со штоком перемещается в исходное положение, и масло через сливное отверстие по трубопроводу сливается в нижнюю полость блок-картера.

9.4.3 Работа механизма защиты двигателя

При неработающем двигателе:

- поршни гидроцилиндров находятся в исходном положении, и положение золотников таково, что они соединяют полости гидроцилиндров над поршнями со сливом;
- клапаны предохранительные закрыты;
- клапан пылеотсоса закрыт;
- клапаны водосборников открыты.

При работе двигателя:

- давление масла в откачивающей магистрали поднимается до $0,9-1,1 \text{ кгс/см}^2$ и выше. При этом золотники гидроцилиндров перемещаются, открывают впускные каналы, закрывают – сливные, масло нагнетается в полости гидроцилиндров над поршнями;
- поршни перемещаются, преодолевая сопротивление пружин, а штоки через тяги и рычаг открывают предохранительные клапаны и клапан пылеотсоса, а клапаны водосборников клапанных коробок при этом закрываются под действием пружин.

При остановке двигателя:

- давление масла падает, золотники гидроцилиндров смещаются в исходное положение и соединяют полости гидроцилиндров над поршнями со сливом;
- масло из гидроцилиндров уходит в систему, за счет возвратных пружин все детали [МЗД](#) возвращаются в исходное положение;
- клапан пылеотсоса закрывается;
- предохранительные клапаны закрываются;
- клапаны водосборников клапанных коробок открываются.

