

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Магнитогорский государственный технический университет
им. Г.И. Носова»

Кафедра технологий, сертификации и сервиса автомобилей

УСТРОЙСТВО СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ

*Методическая разработка к практическим занятиям
«Конструкция и эксплуатационные свойства транспортных и
транспортно-технологических машин и оборудования» для студентов,
обучающихся по направлению 23.03.03 (190600) Эксплуатация
транспортно-технологических машин и комплексов*

Составитель Куцепендик В.И.

Устройство системы охлаждения: Методическая разработка к практическим занятиям «Конструкция и эксплуатационные свойства транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования» для студентов, обучающихся по направлению 23.03.03 (190600) Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова.

В методических указаниях приведены основные положения по устройству и конструкции современных систем охлаждения, изложена методика выполнения практических работ по изучению их конструкции.

Рецензент проф., д.т.н. Чукин М.В.

1. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКОГО ЗАНЯТИЯ

Цель работы: изучить конструкции приборов жидкостной системы охлаждения.

Прежде всего, следует начинать с усвоения назначения системы охлаждения, затем уяснить конструктивные особенности различных видов систем охлаждения. Обратите внимание на классификацию жидкостных систем охлаждения по периодам регулирования. Следует подробно изучить конструкцию и принцип действия паровоздушного клапана. Изучить типы, устройство и принцип работы термостатов. Уясните, за счет чего и как обеспечивается оптимальный тепловой режим при использовании гидравлической муфты привода вентилятора, для чего необходим водяной насос. Следует четко уяснить, какие приборы и механизмы выполняют функции регулирования температуры, давления, подачи охлаждающей жидкости, какие детали входят в каждый прибор. Определить предъявляемые требования, уход и регулировки. Дайте сравнительную оценку воздушной и жидкостной систем охлаждения, укажите их положительные и отрицательные стороны. Заканчивая данную тему, определите основные и специальные требования, предъявляемые к системам охлаждения. Способы регулировки и правила ухода за жидкостной системой охлаждения.

Порядок выполнения работы:

1. Составить схемы воздушной и жидкостной систем охлаждения, пользуясь макетом, чертежом или разрезанным натурным образцом. Отметить конструктивные особенности.
2. На схеме обозначить все элементы, из которых состоит рассматриваемая система.
3. Составить схемы приборов жидкостной системы охлаждения: радиатора, паровоздушного клапана, термостата, водяного насоса.
4. На схемах обозначить все составные части. Определить и описать принцип действия прибора.
5. По изученному материалу и полученным данным составить отчет.

2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СИСТЕМАХ ОХЛАЖДЕНИЯ

Система охлаждения предназначена для принудительного отвода от деталей двигателя лишнего тепла и передачи его окружающему воздуху. Охлаждение двигателя применяется в целях принудительного отвода тепла от нагретых деталей для обеспечения оптимального теплового состояния двигателя и его нормальной работы.

Температура в течение рабочего цикла двигателя изменяется от 80-120 °С (минимальная) в конце впуска до 2000-2200 °С (максимальная) в конце сгорания смеси.

Если двигатель не охлаждать, то газы, имеющие высокую температуру, сильно нагревают детали двигателя, и они расширяются. Масло на цилиндрах и поршнях выгорает, их трение и износ возрастают, а от чрезмерного расширения деталей происходит заклинивание поршней в цилиндрах двигателя, и двигатель может выйти из строя. Чтобы избежать отрицательных явлений, вызываемых перегревом двигателя, его необходимо охлаждать.

Однако чрезмерное охлаждение двигателя вредно отражается на его работе. При переохлаждении двигателя на стенках цилиндров конденсируются пары топлива (бензина), смывая смазку, разжижают масло в картере. В этих условиях происходит интенсивный износ поршневых колец, поршней, цилиндров и снижается экономичность и мощность двигателя. Нормальная работа системы охлаждения способствует получению наибольшей мощности, снижению расхода топлива и увеличению срока службы двигателя без ремонта.

Большая часть отводимого тепла воспринимается системой охлаждения, меньшая – системой смазки и непосредственно окружающей средой.

