

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

Кафедра тракторов, автомобилей и машин
для природообустройства

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

ТРАКТОРЫ И АВТОМОБИЛИ

СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ

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

Горки
БГСХА
2019

УДК 621.4:629.114.2

*Рекомендовано методической комиссией
факультета механизации сельского хозяйства.
Протокол № 2 от 28 октября 2019 г.*

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

1. Назначение и классификация системы.....	3
2. Конструкция и работа основных элементов жидкостной системы охлаждения.....	7
3. Влияние теплового режима двигателя на показатели его работы	16
4. Возможные неисправности системы охлаждения.....	20
5. Тенденции развития систем охлаждения двигателей	24
Библиографический список.....	28

Тракторы и автомобили. Система охлаждения двигателей : методические указания к лабораторной работе / *А. Н. Карташевич, А. В. Гордеенко, А. А. Рудашко*. – Горки : БГСХА, 2019. – 28 с.

Изложены назначение и классификация систем охлаждения, описаны конструкция и работа основных элементов жидкостной системы охлаждения, приведены возможные неисправности систем охлаждения и тенденции их развития.

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

© УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», 2019

1. НАЗНАЧЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМЫ

Сгорание топливно-воздушной смеси сопровождается выделением значительного количества теплоты. Функции регулируемого принудительного отвода теплоты выполняет система охлаждения, которая должна обеспечивать:

- автоматическое поддержание оптимального теплового режима независимо от режима работы двигателя и внешних условий;
- быстрый прогрев двигателя до рабочей температуры;
- длительное сохранение теплоты после остановки двигателя;
- малые энергетические затраты, связанные с приводом агрегатов системы охлаждения.

Охлаждение двигателя не должно быть чрезмерным, так как теряется полезная теплота, поэтому при переохлаждении двигателя:

- нарушается требуемый состав горючей смеси из-за неполного испарения топлива;
- увеличиваются тепловые потери, вследствие чего снижается мощность и ухудшается экономичность двигателя;
- увеличивается износ двигателя вследствие коррозии и повышения трения из-за смывания масляного слоя со стенок цилиндров каплями неиспарившегося топлива;
- увеличивается отложение липких осадков, выделяющихся из масла в камере двигателя, в масляном фильтре и маслопроводах.

В случае перегрева двигателя:

- уменьшается массовое наполнение цилиндров горючей смесью вследствие увеличения объема смеси при нагревании;
- может возникнуть детонация и самовоспламенение смеси;
- могут заклиниваться поршни в цилиндрах в результате увеличения коэффициента трения из-за расширения поршней и ухудшения смазки;
- уменьшается вязкость масла.

На современных тракторах и автомобилях система охлаждения, помимо основной функции, выполняет ряд других функций:

- нагрев воздуха в системе отопления, вентиляции и кондиционирования;
- охлаждение масла в системе смазки;
- охлаждение отработавших газов в системе рециркуляции отработавших газов;
- охлаждение воздуха в системе турбонаддува;
- охлаждение рабочей жидкости в автоматической коробке передач.

В двигателях внутреннего сгорания применяется два способа охлаждения – *воздушное и жидкостное*.

В *воздушной системе охлаждения* тепло от деталей двигателя передается обдуваемому их воздуху, который циркулирует в воздушной рубашке охлаждения. Рубашку охлаждения образуют ребра охлаждения цилиндров и кожух, внутрь которого эти цилиндры помещаются. Воздух через кожух прокачивается вентилятором с ременным приводом от коленчатого вала двигателя или приводом от электродвигателя. Количество воздуха на входе в рубашку охлаждения регулируется заслонками, управляемыми водителем вручную или автоматически, с помощью термостатов или иных специальных приспособлений. Воздушная система охлаждения имеет следующие преимущества: простота конструкции и обслуживания, меньшая масса двигателя, пониженные требования к температурным колебаниям окружающей среды. Недостатками двигателей с воздушным охлаждением являются большая потеря мощности на приводе охлаждающего вентилятора, шумная работа, чрезмерная тепловая нагрузка на отдельные узлы, отсутствие конструктивной возможности организации цилиндров по блочному принципу, сложности с последующим использованием отводимого тепла, в частности для обогрева салона.

Жидкостная система охлаждения, в зависимости от способа циркуляции охлаждающей жидкости, бывает *термосифонная и принудительная*. В качестве охлаждающей жидкости в системе используется вода или антифриз. В *термосифонной системе* циркуляция охлаждающей жидкости происходит за счет разности плотностей нагретой и холодной жидкости. Основным достоинством данной системы является простота конструкции, а недостатком – медленная циркуляция жидкости, что приводит к повышенному нагреву и испарению жидкости из системы. Данные системы в основном используются для охлаждения пусковых двигателей. На автотракторных двигателях наибольшее распространение получили *жидкостная система охлаждения принудительного типа*. Данная система обеспечивает равномерное и эффективное охлаждение, а также имеет меньший уровень шума.

Система охлаждения дизельного двигателя (рис. 1) закрытая, с принудительной циркуляцией охлаждающей жидкости. В систему охлаждения входят следующие основные узлы и агрегаты: радиатор 13, жидкостный насос 1, вентилятор 4, термостат 3, указатель температуры охлаждающей жидкости 12, шторка радиатора 14, рубашки охлаждения головки цилиндров 5 и блока цилиндров 6.

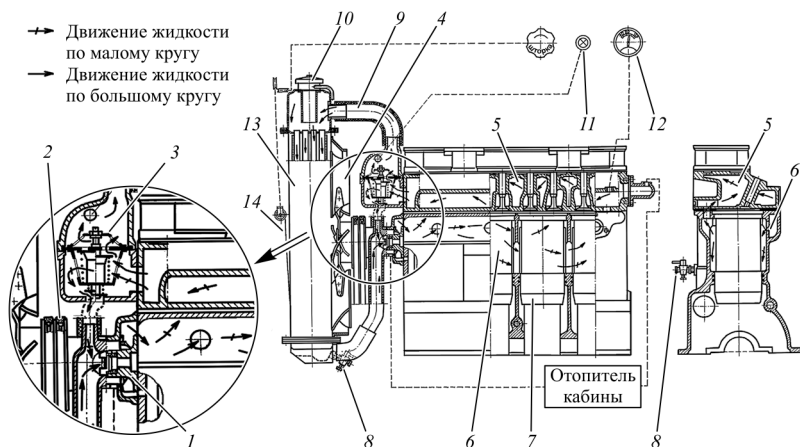


Рис. 1. Схема системы охлаждения двигателя Д-243: 1 – жидкостный насос; 2 – ремень привода насоса; 3 – термостат; 4 – вентилятор; 5 – рубашка охлаждения головки цилиндров; 6 – рубашка охлаждения блока цилиндров; 7 – гильза блока цилиндров; 8 – краны для слива охлаждающей жидкости; 9 – патрубок; 10 – пробка заливной горловины; 11 – световой сигнализатор аварийной температуры охлаждающей жидкости; 12 – указатель температуры охлаждающей жидкости; 13 – радиатор; 14 – шторка радиатора

Термостат автоматически поддерживает температуру охлаждающей жидкости в заданных пределах и ускоряет прогрев двигателя после пуска. При температуре жидкости ниже 70°C основной клапан термостата полностью закрыт, а вспомогательный открыт, и жидкость поступает в насос, а затем в рубашку охлаждения. Следовательно, жидкость не проходит через радиатор и поэтому быстро нагревается. Это так называемое движение охлаждающей жидкости по малому кругу. Когда же температура жидкости становится больше 85°C , основной клапан термостата полностью открывается, а вспомогательный закрывается, поэтому охлаждающая жидкость проходит через радиатор и движется по большому кругу. Шторка радиатора позволяет изменять количество проходящего через радиатор воздуха и тем самым регулировать в некоторых пределах температуру жидкости.