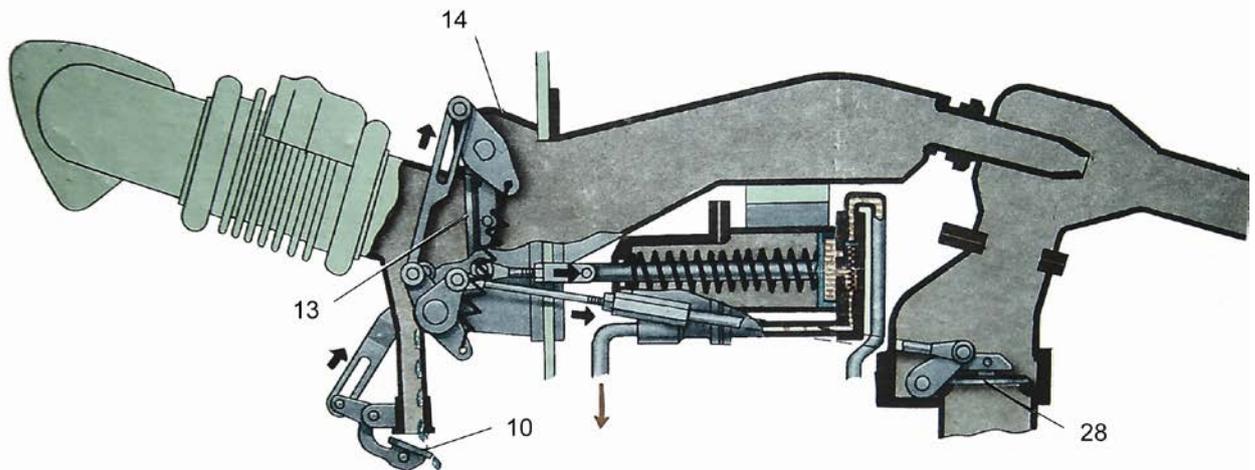


Рисунок 9.4 – Положение клапанов МЗД при неработающем двигателе

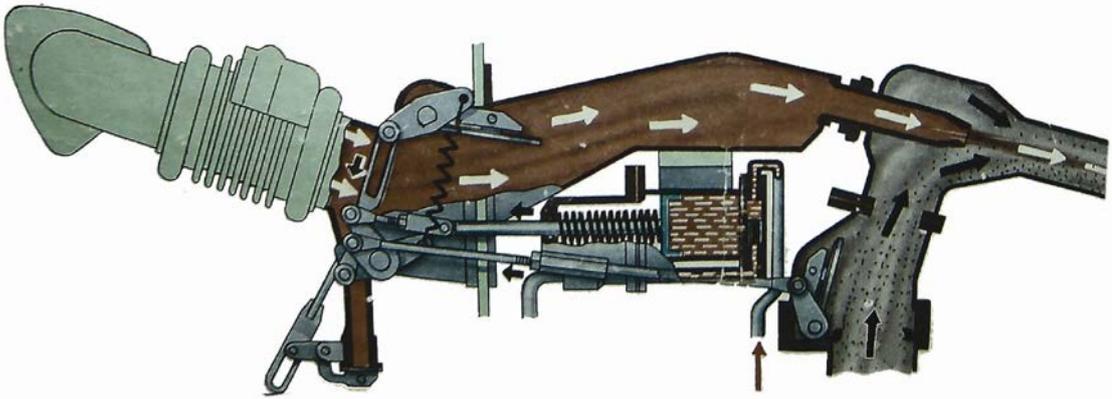


Рисунок 9.5 – Положение клапанов [МЗД](#) при работающем двигателе

Если на плаву при неработающем двигателе или при мойке вода все-таки просочится через предохранительные клапаны, то она сольется через открытые клапаны водосборников клапанных коробок.

Если вода в этом же положении просочится через клапан пылеотсоса, то она соберется в водосборнике системы пылеотсоса воздухоочистителя, а потом сольется в корпус машины.

9.5 Особенности устройства и работы МЗД двигателя 2В-06-2

Характеристика: клапанный, с автоматическим гидромеханическим приводом (за счет давления масла выше 0,14 МПа в откачивающей магистрали масляного насоса двигателя) предохранительных и сливных клапанов клапанных коробок и пневматическим приводом на клапан пылеотсоса от системы управления воздухозаборной трубой.

Состоит:

- из двух клапанных коробок;
- двух коробок слива;
- двух приводов управления клапанами;
- клапана пылеотсоса;
- водосборника со сливным клапаном;
- пневмомеханизма клапана пылеотсоса;
- крана управления воздухозаборной трубой;
- микровыключателя;
- сигнала ВХОД В ВОДУ.

Клапанная коробка – часть выпускного тракта, служит для размещения предохранительного клапана, перекрывающего выпускной тракт двигателя при его остановке. Это сварной узел, имеющий с одной стороны фланец с отверстиями для соединения с глушителями, а с – другой фланец

с конусной поверхностью для соединения коробки с компенсатором с помощью хомута.

Коробка слива служит для размещения сливного клапана, который предназначен для слива в [МТО](#) воды, просочившейся в клапанную коробку при перекрытом тракте выпуска. Клапан слива, аналогично предохранительному клапану, шарнирно установлен на оси, которая через двуплечий рычаг связана с тягами привода.

Привод управления клапанами предназначен для автоматического управления работой клапанов (предохранительных и сливных) в зависимости от режима работы двигателя.

Привод управления включает:

- гидроцилиндр;
- два двуплечих рычага;
- тягу;
- две поджимные тяги;
- масляные трубопроводы;
- детали крепления.

Гидроцилиндр – исполнительный орган привода управления клапанами. Установлен на кронштейне в отсеке корпуса для эжекторов. Гидроцилиндр состоит из корпуса, установленных в нем поршня со штоком, пружины, корпуса золотника, являющегося крышкой цилиндра. В полости корпуса установлен золотник с пружиной и упором. Полость корпуса золотника двумя отверстиями соединена с поршневой полостью и одним отверстием соединена со штоковой полостью и через трубку с полостью картера двигателя. К корпусу золотника подсоединен трубопровод от откачивающей секции масляного насоса двигателя.

Поджимные тяги предназначены: одна – для удержания предохранительного клапана в закрытом положении, вторая – для удержания клапана в открытом положении при неработающем двигателе. Каждая тяга состоит из корпуса с проушиной, стержня, пружины, упора и обоймы. В стержне горизонтальной (верхней) тяги установлен штифт, который служит для замера зазора при полностью закрытом предохранительном клапане.

Клапан пылеотсоса и водосборник установлен в системе эжекционного отсоса пыли. Управление клапаном осуществляется давлением воздуха при установке крана управления воздухозаборной трубой в положение «Поднято» или «Опущено». В нейтральном положении клапан открыт. Во время мойки машины необходимо кран устанавливать в положение «Опущено». При поднятой воздухозаборной трубе и закрытых люках

замыкаются микровыключатели на клапане пылеотсоса, воздухозаборной трубе, люках и высвечивается сигнал ВХОД В ВОДУ.

При неработающем двигателе поршни гидроцилиндров удерживаются в исходном положении пружинами, при этом за счет подвижных тяг предохранительный клапан перекрывает выпускной тракт, а сливной клапан удерживается в открытом положении.