Благодаря этому создается определенный температурный режим, при котором двигатель не перегревается и не переохлаждается. Тепло в автомобильных и тракторных двигателях отводится двумя способами, в зависимости от рода используемого теплоносителя: жидкостью (жидкостная система охлаждения) или воздухом (воздушная система охлаждения). Эти системы поглощают 25-35% . тепла, выделяющегося во время сгорания топлива. Температура охлаждающей жидкости, находящейся в головке блока цилиндров, должна быть равна 80-95 °С. Такой температурный режим наиболее выгоден, обеспечивает нормальную работу двигателя и не должен изменяться в зависимости от температуры окружающего воздуха и нагрузки двигателя.

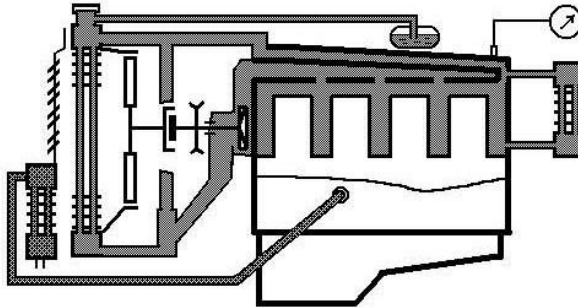


Рис. 1. Жидкостная система охлаждения

Жидкостная система охлаждения автомобильного двигателя (рис. 1) состоит из водяной рубашки, радиатора, вентилятора, термостата, насоса с крыльчаткой, отводящего и подводящего патрубков, ремня привода вентилятора, датчика указателя температуры жидкости, сливных краников и других деталей. Вокруг цилиндров двигателя и головки блока имеется пространство с двойными стенками (водяная рубашка), где циркулирует охлаждающая жидкость.

Во время работы двигателя охлаждающая жидкость нагревается и водяным насосом подается в радиатор, где охлаждается, а затем снова поступает в рубашку блока цилиндров. Для надежной работы двигателя необходимо, чтобы охлаждающая жидкость постоянно циркулировала по замкнутому кругу: двигатель – радиатор – двигатель. Жидкость может циркулировать по малому кругу, минуя радиатор (непрогретый двигатель, термостат закрыт), или по большому кругу, поступая в радиатор (прогретый двигатель, термостат открыт).

Водяная рубашка двигателя состоит из рубашки блока цилиндров и рубашки головки блока, соединенных между собой отверстиями в прокладке между головкой и блоком. Крыльчатка водяного центробежного насоса и вентилятор приводятся в действие приводным устройством. При вращении крыльчатки насоса охлаждающая жидкость нагнетается в водораспределительную трубку, расположенную в головке блока. Через отверстия в трубке жидкость направляется к патрубкам выпускных клапанов, благодаря чему охлаждаются наиболее нагретые части головки блока и цилиндров. Нагретая жидкость проходит в верхний отводящий патрубок. Если термостат закрыт, то по перепускному каналу жидкость снова поступает к центробежному насосу. При открытом термостате охлаждающая жидкость проходит в верхний бачок радиатора, охлаждается, протекая по трубкам, и поступает в нижний бачок радиатора. Охлажденная в радиаторе жидкость по нижнему подводящему патрубку подводится к насосу.

Водяной насос нагнетает жидкость в систему, и основной ее поток проходит по водяной рубашке блока цилиндров от его передней части к задней. Омывая гильзы цилиндров со всех сторон и проходя через отверстия в привалочных поверхностях блока цилиндров и головок блока, а также в прокладке, расположенной между ними, охлаждающая жидкость поступает в рубашки головок блока. При этом значительное количество охлаждающей жидкости подается к наиболее нагретым местам - патрубкам выпускных клапанов и гнездам свечей зажигания. В головках блока охлаждающая жидкость движется в продольном направлении от заднего торца к переднему благодаря наличию отверстий соответствующего диаметра, просверленных в привалочных поверхностях блока цилиндров и головок, и дозирующих вставок, установленных в задних каналах впускного трубопровода. Отверстие во вставке ограничивает количество жидкости, поступающей в рубашку впускного трубопровода. Теплая жидкость, проходящая по рубашке впускного трубопровода, нагревает горючую смесь, поступающую из карбюратора (по внутренним каналам трубопровода), и улучшает смесиобразование.