Конструкция системы охлаждения бензинового и дизельного двигателей подобны. Система охлаждения бензинового двигателя (рис. 2) состоит из рубашки охлаждения в блоке цилиндров 11 и головке цилиндров 3, жидкостного насоса 10 с электромагнитной муфтой в сборе, термостата 5, радиатора 7, расширительного бачка 4, пробок 8 и 12

слива охлаждающей жидкости, радиатора отопителя кабины 1, крана отопителя 2, датчика температуры охлаждающей жидкости 6.

Насос подает жидкость в рубашку охлаждения блока цилиндров, откуда жидкость поступает в рубашку головки цилиндров и далее в корпус термостата. Термостат автоматически регулирует подачу охлаждающей жидкости в радиатор в зависимости от температуры. Через штуцер крышки термостата в расширительный бачок отводится воздух при заполнении системы и возникающий в системе охлаждения пар.

Оптимальный температурный режим охлаждающей жидкости поддерживается в диапазоне 80...100 °С. Контроль температурного режима двигателя осуществляется по указателю температуры и сигнализатору перегрева (контрольная лампа), находящимся в составе комбинации приборов автомобиля. Указатель температуры охлаждающей жидкости управляется сигналом, формируемым блоком управления на основании информации от датчика температуры 6, размещенного в корпусе термостата. Лампа сигнализатора перегрева охлаждающей жидкости загорается красным цветом при превышении температуры охлаждающей жидкости 105 °С.

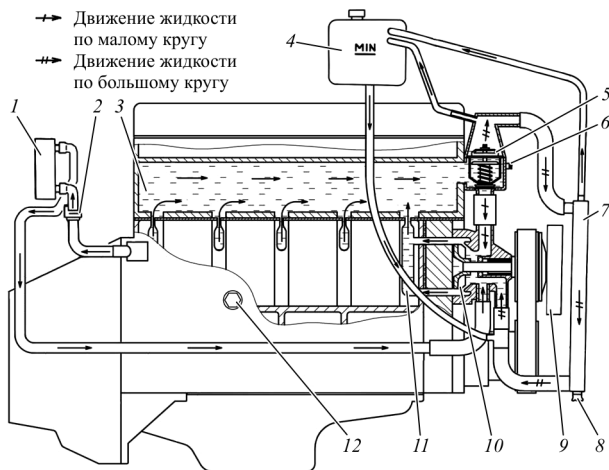


Рис. 2. Схема системы охлаждения двигателя ЗМЗ-40524: 1 – радиатор отопителя; 2 – кран отопителя; 3 – рубашка охлаждения головки цилиндров; 4 – расширительный бачок; 5 – термостат; 6 – датчик температуры охлаждающей жидкости; 7 – радиатор; 8, 12 – сливная пробка радиатора; 9 – вентилятор; 10 – жидкостный насос с электромагнитной муфтой; 11 – рубашка охлаждения блока цилиндров

2. КОНСТРУКЦИЯ И РАБОТА ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЖИДКОСТНОЙ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ

Радиатор (рис. 3) предназначен для охлаждения в пределах 10...12 °С нагретой в двигателе жидкости.

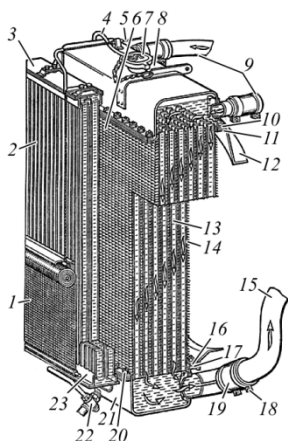


Рис. 3. Радиатор системы охлаждения: 1 – шторка; 2 – сердцевина масляного радиатора; 3 – верхний бачок масляного радиатора; 4 – пароводящая трубка; 5 – трос управления шторкой; 6 – сердцевина жидкостного радиатора; 7 – крышка заливная; 8 – верхний бачок радиатора; 9 – патрубки подвода жидкости из рубашки охлаждения; 10 и 17 – прокладки; 11 и 16 – опорные пластины сердцевины; 12 – кожух направляющий; 13 – трубки охлаждающие; 14 – пластина охлаждающая; 15 – патрубков к жидкостному насосу; 18 – хомут стяжной; 19 – шланг; 20 – болт; 21 – нижний бачок радиатора; 22 – кран сливной; 23 – нижний бачок масляного радиатора

Нагретая от механизмов двигателя жидкость поступает в верхний бачок 8 и, двигаясь по трубкам сердцевины радиатора 6, охлаждается потоком воздуха, поступающим от вентилятора или окружающей среды. Для увеличения площади поверхности контакта сердцевины радиатора с воздухом к трубкам припаиваются плоские латунные пластины 14. Далее, из нижнего бачка 21 охлажденная жидкость, нагнетаемая насосом, поступает к механизмам работающего двигателя.

Тросом 5 регулируется высота подъема шторки 1, при этом изменяется количество воздуха, поступающего для охлаждения жидкости в радиаторе. Вместо шторки могут использоваться жалюзи, угол открытия которых регулируется специальной тягой.

Охлаждающая жидкость заливается в радиатор через заливную горловину, находящуюся в верхнем бачке радиатора. Если в системе охлаждения имеется расширительный бачок, тогда заполнение системы жидкостью осуществляется через него. Слив охлаждающей жидкости производится краном 22.

Заливную горловину закрывает крышка (рис. 4), в которой установлен паровоздушный клапан, предназначенный для защиты радиатора от разрушения при повышении или понижении давления в системе охлаждения.

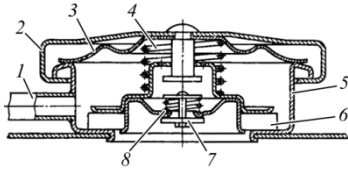


Рис. 4. Крышка горловины радиатора с паровоздушным клапаном: 1 – пароводводящая трубка; 2 – корпус крышки; 3 – запорная пружина; 4 – пружина парового клапана; 5 – горловина радиатора; 6 – паровой клапан; 7 – воздушный клапан; 8 – пружина воздушного клапана

Паровой клапан 6 открывается при избыточном давлении в системе охлаждения ($0,03 \dots 0,04$ МПа), и пар по трубке 1 выходит в атмосферу. Воздушный клапан 7 открывается, когда разрежение в системе достигает $0,001 \dots 0,012$ МПа, и по трубке 1 воздух поступает в радиатор.

Наряду с основным радиатором в системе охлаждения могут устанавливаться масляный радиатор и радиатор системы рециркуляции отработавших газов. Масляный радиатор служит для охлаждения масла в системе смазки. Радиатор системы рециркуляции отработавших газов охлаждает отработавшие газы, чем достигается снижение температуры сгорания топливно-воздушной смеси и образования оксидов азота. Работу радиатора отработавших газов обеспечивает дополнительный насос циркуляции охлаждающей жидкости, включенный в систему охлаждения. Теплообменник отопителя выполняет функцию, противоположную радиатору системы охлаждения. Теплообменник нагревает проходящий через него воздух. Для эффективной работы теплообменник отопителя устанавливается непосредственно у выхода нагретой охлаждающей жидкости из двигателя.