При работе двигателя и возрастании давления в откачивающей магистрали выше 0,14 МПа масло, преодолевая сопротивление пружины, перемещает золотник, который открывает отверстия для доступа масла в поршневую полость гидроцилиндра, шток выдвигается, поворачивая за счет тяг двуплечие рычаги. В результате предохранительный клапан открывается, сливной – закрывается, и удерживаются в этом положении во время всей работы двигателя.

При остановке двигателя масло из гидроцилиндра вытесняется поршнем, перемещаемым пружиной и сливается через отверстие по трубопроводу в картер двигателя. Возвращающийся в исходное положение шток, через тяги поворачивает двуплечие рычаги.

Вывод: Механизм защиты двигателя предохраняет двигатель от попадания воды в цилиндры при его остановке на плаву, предотвращая появление гидравлического удара и вывод двигателя из строя.

9.6 Объем и технология выполнения работ по техническому обслуживанию системы защиты

Т а б л и ц а 9.4 – Объем выполняемых работ по видам технического обслуживания

Наименование работ	Виды ТО			Технические требования и указания по выполнению работ
	<u>ЕТО</u>	<u>ТО-1</u>	<u>ТО-2</u>	
Проверить исправность ламп сигнальных фонарей предельных давлений и температур на пульте сигнализаций, на штурвале и ламп табло пульта водителя	+	+	+	Неисправные лампы заменить
Проверить исправность и работу механизма остановки двигателя и механизма ограничения мощности	–	+	+	Привод должен свободно перемещаться и возвращаться в исходное положение

Продолжение таблицы 9.4

Наименование работ	Виды ТО			Технические требования и указания по выполнению работ
	ЕТО	ТО-1	ТО-2	
Смазать шарнирные соединения	–	+	+	Смазку производить в доступных местах
Проверить надежность крепления разъемов и проводов к приборам сигнальных ламп	+	+	+	Разъемы должны быть надежно затянуты и зашплинтованы
Проверить исправность контрольно-измерительных приборов	–	+	+	При работающем двигателе приборы должны показывать измеряемые параметры

Обслуживание МЗД от попадания воды

Проверить:

- исправность привода управления механизмом защиты двигателя от попадания воды и четкость закрывания клапанов в клапанных коробках;
- надежность крепления узлов и деталей механизма, шплинтовку пальцев проушин рычагов;
- исправность привода клапана пылеотсоса;
- легкость хода клапана пылесборника;
- перед плавом проверить работу МЗД пуском и остановкой двигателя.

Регулировка МЗД двигателя 5Д20

1 Зазор между проушиной вертикальной тяги привода предохранительного клапана и осью рычага этого же клапана должен быть 4–6 мм.

Наличие зазора обеспечивает полное закрытие клапана при неработающем двигателе. Регулируется изменение длины тяги штока гидроцилиндра при помощи регулировочной вилки.

2 Зазор в сливном клапане клапанной коробки должен быть 12–16 мм.

Зазор обеспечивает полное закрытие клапана при срабатывании МЗД после пуска двигателя, что исключает прорыв газов в корпус машины.

Регулируется изменением длины наклонной тяги привода клапана за счет регулировочной вилки.

3 Полнота закрытия клапана пылеотсоса.

Отсутствие люфта говорит о плотном закрытии клапана пылеотсоса, что исключает просачивание через него воды в воздухоочиститель при неработающем двигателе. Проверяется подачей тяги привода рукой вправо по ходу (в сторону клапана), люфта вправо не должно быть. Если ощутимый люфт есть, то он устраняется регулировочной муфтой на тяге привода клапана.