Температуру жидкости в системе охлаждения контролируют дистанционным термометром, приемник которого расположен в кабине водителя на щитке приборов, а датчик в водораспределительной коробке (дизель автомобиля КамАЗ), в водяном канале впускного трубопровода (двигатели автомобилей ГАЗ и ЗИЛ), в головке блока (двигатель автомобиля ГАЗ-24 «Волга»). Если температура воды в системе охлаждения превышает определенную величину, то на щитке приборов загорается сигнальная лампа, например красная при температуре воды 105-108 °С.

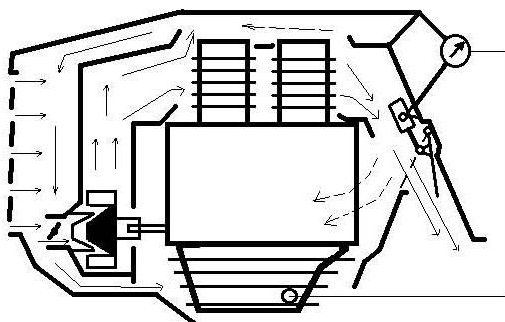


Рис. 2. Воздушная система охлаждения

Система воздушного охлаждения автомобильных и тракторных двигателей состоит из ряда элементов, регулирующих ее работу и

поддерживающих заданное тепловое состояние двигателя. Принципиальная схема воздушного охлаждения включает в себя подкапотное пространство, закрытое соответствующими кузовными панелями; аксиальный или центробежный вентилятор с направляющим аппаратом, приводимый от коленчатого вала двигателя; направляющие панели рубашки охлаждения, а также органы, управляющие расходом воздуха, например, в виде управляемых термостатами заслонок, дросселирующих вход или выход воздуха, или автоматической муфты регулирования частоты вращения вала вентилятора. В потоке охлаждающего воздуха помещают масляный радиатор. Для контроля теплового состояния двигателя служат датчик температуры и показывающий прибор в кабине водителя.

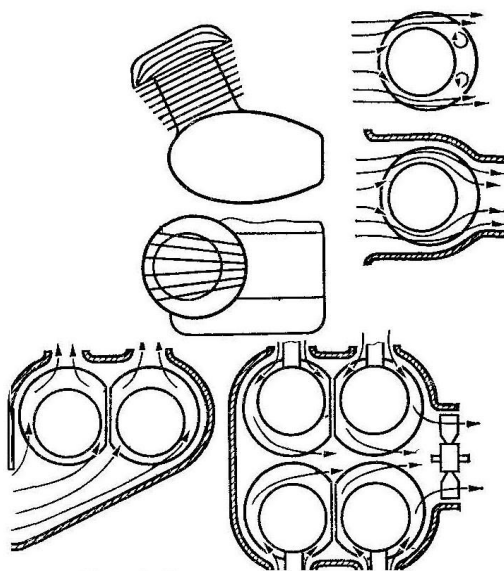


Рис. 3. Схемы воздушного охлаждения

Простейшую систему воздушного охлаждения – напором встречного воздуха применяют для мотоциклетных двигателей. Равномерность охлаждения достигается как соответствующей формой обрешения, так и установкой, в ряде случаев, направляющих пластин.

В наиболее распространенных системах с вентилятором применяют две принципиальные схемы подачи охлаждающего воздуха: с нагнетающим вентилятором и отсасывающим вентилятором. Нагнетающий вентилятор работает в потоке холодного и более плотного воздуха, обладает большей подачей и требует меньших энергетических

затрат. Менее экономичный просасывающий вентилятор обеспечивает более равномерное охлаждение цилиндров без сложных направляющих и распределительных дефлекторов.

Для поддержания оптимального теплового режима двигателя регулируют количество воздуха, подаваемого в систему. Простейшие варианты – дросселирование потока воздуха в системе с помощью заслонок, управляемых вручную или термостатом.