Термостат ускоряет прогрев двигателя при запуске и автоматически поддерживает температуру охлаждающей жидкости в заданных пределах путем управления потоком охлаждающей жидкости между двигателем и радиатором. Местоположение термостата определяется типом и моделью двигателя, а также конструкцией системы охлаждения. Термостат чаще всего располагается на выходе из головки блока цилиндров или на входе насоса охлаждающей жидкости.

На современных двигателях устанавливается термостат с твердым наполнителем – церезином (нефтяным воском). Конструктивно термостат представляет собой термочувствительный клапан, размещенный в латунной рамке. На двигателях устанавливаются различные виды термостатов: одноклапанный, двухступенчатый, двухклапанный, термостат с электронным управлением.

Одноклапанный термостат (рис. 5, а) имеет самое простое устройство, поскольку имеет только один тарельчатый клапан.

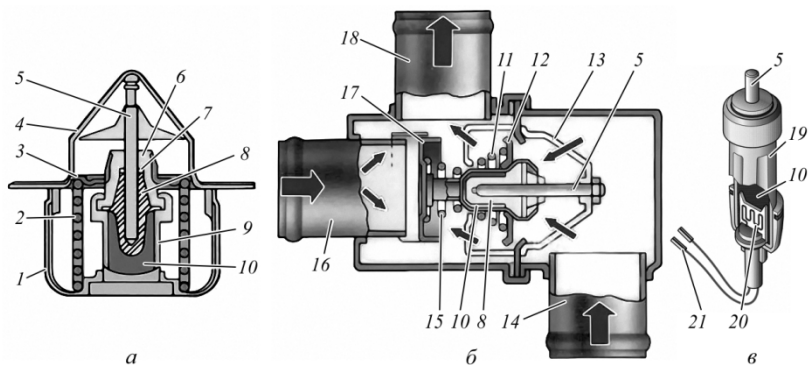


Рис. 5. Устройство термостата: *а* – одноклапанный термостат; *б* – двухклапанный термостат; *в* – термозлемент термостата с электронным управлением; 1 – нижняя рамка; 2 – возвратная пружина; 3 – клапан; 4 – верхняя рамка; 5 – шток; 6 – направляющее устройство; 7 – уплотнительное кольцо; 8 – резиновая вставка; 9 – корпус клапана; 10 – твердый термочувствительный наполнитель; 11 – пружина основного клапана; 12 – основной клапан; 13 – держатель; 14 – входной патрубок (от радиатора); 15 – пружина перепускного клапана; 16 – входной патрубок (от рубашки охлаждения); 17 – перепускной клапан; 18 – выходной патрубок (к насосу); 19 – корпус термозлемента; 20 – нагревательный резистор; 21 – штекер нагревательного резистора

Разновидностью одноклапанного термостата является *двухступенчатый термостат*. В некоторых системах охлаждения создается высокое давление охлаждающей жидкости, которое клапану термостата достаточно сложно преодолеть. Для таких случаев разработана конструкция термостата, в которой клапан состоит из двух тарелок – малой и большой. При повышении температуры сначала открывается малая тарелка, так как для преодоления высокого давления жидкости ей требуется меньше усилий. При открытии малая тарелка тянет за собой большую тарелку, которая, в свою очередь, полностью открывает проход для охлаждающей жидкости.

Двухклапанный термостат (рис. 5, б) имеет два клапана (две тарелки), расположенные на одном корпусе. Первый (основной) клапан запирает большой круг охлаждающей жидкости. Второй (перепускной) клапан управляет малым кругом. Клапаны работают совместно – когда один запирает, другой открывает соответствующий контур.

Самым совершенным является *термостат с электронным управлением*, который обеспечивает разные температурные режимы для разных режимов работы двигателя. Конструктивно это одноклапанный термостат, в термозлемент которого добавлен нагревательный рези-

стор (рис. 5, в). Управление нагревом резистора осуществляется блоком управления двигателем. Данная конструкция термостата позволяет реализовать температурный режим 95...110 °С при частичной нагрузке двигателя и 85...95 °С при полной нагрузке. Эффект от применения электронного термостата заключается в снижении расхода топлива, а также в некотором увеличении мощности за счет более интенсивного охлаждения всасываемого воздуха.

В двухконтурной системе охлаждения (рис. 6) устанавливают два термостата. Один контур (основной) обеспечивает охлаждение двигателя, другой – охлаждение наддувочного воздуха. Контуров охлаждения независимы друг от друга, но используют общий расширительный бачок 1. Независимость контуров позволяет поддерживать различную температуру охлаждающей жидкости в каждом из них, разница температуры может достигать 100 °С. Смешиваться потокам охлаждающей жидкости не дают обратные клапаны 3 и 13 и дроссели 7 и 12.

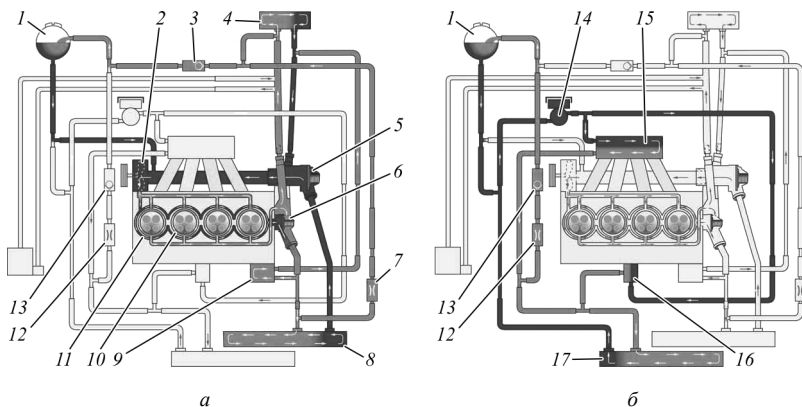


Рис. 6. Схема двухконтурной системы охлаждения: *а* – основной контур; *б* – контур охлаждения наддувочного воздуха; 1 – расширительный бачок; 2 – насос охлаждающей жидкости; 3, 13 – обратные клапаны; 4 – теплообменник отопителя; 5 – первый термостат; 6 – второй термостат; 7, 12 – дроссели; 8 – радиатор системы охлаждения двигателя; 9 – масляный радиатор; 10 – рубашка охлаждения головки цилиндров; 11 – рубашка охлаждения блока цилиндров; 14 – насос охлаждающей жидкости турбокомпрессора; 15 – охладитель наддувочного воздуха; 16 – турбокомпрессор; 17 – радиатор системы охлаждения наддувочного воздуха

В отличие от стандартной системы охлаждения, в основном контуре двухконтурной системы охлаждения (рис. 6, *а*) температура в головке цилиндров обеспечивается на уровне 87 °С, в блоке цилиндров –

105 °С. Это достигается за счет применения двух термостатов 5 и 6 и разделения основного контура еще на два контура со своими рубашками охлаждения: головки цилиндров 10 и блока цилиндров 11. Так как в контуре головки цилиндров должна поддерживаться более низкая температура, то в нем циркулирует больший объем охлаждающей жидкости (порядка 2/3 от общего объема). Остальная охлаждающая жидкость циркулирует в контуре блока цилиндров.

Для обеспечения равномерного охлаждения головки блока цилиндров циркуляция охлаждающей жидкости в ней производится по направлению от выпускного коллектора к впускному. Такая схема работы называется поперечным охлаждением.