Особенности регулировки МЗД на БМД-4

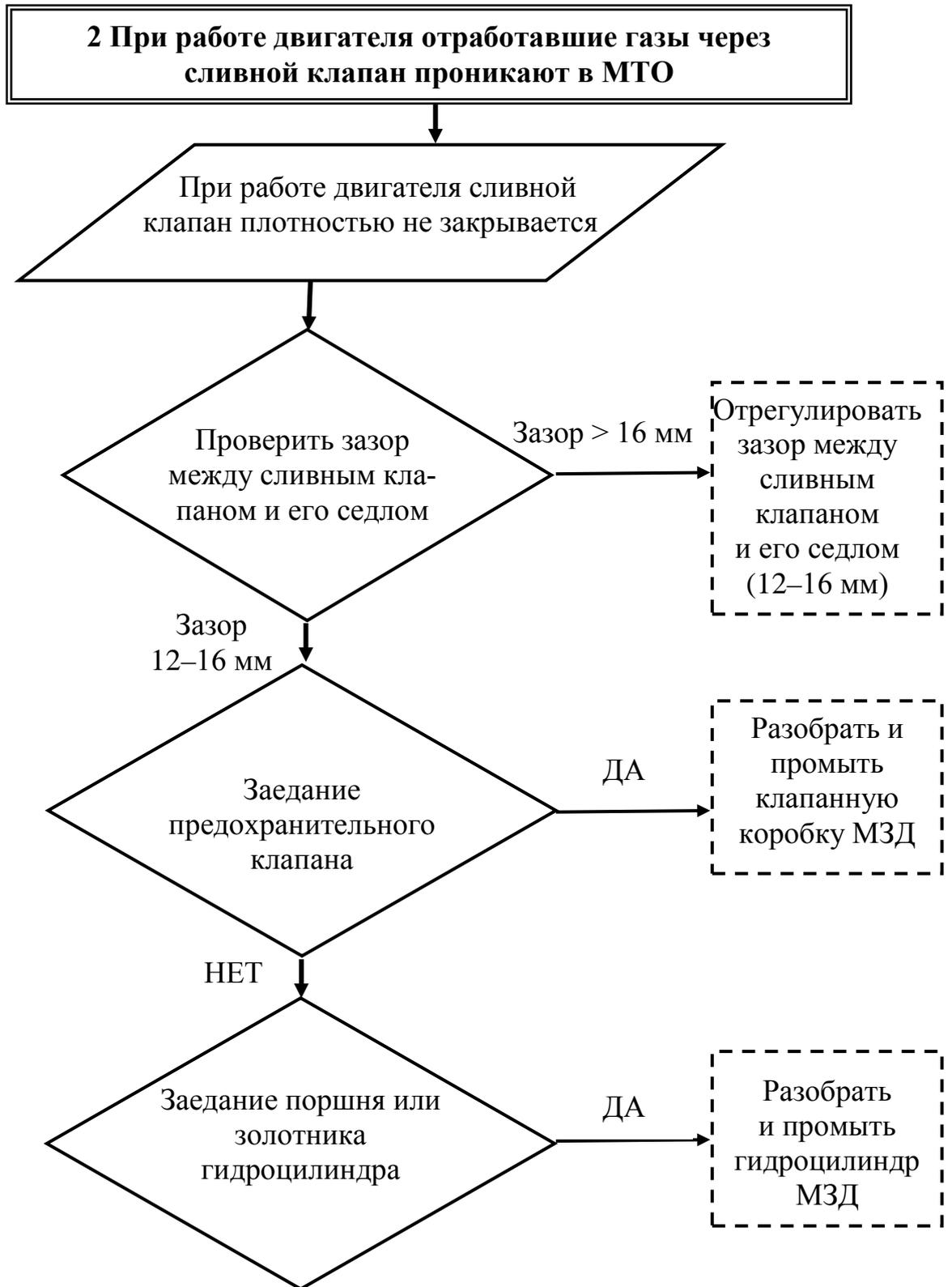
1 Зазор между прорезью и штифтом горизонтальной прижимной тяги при неработающем двигателе 4,5–5,5 мм.

2 Зазор между поверхностью двулучевого рычага сливного клапана и планкой корпуса (при установленном на седле клапане) должен быть 0,5–2 мм.

Вывод: Своевременное обслуживание МЗД обеспечивает его надежную работу и гарантирует предотвращение попадания воды в цилиндры двигателя при остановке его на плаву.

9.7 Возможные неисправности механизма защиты двигателя, их причины, способы предупреждения и устранения





9.8 Проверка технического состояния МЗД

Проверка производится при общей проверке технического состояния машины и при подготовке машины к преодолению водной преграды.