Каждая из указанных систем охлаждения имеет преимущества и недостатки. К **преимуществам жидкостного охлаждения** следует отнести:

1. более эффективный отвод тепла от нагретых деталей двигателя при любой тепловой нагрузке;
2. быстрый и равномерный прогрев двигателя при пуске;
3. допустимость применения блочных конструкций цилиндров двигателя;
4. меньшая склонность к детонации в бензиновых двигателях;
5. более стабильное тепловое состояние двигателя при изменении режима его работы;
6. меньшие затраты мощности на охлаждение и возможность использования тепловой энергии, отводимой в систему охлаждения.

Недостатки системы жидкостного охлаждения:

1. большие затраты на обслуживание и ремонт в эксплуатации;
2. пониженная надежность работы двигателя при отрицательных температурах окружающей среды и большая чувствительность к ее изменению.

К **преимуществам воздушной системы охлаждения** относят следующие:

1. простота и удобство в эксплуатации из-за отсутствия жидкости;
2. меньшая масса двигателя с воздушным охлаждением по сравнению с массой аналогичного двигателя с жидкостным охлаждением;
3. пониженная чувствительность к колебаниям температуры, особенно ценная при эксплуатации автомобиля в районах с жарким или холодным климатом.

К **недостаткам двигателей с воздушным охлаждением** относятся следующие:

1. значительный расход мощности на привод вентилятора;
2. некоторое ухудшение наполнения цилиндра, приводящее к тому, что при одинаковых частотах вращения коленчатого вала и других параметрах двигатель с воздушным охлаждением развивает несколько меньшую мощность, чем двигатель с жидкостным охлаждением;
3. повышенный шум при работе;
4. большая тепловая напряженность отдельных деталей.

Систему жидкостного охлаждения наиболее целесообразно использовать в форсированных двигателях и в двигателях с относительно большим рабочим объемом цилиндра; систему воздушного охлаждения – в двигателях с рабочим объемом цилиндра до 1 л независимо от степени форсировки и в двигателях с небольшой литровой мощностью.

3. КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ

Большинство двигателей имеет жидкостные системы охлаждения (открытые или закрытые). У **открытой системы охлаждения** внутреннее пространство непосредственно сообщается с окружающей атмосферой. Распространение получили **закрытые системы охлаждения**, у которых внутреннее пространство только периодически сообщается с окружающей средой при помощи специальных клапанов. В этих системах охлаждения повышается температура кипения охлаждающей жидкости и уменьшается ее выкипание.

Исходной величиной для расчетов элементов охлаждения является количество теплоты, которое необходимо отвести от двигателя в охлаждающую среду, степени наддува.

$$f_{охл} = \frac{F_{охл}}{V_h}$$

где $F_{охл}$ - средняя площадь охлаждаемой поверхности;

V_h - рабочий объем цилиндров.

Удельное количество теплоты $q_{охл}$, отводимой в охлаждающую среду, зависит от размеров цилиндров и отношения S/D (хода поршня к диаметру цилиндра), влияющих на относительные площади воспринимающих теплоту и охлаждаемых поверхностей.

С увеличением мощности двигателей на 25-68% в результате применения наддува $q_{охл}$ уменьшается на 3-15%.

Эффективность теплоотвода в охлаждающую среду от стенок тем больше, чем меньше вязкость среды и чем выше ее плотность, теплопроводность и теплоемкость.

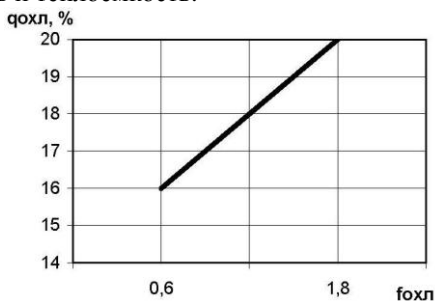


Рис. 4. Зависимость $q_{охл}$ от относительной поверхности охлаждения $f_{охл}$

При воздушном охлаждении интенсивность отвода теплоты от стенок снижается еще больше. Так, при неподвижных относительно стенок воды и воздуха и при одинаковых разностях температур коэффициенты теплоотдачи различаются в 30 раз, при движении со скоростью 1-3 м/с воды и 50 м/с воздуха они отличаются в 13-15 раз. При кипении воды интенсивность теплоотдачи превышает интенсивность теплоотдачи в воздух примерно в 40 раз. Поэтому для обеспечения допустимых температур деталей двигателей воздушного охлаждения отношение площадей поверхностей, воспринимающих теплоту от газов и отдающих ее охлаждающему воздуху, увеличивают до 14 раз путем оребрения наружных поверхностей.