Высокая интенсивность охлаждения головки блока цилиндров сопровождается высоким давлением охлаждающей жидкости. Это давление вынужден преодолевать термостат при открытии. Для облегчения работы в конструкции системы охлаждения первый термостат 5 выполнен с двухступенчатым регулированием. Управление работой системы охлаждения осуществляет система управления двигателем.

При запуске двигателя оба термостата закрыты. Обеспечивается быстрый прогрев двигателя. Охлаждающая жидкость циркулирует по малому кругу контура головки цилиндров: от насоса через головку цилиндров, теплообменник отопителя, масляный радиатор и далее в расширительный бачок. Данный цикл осуществляется до достижения охлаждающей жидкостью температуры 87 °С. При температуре 87 °С открывается термостат контура головки блока цилиндров и охлаждающая жидкость начинает циркулировать по большому кругу: от насоса через головку цилиндров, теплообменник отопителя, масляный радиатор, открытый термостат, радиатор и далее через расширительный бачок. Данный цикл осуществляется до достижения охлаждающей жидкостью в блоке цилиндров температуры 105 °С. При температуре 105 °С открывается термостат контура блока цилиндров и в нем начинает циркулировать жидкость. При этом в контуре головки блока цилиндров всегда поддерживается температура на уровне 87 °С.

Второй контур двухконтурной системы охлаждения – система охлаждения наддувочного воздуха (рис. 6, б). Она представлена охладителем 15, радиатором 17 и насосом 14, которые соединены трубопроводами. В эту систему также включен корпус подшипников турбокомпрессора 16. Циркуляция охлаждающей жидкости во втором контуре осуществляется с помощью отдельного насоса, который включается при необходимости по сигналу блока управления двигателем.

Жидкость, проходя через охладитель, забирает тепло наддувочного воздуха и далее охлаждается в радиаторе.

Рубашка охлаждения двигателя состоит из множества каналов в блоке и головке блока цилиндров, по которым циркулирует охлаждающая жидкость.

Насос центробежного типа заставляет жидкость перемещаться по рубашке охлаждения двигателя и всей системе.

Насос устанавливается, как правило, в передней части двигателя и может иметь два вида привода: механический и электрический. Механический привод производится от коленчатого или распределительного вала двигателя с помощью ременной передачи. Электрический привод предполагает установку электродвигателя с системой управления.

В качестве насоса охлаждающей жидкости используются насосы центробежного типа (рис. 7). Конструкция такого насоса включает рабочее колесо (крыльчатку) 9, посаженное на вал 4 со шкивом 5, помещенное в корпус 14. Рабочее колесо, выполненное в виде лопастей специальной формы, непосредственно обеспечивает циркуляцию охлаждающей жидкости. Корпус насоса изготавливается из чугуна или литого алюминия. В корпусе выполнены каналы для подвода и отвода охлаждающей жидкости к рабочему колесу. Между корпусом насоса и блоком цилиндров двигателя устанавливается уплотнительная прокладка, предохраняющая от утечки охлаждающей жидкости из насоса.

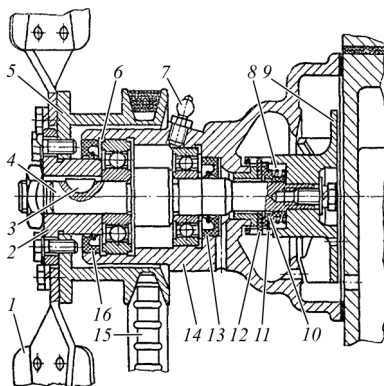


Рис. 7. Центробежный жидкостный насос:
1 – вентилятор; 2 – ступица; 3 – сегментная шпонка; 4 – вал насоса; 5 – шкив; 6 – стопорное кольцо; 7 – масленка; 8 – упорная пружина сальника; 9 – крыльчатка насоса; 10, 13, 16 – сальники; 11 – обойма; 12 – уплотнительная шайба; 14 – корпус насоса; 15 – клиновидный ремень

При вращении рабочего колеса на входе насоса создается разрежение, за счет которого охлаждающая жидкость из радиатора поступает в насос. Жидкость подается в центральную часть насоса, перемещается

по лопастям и выбрасывается центробежной силой на выход из насоса и далее в рубашку охлаждения блока цилиндров.

В системе охлаждения может устанавливаться два насоса охлаждающей жидкости – основной и дополнительный. Дополнительный насос имеет, как правило, электрический привод и включается (выключается) по сигналу электронного блока двигателя.

В зависимости от конструкции двигателя дополнительный насос выполняет одну из функций:

- дополнительное охлаждение двигателя;
- обеспечение работы автономного отопителя, включенного в систему охлаждения двигателя;
- охлаждение отработавших газов в системе рециркуляции отработавших газов;
- охлаждение турбонагнетателя на двигателях с турбонаддувом;
- прокачка охлаждающей жидкости после выключения двигателя (для предотвращения перегрева двигателя после остановки).

На некоторых двигателях устанавливается отключаемый насос охлаждающей жидкости (рис. 8). Такой насос обеспечивает быстрый прогрев двигателя при запуске за счет отключения подачи охлаждающей жидкости до достижения температуры 30 °С. При этом охлаждающая жидкость постоянно находится в двигателе и прогревается значительно быстрее. Помимо прогрева, применение отключаемого насоса приводит к снижению расхода топлива.

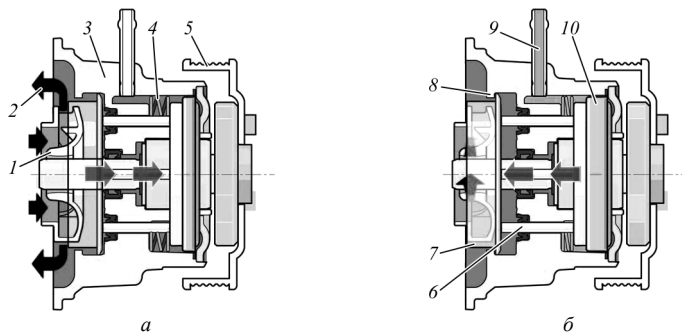


Рис. 8. Схема отключаемого жидкостного насоса: а – насос включен; б – насос выключен; 1 – рабочее колесо (крыльчатка); 2 – поток охлаждающей жидкости; 3 – корпус насоса; 4 – пружина; 5 – шкив привода насоса; 6 – рычажный механизм; 7 – диафрагма; 8 – упор; 9 – вакуумная магистраль; 10 – мембрана

Преращение подачи охлаждающей жидкости производится с помощью кольцевой диафрагмы (заслонки) 7, которая перекрывает путь жидкости, крыльчатка 1 при этом продолжает вращаться. Диафрагма рычажным механизмом 6 соединена с мембраной 10, которая перемещается под действием разрежения. Полость перед мембраной вакуумной магистралью 9 соединена с впускным коллектором. Вакуумную магистраль перекрывает клапан, включенный в систему управления двигателем. При его открытии мембрана под действием разрежения перемещается, дезактивируя рабочее колесо насоса. При закрытии клапана мембрана под действием пружины 4 возвращается на место, а диафрагма освобождает крыльчатку и насос снова начинает работать.

Вентилятор предназначен для принудительного увеличения скорости и количества воздуха, проходящего через радиатор, а также для создания потока воздуха в случае, когда автомобиль стоит без движения с работающим двигателем. Конструктивно вентилятор радиатора объединяет четыре и более лопасти, расположенные на общем шкиве. Вентилятор устанавливается, как правило, между радиатором и двигателем в специальном кожухе. Вентилятор может иметь различный привод: механический; электрический (управляемый электродвигатель); гидравлический.