Т а б л и ц а 9.5 – Проверка технического состояния [МЗД](#)

ПРОВЕРИТЬ (при неработающем двигателе)		ПУСТИТЬ ДВИГАТЕЛЬ И ПРОВЕРИТЬ		
Крепление клапанных коробок	Все болты в наличии и закреплены проволокой	Четкость срабатывания клапанов	Сливной клапан должен быть закрыт, а предохранительные клапаны открыты	
Состояние шарнирных соединений привода	Обязательное наличие на пальцах рычагов шайб и шплинтов			
Состояние подводящих маслопроводов	Дюритовые соединения должны иметь по две хомутные ленты			
Проверить регулировку:	предохранительного клапана	Зазор между проушиной вертикальной тяги и пальцем рычага должен быть 4–6 мм	Отсутствие подтекания масла	Подтекания масла не должно быть
	сливного клапана	Зазор между торцом сливного клапана и его седлом должно быть 12–16 мм	Места подсоединения клапанных коробок и сливных клапанов	Прорыва отработавших газов не должно быть
	клапана пылеотсоса (на правом МЗД)	Люфта в шарнирах тяги привода клапана не должно быть	1 Сделать вывод о техническом состоянии МЗД 2 Произвести запись в карточке учёта недостатков	

Контрольные вопросы

- 1 Назначение и устройство системы аварийной защиты и контроля работы двигателя.
- 2 Принцип работы системы аварийной защиты и контроля работы двигателя.
- 3 Назначение и устройство механизма защиты двигателя от попадания воды.
- 4 Принцип работы механизма защиты двигателя.
- 5 Особенности устройства и работы механизма защиты двигателя 2В-06-2.
- 6 Объем и технология выполнения работ по техническому обслуживанию системы защиты.

Список литературы

- 1 **Алексеев, В. П.** Двигатели внутреннего сгорания: устройство и работа поршневых комбинированных двигателей [Текст] / В. П. Алексеев, И. А. Иващенко [и др.]. – М. : 1980. – 288 с.
- 2 **Бирюков, Ю. А.** Материальная часть многоцелевых гусеничных машин Ч. 1. Сборник учебно-тренировочных карт [Текст] : учеб. пособие / Ю. А. Бирюков, Н. В. Быченко [и др.]. – Рязань : РВВДКУ, 2010. – 259 с.
- 3 **Бирюков, Ю. А.** Материальная часть многоцелевых гусеничных машин. Ч. 3. Силовая установка БМД-4 [Текст] : учеб. пособие / Ю. А. Бирюков, Н. В. Быченко [и др.] – Рязань : РВВДКУ, 2007. – 206 с.
- 4 **Бирюков, Ю. А.** Основы теории дизеля [Текст] : учеб. пособие. / Ю. А. Бирюков [и др.]. – Рязань : РВВДКУ, 1996. – 185 с.
- 5 Боевая машина десанта БМД-1, БМД-1пк. Техническое описание [Текст]. – М. : Воениздат, 2002.
- 6 Боевая машина десанта БМД-1, БМД-1пк. Инструкция по эксплуатации [Текст]. – М. : Воениздат, 2002.
- 7 Бронетранспортер БТР-Д. Техническое описание [Текст].– М. : Воениздат, 2001.
- 8 Вооружение и боевая техника воздушно-десантных войск. Ч. 1. [Текст] : учеб. пособие. – Рязань : РВВДКУ, 1992. – 611 с.
- 9 **Колчин, А. И.** Расчет автомобильных и тракторных двигателей [Текст] / А. И. Колчин, В. П. Демидов. – М. : Высшая школа, 2002. – 346 с.
- 10 **Мангушев, В. А.** Конструкция и расчет двигателей [Текст] / В. А. Мангушев. – М : Воениздат, 1976. – 504 с.
- 11 **Степанов, Г. Ю.** Танковые силовые установки [Текст] / Г. Ю. Степанов [и др.]. – М. : Воениздат, 1991. – 384 с.
- 12 **Степанов, Г. Ю.** Силовые установки вооружения и военной техники [Текст] : учебник / Г. Ю. Степанов [и др.]. – М. : Воениздат, 1994. – 494 с.

Бирюков Юрий Алексеевич
Быченко Николай Владимирович
Виноградов Владимир Васильевич
Голубев Денис Сергеевич

**БРОНЕТАНКОВОЕ ВООРУЖЕНИЕ И ТЕХНИКА
ВОЗДУШНО-ДЕСАНТНЫХ ВОЙСК**

ОСНОВЫ ТЕОРИИ КОНСТРУКЦИИ

СИЛОВЫЕ УСТАНОВКИ

Учебное пособие

Редактор Л. Г. Ильчук
Компьютерный набор и вёрстка: Н.Е. Розанова

Подписано в печать 25.03.2011 г. Усп. печ. л. 18,9. Уч.-изд. л. 13,7.

Тираж 110 экз. Заказ

Типография РВВДКУ, 390031, г. Рязань, пл. Маргелова, 1