Раздельное охлаждение головок и цилиндров позволяет повысить экономичность двигателя до 4% и мощность до 5%.

Основным контролируемым параметром работы системы охлаждения является *температура охлаждающей жидкости* на выходе из двигателя, измеряемая с помощью датчиков температуры и дистанционных термометров. Датчики температур устанавливают обычно на выходе охлаждающей жидкости из системы охлаждения двигателя или агрегатов, например, турбокомпрессоров.

Регулированием работы систем охлаждения можно значительно сократить изменение температур деталей, их стыков, уплотнений в зависимости от режимов работы двигателей. Для этого наиболее целесообразно регулировать работу систем охлаждения так, чтобы температура охлаждающего тела на выходе из зарубашечных или подкапотных пространств (или входе в них) оставалась постоянной. Это обеспечивается следующим:

1. регулированием количества тела, подаваемого в систему охлаждения (в системах воздушного охлаждения);
2. изменением количества нагретой охлаждающей жидкости, направляемой с помощью термостатов в охладители;
3. изменением интенсивности охлаждения жидкости в охладителях;
4. сочетанием нескольких способов регулирования, например, изменением количества жидкости, охлаждаемой в охладителях, и интенсивности охлаждения в них.

Вторым контролируемым параметром является *давление охлаждающего тела* в системе охлаждения.

Давление воздуха вместе с его расходом определяют затраты мощности на привод вентиляторов, оно не контролируется, так как непосредственно влияет на конструкцию и работоспособность решеток охладителей, дефлекторов и кожухов.

В замкнутых системах жидкостного охлаждения вследствие парообразования при перегреве двигателя возможно увеличение

давления; при водяном высокотемпературном охлаждении избыточное давление создается для повышения температуры кипения. Поэтому закрытые системы всегда оборудуют так называемыми паровыми клапанами, ограничивающими давление для предотвращения возможных разрушений рубашек цилиндров и блоков, трубопроводов, охладителей, расширительных баков, а также нарушения плотности соединений, в частности, уплотнений гильз и втулок цилиндров.

При выключении или уменьшении нагрузки двигателя, наоборот, вследствие конденсации паров в системе может создаться разрежение и возникнуть опасность разрушений элементов систем охлаждения давлением окружающей среды. Для устранения этого закрытые системы оборудуют воздушными клапанами, обеспечивающими вход воздуха в систему. Обычно паровые и воздушные клапаны объединяют в паровоздушный клапан, выполняемый в одном корпусе. Этот корпус часто является устройством, закрывающим заливное отверстие, располагаемое в верхней точке системы – патрубке, соединяющим двигатель с охладителем, охладителем, расширительным или смесительным баке.

При способе регулирования путем изменения количества рабочего тела, подаваемого к охлаждающимся поверхностям или охладителям, наибольшее распространение получили осевые вентиляторы.

Подачу осевых вентиляторов изменяют периодическим отключением вентиляторов с помощью фрикционных или электромагнитных муфт или непрерывным изменением частоты вращения ротора вентилятора с помощью электродвигателей, вмонтированных в вентилятор, электромагнитных муфт и наиболее часто – с помощью гидравлических муфт, встроенных в механизм привода вентилятора.

В случае перерыва подачи масла к гидромуфте она блокируется, и вентилятор вращается с частотой вращения вала. В зависимости от заполнения объемов между лопатками колес насоса и турбины через трубку подвода масла в гидромуфту изменяется частота вращения колеса турбины и вентилятора от 0 до 95-98% частоты вращения вала. При этом температура воды поддерживается в пределах 80-95 °С в зависимости от режима работы двигателя. Количество подаваемого в гидромуфту масла регулируется автоматически по температуре воды на выходе.

При способе регулирования путем изменения интенсивности охлаждения жидкости в жидкостно-воздушных охладителях интенсивность охлаждения жидкости регулируют изменением поверхности охлаждения различными жалюзи, шторками и фартуками-уплотнителями или подачу вентиляторов, прокачивающих воздух через решетку охладителя.