Механический привод вентилятора представляет собой постоянный привод от коленчатого вала посредством ременной передачи. Недостатком данного привода являются существенные затраты мощности двигателя на вращение вентилятора.

Гидромеханический привод вентилятора может быть представлен вязкостной или гидравлической муфтой.

Вязкостная муфта (или вискомуфта) применяется для автоматического включения вентилятора на двигателях Д-260.1 и модификациях. Привод вентилятора от коленчатого вала включает клиноременную передачу со шкивом 16 и вязкостную муфту (рис. 9). Вязкостная муфта выполнена совместно с жидкостным насосом. На вал жидкостного насоса установлен шкив 16, к торцу которого монтируется приводной вал для передачи крутящего момента вентилятору. На хвостовике приводного вала 8 на подшипниках установлен ведомый диск 14, к которому прикреплены лопасти вентилятора 3. На приводном валу жестко установлен ведущий диск 13. Между ведущим и ведомым дисками имеется минимальный зазор. В ведущем диске выполнено отверстие, которое связывает полость муфты с полостью, образуемой дисками.

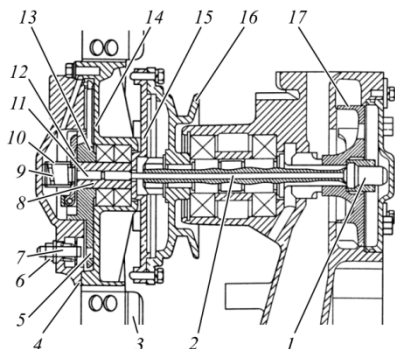


Рис. 9. Привод вентилятора с вязкостной муфтой: 1 – термозлемент; 2 – шток; 3 – лопасть вентилятора; 4 – крышка ведомая; 5 – отверстие для стопорения; 6 – гайка стопора; 7 – стопор; 8 – хвостовик приводного вала; 9 – пружина возвратная; 10 – обойма; 11 – толкатель; 12 – клапан муфты; 13 – диск ведущий; 14 – диск ведомый; 15 – диск привода; 16 – шкив привода жидкостного насоса; 17 – крыльчатка жидкостного насоса

К отверстию пружиной 9, помещенной в обойму 10, прижат клапан 12. Полость муфты заполнена вязкой жидкостью. Муфта обеспечивает автоматический (в зависимости от температуры охлаждающей жидкости) и принудительный режимы вращения вентилятора. Для принудительного вращения вентилятора имеется стопор 7. Для перехода на режим принудительного (постоянного) включения вентилятора стопор 7 вводят в отверстие 5 ведущего диска 13 и фиксируют гайкой 6.

Автоматический режим обеспечивается муфтой вязкостного трения следующим образом: при температуре охлаждающей жидкости ниже $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ возвратная пружина 9 удерживает клапан 12 в закрытом положении, вязкая жидкость перетекает в резервную полость муфты, ведущий 13 и ведомый 14 диски вращаются с зазором между собой, что обеспечивает минимальные обороты вентилятора (при этом частота вращения вентилятора должна быть не более 1500 мин^{-1}). При температуре охлаждающей жидкости выше $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ термозлемент 1 через шток 2 и толкатель 11, преодолевая усилие возвратной пружины 9, открывает клапан 12. Вязкая жидкость через отверстие в ведущем диске перетекает в рабочую полость и заполняет зазор между ведущим и ведомым дисками, в результате чего происходит сцепление этих дисков и вентилятор включается в нормальный режим работы.

Электрический привод вентилятора радиатора включает в себя электродвигатель и систему управления. Электродвигатель запитан от бортовой сети автомобиля. Система управления обеспечивает работу вентилятора в зависимости от температуры двигателя. Типовая схема управления вентилятором с электрическим приводом включает: датчик температуры охлаждающей жидкости; электронный блок управления

двигателем; реле включения вентилятора и электродвигатель в качестве исполнительного устройства. На некоторых автомобилях реализована функция управляемого выбега вентилятора – автоматическое включение вентилятора после остановки двигателя. Выбег вентилятора производится с целью лучшего охлаждения двигателя в зависимости от режима его работы перед остановкой.

Датчик температуры охлаждающей жидкости предназначен для измерения температуры охлаждающей жидкости в системе охлаждения двигателя. Датчик является элементом электронного управления двигателем, с помощью которого осуществляется непрерывный контроль и регулирование температурного режима двигателя. Информация от датчика используется системой управления для корректировки основных параметров работы двигателя: частоты вращения коленчатого вала, качественного состава топливно-воздушной смеси и угла опережения зажигания. В качестве датчика применяется *термистор* – резистор, изменяющий сопротивление в зависимости от температуры. Термистор изготавливается из полупроводниковых материалов (оксид никеля, оксид кобальта), которые характеризуются ростом свободных электронов при увеличении температуры и соответственно уменьшением сопротивления. Термистор имеет отрицательный температурный коэффициент, т. е. его сопротивление уменьшается с ростом температуры. Когда двигатель холодный, сопротивление датчика максимально. На датчик подается напряжение порядка 5 В, которое уменьшается с изменением сопротивления датчика. По падению напряжения на датчике рассчитывают температуру охлаждающей жидкости.

Патрубки и шланги служат для соединения рубашки охлаждения двигателя с термостатом, насосом и радиатором. В систему охлаждения двигателя включен также и отопитель салона. Горячая охлаждающая жидкость проходит через радиатор отопителя и нагревает воздух, подающийся в салон автомобиля. Температура воздуха в салоне регулируется специальным краном, которым водитель увеличивает или уменьшает поток жидкости, проходящий через радиатор отопителя.

3. ВЛИЯНИЕ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА ДВИГАТЕЛЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ ЕГО РАБОТЫ

Одним из важнейших факторов, влияющих на долговечность и экономичность двигателя, является обеспечение его надежного запуска и поддержание оптимального теплового режима в период работы при различных значениях температуры окружающего воздуха. В зим-

них условиях эксплуатации применение масла повышенной вязкости значительно затрудняет пуск двигателя и увеличивает его износ. После пуска двигателя густое масло в течение длительного времени не поступает к трущимся поверхностям. Поэтому после пуска двигателя даже при нормальных показаниях масляного манометра нельзя нагружать или резко увеличивать частоту вращения двигателя, так как можно вывести из строя подшипники коленчатого вала.

При слишком низких температурах холодный пуск двигателя приводит к повреждению вкладышей подшипников и шеек коленчатого вала, к интенсивному износу гильз цилиндров, причем пусковые износы этих деталей у холодного двигателя даже на зимних сортах масла примерно в 3...4 раза больше, чем у прогретого. Вследствие этого предпусковая тепловая подготовка двигателей во многих случаях просто необходима. Предпусковой прогрев нужно осуществлять с помощью различных подогревательных устройств.