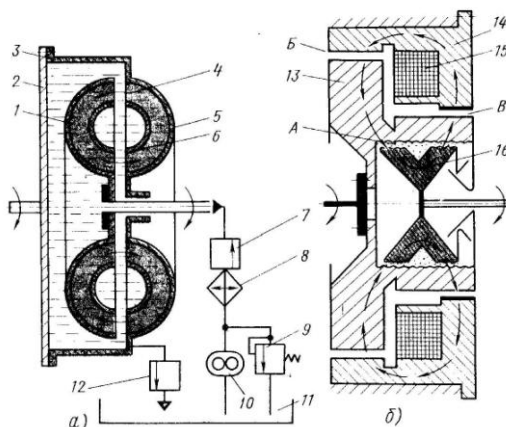


Рис. 5. Гидравлическая и электромагнитная муфта

а) 1 – ведомая часть, турбинное колесо; 2 – крышка; 3 – ведущая часть, насосное колесо; 4 – лопасти; 5, 6 – наружный и внутренний тор; 7 – клапан заполнения; 8 – радиатор; 9 – предохранительный клапан; 10 – насос; 11 – бак; 12 – клапан опорожнения. б) А, Б, В – зазоры; 13 – ведущая часть; 14 – неподвижный корпус; 15 – обмотка возбуждения; 16 – ведомая часть

При способе регулирования путем изменения количества нагретой охлаждающей жидкости применяются устройства, позволяющие изменять направление движения жидкости и его расход через пропускное сечение подводящих патрубков, термостаты.

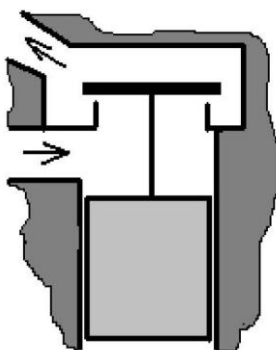


Рис. 6. Схема термостата

Когда двигатель не прогрет, клапан термостата закрыт, и жидкость из рубашки охлаждения не может попасть в охладитель (в большой круг циркуляции). При закрытом клапане термостата жидкость поступает к насосу через малый круг циркуляции. При нагревании жидкости клапан термостата начинает открываться, и охлаждение двигателя осуществляется всей жидкостью, циркулирующей по большому кругу. Проходное сечение клапана термостата и количество жидкости, поступающей в охладитель, увеличиваются по мере повышения температуры, чем в определенных пределах автоматически регулируется температурный режим двигателя.

Термостаты изготавливают как с одним клапаном, так и с двумя клапанами и используют в различных системах охлаждения.

При комбинированном способе регулирования используют все вышеперечисленные способы в различных сочетаниях. Они получили наибольшее распространение в современных двигателях, так как позволяют поддерживать наиболее оптимальный температурный режим.

В зависимости от способа циркуляции жидкости системы охлаждения подразделяют на термосифонные, с принудительной циркуляцией жидкости и смешанные.

В термосифонной системе охлаждения циркуляция осуществляется за счет разницы в плотности холодной и горячей жидкости. Во время работы двигателя жидкость в полости рубашки охлаждения нагревается и поступает в верхнюю ее зону, откуда через патрубок поступает в верхний бачок радиатора. В радиаторе жидкость отдает теплоту воздуху, плотность ее повышается, вследствие чего за счет естественной конвекции она опять поступает в рубашку охлаждения. Для интенсивной циркуляции жидкости в таких системах нужен значительный перепад температур (около 30°) на входе в радиатор и на выходе из него.

В системах с принудительной циркуляцией жидкость прокачивается насосом из радиатора в нижнюю зону рубашки охлаждения, т.е. в зону, не требующую интенсивного теплоотвода, а затем уже подается для охлаждения более горячей головки. Перепад температур на входе и на выходе из радиатора в таких системах может быть в пределах $8-12^{\circ}$, что позволяет значительно уменьшить его габариты.