Нормальное тепловое состояние двигателя весьма важно обеспечить не только перед пуском, но и в процессе его работы. Вредны как перегрев двигателя, так и его переохлаждение. При перегреве двигателя происходит разжижение и более быстрое старение картерного масла, что вызывает ускоренный износ деталей. Если двигатель не охлаждать или охлаждать недостаточно, то его детали могут нагреться до высокой температуры, что связано с уменьшением их прочности и возможностью термического разрушения (прогорание поршней, пригорание фасок клапанов), уменьшением массового наполнения цилиндров из-за интенсивного нагрева воздуха или топливно-воздушной смеси от горячих поверхностей двигателя, снижением мощностных и экономических показателей двигателя, ухудшением условий работы системы смазки вследствие снижения вязкости перегретого масла и разрушения слоя поверхностно-активных молекул. Чрезмерный перегрев двигателя приводит к заклиниванию поршней в цилиндрах.

Пониженный тепловой режим, т. е. переохлаждение двигателя, также приводит к негативным последствиям. При низкой температуре значительно возрастает износ двигателя, что объясняется следующими факторами. В бензиновых двигателях при пониженном тепловом режиме происходит конденсация паров бензина из смеси на стенках цилиндров и впускного коллектора, в результате чего смывается масляная пленка с зеркала цилиндра и между деталями возникает полусухое трение. При этом быстро изнашиваются зеркало цилиндров и поршневые кольца. Особенно много бензина конденсируется при запуске хо-

лодного двигателя, в результате чего он изнашивается в такой же степени, как при пробеге автомобиля на расстояние около 150 км, если запускали непрогретый двигатель при температуре -15°C .

В дизельных двигателях ускоренный износ при пониженном тепловом режиме объясняют электрохимической коррозией, которая возникает в результате образования на зеркале цилиндров серной, сернистой и угольной кислот. Происходит это следующим образом. В дизельном топливе находится иногда более 1 % серы. При сгорании серы образуется серный или сернистый ангидриды SO_3 , SO_2 . На стенках зеркала цилиндров из газов, образующихся в результате сгорания топлива, могут конденсироваться пары воды, в которых растворяются вышеназванные ангидриды и образуются активные серная и сернистая кислоты, которые сильно корродируют детали цилинд्रो-поршневой группы, в результате при пуске и прогреве двигатель быстро изнашивается.

Конденсация паров воды может происходить при температуре стенок цилиндров 80°C и даже несколько больше. Это объясняется тем, что в цилиндрах давление газов при сгорании составляет несколько мегапаскалей. При таком давлении температура кипения воды значительно выше 100°C – температуры кипения при атмосферном давлении. Выбор нижнего предела рекомендованного интервала температуры охлаждающей жидкости сделан из тех соображений, чтобы вышеуказанные процессы конденсации паров воды и образования в результате этого кислот не могли произойти. Но при запуске и последующем прогреве двигателей эти процессы неизбежны, так как предварительный подогрев двигателя до температуры охлаждающей жидкости, равной нижнему допустимому пределу (80°C), потребовал бы применения специального подогревателя и увеличения времени для подготовки двигателя к работе, что оправдано только при отрицательных температурах.

Износ двигателя увеличивается также потому, что из-за разжижения топливом ухудшаются смазочные свойства картерного масла. Мощность и экономичность двигателя снижаются, а износ резко увеличивается. Работа дизеля при пониженной температуре деталей приводит к их осмолению, так как происходит превращение части топлива и некоторого количества масла в смолы, которые, попадая в поршневые канавки, уменьшают подвижность поршневых колец, а попадая в зазоры между стержнями клапанов и направляющими втулками, могут вызывать их зависание. В результате поршневые кольца полностью не закрывают зазор между поршнем и цилиндром, а клапаны не садят-

ся в свои седла, из-за чего снижается мощность двигателя, он хуже запускается, быстрее изнашивается и требует преждевременного ремонта.

С понижением теплового режима увеличивается вязкость картерного масла, что ведет к повышению механических потерь в двигателе, а также ухудшается очистка масла центрифугой. С увеличением вязкости масла ухудшается его прокачиваемость и увеличивается момент сопротивления прокручиванию коленчатого вала. Работа двигателя с переохлаждением способствует уменьшению срока службы картерного масла, увеличению расхода топлива, уменьшению мощности. Значительно увеличивается износ деталей цилиндрико-поршневой группы, что видно из следующих данных: при температуре цилиндров 40, 50, 100, 150 и 175 °С износ цилиндров на 1000 км пробега автомобиля соответственно составляет 30,0; 20,0; 7,5; 4,0 и 2,5 микрона. Эксплуатация двигателей при температуре охлаждающей жидкости ниже 55 °С недопустима, так как создаются условия, ускоряющие износ цилиндров и верхних компрессионных колец в 3...3,5 раза.

Наибольшая мощность и экономичность двигателя и наименьшая скорость изнашивания цилиндрико-поршневой группы имеют место при температуре охлаждающей жидкости в пределах 85...95 °С. Для увеличения моторесурса двигателя необходимо, чтобы он работал при оптимальном тепловом режиме независимо от температуры окружающего воздуха и нагрузки.

На тепловое состояние двигателя значительное влияние оказывает температура окружающего воздуха и нагрузка. Мощность двигателя при поддержании оптимального теплового режима и при понижении температуры окружающего воздуха возрастает, а при неизменной температуре окружающего воздуха по мере снижения теплового режима уменьшается. Низкий тепловой режим двигателей в зимний период обуславливается не только понижением температуры окружающего воздуха, но и нередко недогрузкой двигателя. Работа двигателей на пониженном тепловом режиме в зимний период приводит к их усиленному износу, сокращению срока службы, уменьшению мощности и увеличению расхода топлива. Между тем при достаточном предпусковом прогреве двигателей и работе их на оптимальном тепловом режиме износ деталей двигателей может быть меньше, чем летом за такой же период, так как уменьшается износ цилиндров, вызываемый пылью, находящейся во всасываемом воздухе.

Так как мощность, экономичность, надежность и долговечность двигателей в значительной степени зависят от теплового режима, необходимо строго соблюдать правила технической эксплуатации и обеспечивать поддержание оптимального теплового режима при любой температуре окружающего воздуха и любой нагрузке, что является одним из важнейших условий долговечной и экономичной работы двигателя внутреннего сгорания.

4. ВОЗМОЖНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ

При исправном состоянии системы охлаждения обеспечивается оптимальный тепловой режим, а следовательно, и нормальная работа двигателя. В процессе эксплуатации автомобиля в системе охлаждения возникают неисправности, влекущие за собой ухудшение отвода тепла в окружающую среду. К наиболее часто встречающимся неисправностям системы охлаждения относятся следующие: наличие накипи в рубашке блока (главным образом на стенках гильз и головки цилиндров), засорение трубок и загрязнение наружной поверхности сердцевины радиатора, нарушение герметичности сердцевины, соединительных шлангов и сальниковых уплотнений, чрезмерный износ или поломка деталей жидкостного насоса и вентилятора, выход из строя указателя температуры охлаждающей жидкости и термостата, поломка жалюзи или шторки радиатора.

Накипь в рубашке блока образуется при кипении охлаждающей воды, сопровождаемом выделением из нее солей и отложением их на поверхностях нагрева. Процесс кипения начинается после прогрева двигателя до нормального теплового состояния и усиливается с повышением нагрузки двигателя. Накипь обладает низкой теплопроводностью, поэтому при увеличении ее толщины теплопроводящая способность стенок резко ухудшается. По этой причине значительно повышается температура деталей цилиндрико-поршневой группы и картерного масла. При повышении температуры масла понижается его вязкость, в связи с чем в наиболее нагретых местах резко повышается сила трения между деталями. С увеличением трения, а также со снижением коэффициента наполнения, обусловленным возрастанием температуры воздуха в цилиндрах, снижается мощность и экономичность двигателя. При перегреве двигателя возможно коробление деталей кривошипно-шатунного механизма, которое влечет за собой аварийный износ и поломку деталей.

В случае засорения трубок радиатора и образования на них накипи, а также загрязнения их наружной поверхности снижаются охлаждающая и пропускная способности радиатора. По этой причине уменьшается коэффициент теплопередачи и снижается разность температур воды на входе и выходе радиатора. При работе двигателя с большой нагрузкой в жаркую погоду это может привести к его перегреву.

Если неисправен паровоздушный клапан системы охлаждения закрытого типа, возможно нарушение герметичности системы и повышенное испарение или течь охлаждающей жидкости. При работе двигателя уровень охлаждающей жидкости в радиаторе должен быть не ниже 50...80 мм от края заливной горловины. Обнаруженную течь следует немедленно устранять. Нужно своевременно проверять и регулировать натяжение ремня вентилятора, удалять накипь из системы охлаждения и поддерживать в исправном состоянии термостат, шторку или жалюзи, дистанционный термометр, а также паровоздушный клапан (закрытая система).

Чрезмерный износ или поломка деталей жидкостного насоса влечет за собой снижение его производительности, что приводит к перегреву двигателя. При неудовлетворительной работе вентилятора (например, в случае пробуксовки ремня) через поверхность радиатора проходит недостаточное количество охлаждающего воздуха, в результате чего повышается температура охлаждающей жидкости на входе в радиатор.

Нарушение сальниковых уплотнений жидкостного насоса и вентилятора приводит к вытеканию смазки из подшипников и, как следствие, их повышенному изнашиванию.

Вследствие нарушения теплового и нагрузочного режимов двигателя и несвоевременной подтяжки гаек крепления головки к блоку в процессе эксплуатации автомобилей нередко наблюдаются случаи образования трещин в днище головки цилиндров и прогорания прокладки. В связи с этим в цилиндры попадает охлаждающая жидкость. По указанной причине затрудняется запуск двигателя, происходят перебои в его работе, снижаются мощность и экономичность, ухудшаются условия смазки сопряжений кривошипно-шатунного механизма.

От состояния термостата, жалюзи и шторки зависит интенсивность прогрева двигателя, что имеет большое значение в холодную погоду. При их неисправностях двигатель прогревается медленно. Работа переохлажденного двигателя сопровождается потерей мощности и экономичности (вследствие повышенной вязкости масла), усиленным

коррозионным изнашиванием деталей цилиндро-поршневой группы и быстрым ухудшением качества масла (образованием шлама).

Наличие накипи в системе охлаждения можно устанавливать по температуре наружной поверхности головки цилиндров и блока, замеренной в наиболее напряженных местах при определенной температуре охлаждающей жидкости. Однако этот способ является ориентировочным, так как он зависит от многих факторов (нагрузки, угла опережения впрыска или зажигания, качества распыливания топлива форсунками, температуры окружающей среды и т. д.). К ориентировочным показателям наличия отложений накипи на поверхностях нагрева относятся также повышенные значения температуры и угара картерного масла. Наиболее объективным способом определения состояния поверхностей нагрева следует считать непосредственный замер толщины отложений накипи в наиболее напряженных местах, например в верхней части гильз цилиндров. Ввиду отсутствия объективных методов обнаружения накипи в иных местах систему охлаждения периодически промывают специальными растворами – накипеудалителями.

Засорение трубок радиатора и образование на них слоя накипи можно обнаружить по снижению разности температур охлаждающей жидкости на входе и выходе радиатора, а также по увеличению разрежения в нижнем жидкостном патрубке (его замеряют вакуумметром). Степень загрязнения сердцевины радиатора снаружи можно определить внешним осмотром, а также по разности температур охлаждающей жидкости на входе и выходе радиатора.

Герметичность соединений системы охлаждения определяют внешним осмотром при работе двигателя. Надежность соединений и трубок сердцевины радиатора можно проверить путем гидравлической опрессовки системы охлаждения под давлением. При этом величину утечки жидкости оценивают по падению давления в единицу времени.

Действие паровоздушного клапана проверяют по давлению начала открытия парового и воздушного клапанов при подаче под них сжатого воздуха.

Состояние прокладки и головки цилиндров проверяют с помощью манометра, подключаемого к системе охлаждения, при избытке давления в системе на работающем двигателе. В случае пропуска газов в систему охлаждения происходит колебание стрелки манометра. Состояние прокладки и головки можно также проверить путем подачи сжатого воздуха в камеру сгорания при неработающем двигателе. В случае прогорания прокладки или наличия трещины в днище голов-

ки из воды, находящейся в верхнем баке радиатора, будут выходить пузырьки воздуха.

Чрезмерный износ лопастей крыльчатки и стенок корпуса жидкостного насоса можно определить по повышению температуры в верхнем баке радиатора и уменьшению разрежения в нижнем жидкостном патрубке при нормальном натяжении ремня вентилятора. Наиболее объективный показатель оценки износного состояния жидкостного насоса – его производительность, которую можно определить при помощи дроссельной шайбы и вакуумметра, устанавливаемых в нижнем жидкостном патрубке.

Состояние шторок и жалюзи определяют внешним осмотром и проверкой действия устройств, регулирующих степень прикрытия поверхности радиатора.

Действие термостата проверяют по температуре начала и конца открытия клапана. Первичная проверка работоспособности термостата происходит непосредственно на самом двигателе следующим образом. Для проверки термостата двигатель необходимо запустить и прогреть до штатной температуры. Через 1...2 минуты после запуска, когда стрелка датчика температуры охлаждающей жидкости еще только начала отклоняться от края шкалы, следует проверить нагрев патрубков, ведущих к радиатору. Нижний патрубок должен оставаться холодным, а верхний – понемногу нагреваться. Умеренно теплым должен быть и патрубок, ведущий к печке салона. По мере прогревания двигателя верхний патрубок радиатора должен становиться горячим, а нижний – оставаться холодным.

При достижении температуры срабатывания термостата (наносится на его корпус или указывается в паспорте) нижний патрубок радиатора станет теплым, а затем и горячим. Это – свидетельство срабатывания клапана термостата. В теплую или жаркую погоду вслед за ним должен включиться и электровентилятор (при его наличии). Такой порядок работы термостата является штатным.

Если же в процессе прогревания двигателя теплыми становятся одновременно оба патрубка радиатора, это свидетельствует о том, что клапан термостата в силу ряда причин постоянно находится в открытом положении, запуская циркуляцию охлаждающей жидкости по большому кругу системы охлаждения. Возможен и такой вариант – двигатель прогрелся, включился электрический вентилятор, а нижний патрубок радиатора остается холодным. В этом случае клапан термостата остается постоянно закрытым и не открывается даже при нагре-

вании охлаждающей жидкости, запуская ее циркулировать по малому кругу системы охлаждения. Оба этих варианта свидетельствуют о том, что термостат неисправен и подлежит замене.

Правильность показаний дистанционного термометра контролируют при помощи контрольного термометра.

Натяжение ремня вентилятора проверяют с помощью специального приспособления по величине прогиба при определенном усилии нажатия на ремень.

Из перечисленных показателей технического состояния узлов систем жидкостного охлаждения двигателей в условиях рядовой эксплуатации определяют главным образом герметичность системы охлаждения, состояние паровоздушного клапана, правильность показаний дистанционного термометра, состояние термостата и натяжение ремня вентилятора.

Уход за системой воздушного охлаждения заключается в периодической проверке и регулировке натяжения ремня вентилятора, очистке внутренней полости вентилятора, а также промежутков между ребрами цилиндров и головок. Тепловое состояние двигателей с воздушным охлаждением контролируется при помощи дистанционного термометра картерного масла и сигнализатора перегрева или дистанционного термометра отходящего воздуха. Температура масла должна находиться в пределах 70...100 °С, а температура воздуха – 100...120 °С.

5. ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ

В настоящее время наиболее перспективным является воздушно-жидкостное охлаждение, так как оно объединяет все преимущества воздушной и жидкостной систем охлаждения.

Находит применение эжекционная система охлаждения, которая работает за счет энергии отработавших газов. Преимущество этой системы заключается в простоте устройства и надежности, так как в ней нет вращающихся, подверженных износу деталей. Недостаток ее состоит в том, что необходимо затрачивать мощность на преодоление сопротивления выходящим газам.

Широкое распространение получает герметизированная система охлаждения с повышенным температурным режимом и применением всесезонной жидкости, что значительно уменьшает затраты цветных металлов, коррозионное разрушение деталей цилиндро-поршневой группы, увеличивает КПД двигателя. Однако повышение температуры

охлаждающей жидкости до 100...110 °С вызывает увеличение передачи теплоты в масло, в результате чего его температура повышается.

Традиционная принудительная система охлаждения не саморегулируемая, поэтому ее необходимо снабжать дополнительными устройствами, позволяющими регулировать в зависимости от условий эксплуатации (нагрузки и температуры окружающей среды) интенсивность циркуляции воды и потока воздуха, создаваемых соответственно жидкостным насосом и вентилятором. Для регулирования интенсивности теплообмена применяются жалюзи, термостаты и утеплительные чехлы, но эти устройства малоэффективны. Усовершенствование систем охлаждения происходит путем создания автоматически управляемых вентиляторов, что привело к появлению множества их типов.

До недавнего времени самыми распространенными были неуправляемые вентиляторы с жесткой связью. Они просты и не требуют питания для управления, но при помощи их невозможно поддерживать оптимальный тепловой режим двигателя. Автоматически управляемый вентилятор, работа которого зависит от температурного режима двигателя, включает датчик, реагирующий на колебания температуры в системе охлаждения, и устройства, обеспечивающие изменение производительности вентилятора, что может быть достигнуто изменением угла установки лопастей, периодическим включением вентилятора или изменением частоты его вращения. Не получили большого распространения вентиляторы с поворотными лопастями из-за сложности конструкции и недолговечности и вентиляторы с механическим зацеплением, так как в момент зацепления под действием ударных нагрузок зацепители выходят из строя. Поэтому в настоящее время в автоматически управляемых вентиляторах производительность регулируется изменением частоты вращения или их включением и выключением.

Регулирование частоты вращения осуществляется чаще всего гидравлическими и электрическими муфтами, электрическим и гидравлическим приводами. Для включения и выключения вентиляторов применяются гидромуфты, вискомуфты, сухие муфты трения с механическим, гидравлическим, пневматическим и электрическим управлением, специальные электромагнитные муфты, муфты с механическим зацеплением, термосиловым или биметаллическим управлением.

Применяются автоматически управляемые вентиляторы с дисковым сцеплением (сухой фрикционной муфтой), гидравлическим и пневматическим управлением с помощью термоклапана. Однако наличие гидравлической или пневматической систем с постоянным давле-

нием усложняет конструкцию и требует надежных уплотнений. Автоматически управляемые вентиляторы работают от термодатчика. Недостаток данных конструкций – значительное проскальзывание рабочих поверхностей из-за нечеткости включения, что приводит к износу сопрягаемых элементов и нарушению момента срабатывания муфты.

Недостатки перечисленных вариантов автоматически управляемых вентиляторов следующие:

- ненадежность сальников гидромуфты, муфты с гидравлическим или пневматическим управлением;
- сложность и ненадежность (когда вентилятор устанавливается на одной оси с жидкостным насосом);
- повышенный износ рабочих поверхностей (муфты с механическим управлением).

Применение сухих муфт трения с электрическим управлением, электромагнитных муфт или электрического привода вентилятора сводит к минимуму перечисленные недостатки. Электромагнитные муфты обладают четкостью включения, обеспечивают высокую износостойкость рабочих поверхностей, а простота конструкции узлов позволяет широко унифицировать детали системы охлаждения.

Получили распространение электромагнитные (вихревые) муфты скольжения, достоинствами которых является износостойкость (ведомый и ведущий элементы не соприкасаются) и возможность регулировать частоту вращения вентилятора. Они обеспечивают в любом случае плавное, безударное включение вентилятора, что положительно сказывается на работоспособности подшипников и ремней привода. К недостаткам электромагнитных муфт скольжения следует отнести относительно большую массу и габариты, так как для передачи заданного момента требуется большая рабочая площадь полюсов и значительная мощность возбуждения. Скольжение ухудшает КПД и приводит к нагреву деталей муфты.

Широко применяется электрический привод вентилятора с отдельным электродвигателем, частота вращения которого может регулироваться температурным датчиком. Он обеспечивает наилучшую балансировку теплоты на всех режимах работы двигателя.

Ферромагнитные муфты с твердым магнитоэлектриком являются промежуточным вариантом между муфтами скольжения и фрикционными электромагнитными муфтами, так как в зависимости от силы тока в катушке возбуждения они могут работать с некоторым проскальзыванием или полной блокировкой рабочих поверхностей. При-

меняемые электромагнитные муфты с жидким магнетодиэлектриком требуют создания надежных уплотнений. Положительными качествами таких муфт являются высокая износостойкость рабочих поверхностей и отсутствие ударных нагрузок. При переменном сопротивлении датчика можно плавно регулировать частоту вращения вентилятора.

Автоматически управляемые вентиляторы значительно сокращают время прогрева двигателя, затраты энергии на привод вентилятора в тот период, когда он не нужен. Регулирование частоты вращения вентилятора в зависимости от теплового режима двигателя дает большой экономический эффект, особенно при частичных нагрузках и высоких частотах вращения, так как производительность вентилятора пропорциональна частоте вращения, а потребляемая мощность – частоте вращения в третьей степени. Мощность, потребляемая нерегулируемым вентилятором, может достигать 10 % мощности двигателя. С применением регулируемого привода вентилятора потребляемую мощность можно значительно уменьшить.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Диагностирование автомобилей. Практикум : учеб. пособие / А. Н. Карташевич [и др.]; под ред. А. Н. Карташевича. – Минск : Новое знание; Москва : ИНФРА-М, 2011. – 207 с.
2. Карташевич, А. Н. Тракторы и автомобили. Конструкция : учеб. пособие / А. Н. Карташевич, О. В. Понталев, А. В. Гордеенко. – Минск : Новое знание; Москва : ИНФРА-М, 2013. – 311 с.
3. Карташевич, А. Н. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости : учеб. пособие / А. Н. Карташевич, В. С. Товстыка, А. В. Гордеенко. – Минск : Новое знание; Москва : ИНФРА-М, 2015. – 420 с.
4. Устройство тракторов : учеб. пособие / А. Н. Карташевич [и др.]; под ред. А. Н. Карташевича. – Минск : РИПО, 2016. – 444 с.
5. Устройство тракторов : учебник / А. Н. Карташевич [и др.]; под ред. А. Н. Карташевича. – Минск : РИПО, 2018. – 463 с.