Смешанные системы охлаждения характеризуются тем, что холодная жидкость из радиатора подается насосом в верхнюю зону рубашки охлаждения цилиндров или непосредственно в полость головки блока. Цилиндры охлаждаются в этом случае путем естественной конвекции жидкости, что позволяет поддерживать температуру их стенок на желаемом уровне. Охлаждающая жидкость подается к наиболее горячим стенкам камеры сгорания и выпускных патрубков в таких

системах часто с помощью специальных водораспределительных труб или каналов. Температуру жидкости на выходе из двигателя поддерживают в пределах 80-95° независимо от режима работы с помощью термостата, ограничивающего циркуляцию охлаждающей жидкости через радиатор, жалюзи, закрывающих решетку радиатора, или регулируя производительность вентилятора. К системе охлаждения подключают и отопитель салона, в котором циркулирует охлаждающая жидкость.

По периодам регулирования системы охлаждения различают:

Однопериодная система охлаждения. В данной системе охлаждения отсутствуют термостаты и различные муфты привода вентилятора. Охлаждающая жидкость всегда циркулирует через охладитель и интенсивность охлаждения регулируется только изменением поверхности охлаждения различными жалюзи, шторками и фартуками-уплотнителями.

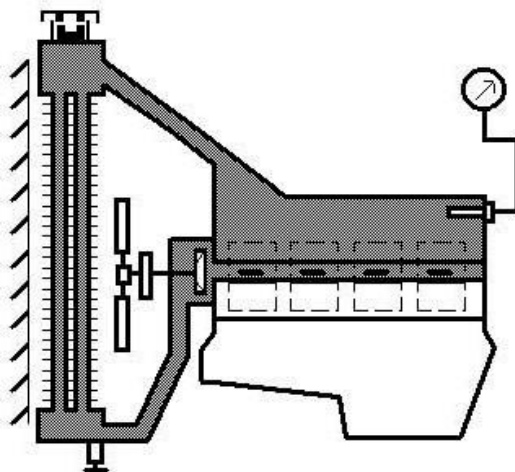


Рис. 7. Однопериодная система охлаждения

Двухпериодная система охлаждения. В данной системе охлаждения применяют одноклапанные термостаты, которые позволяют изменять направление потока и количество охлаждающей жидкости. В первый период регулирования, когда закрыт клапан термостата, вода циркулирует по малому кругу. Так как двигатель в данном случае охлаждается лишь частью жидкости, заполняющей систему, то эта жидкость быстро нагревается. Во второй период регулирования клапан термостата открывается, и охлаждение двигателя осуществляется всей жидкостью, циркулирующей по большому кругу.

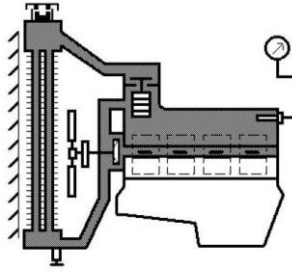


Рис. 8. Двухпериодная система охлаждения

Трехпериодная система охлаждения. В данной системе охлаждения применяют двухклапанные термостаты либо одноклапанные термостаты совместно с изменением режима работы вентилятора с помощью различных муфт и электродвигателей. В первый период регулирования вода циркулирует по малому кругу охлаждения, при закрытом клапане термостата. Во второй период охлаждающая жидкость циркулирует как по малому, так и по большому кругу охлаждения при открытых клапанах двухклапанного термостата, либо по большому кругу охлаждения при одноклапанном термостате. В третий период регулирования жидкость циркулирует по большому кругу охлаждения при двухклапанном термостате, а при одноклапанном термостате включается привод вентилятора.

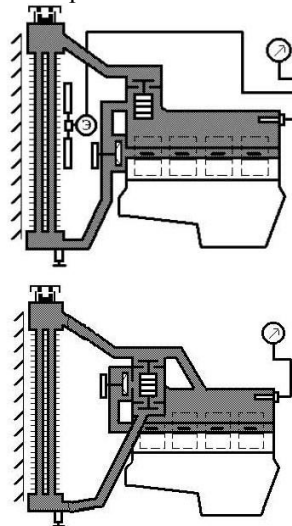


Рис. 9. Трехпериодная система охлаждения

Четырехпериодная система охлаждения. Применяется при двухклапанном термостате. Первые три периода регулирования аналогичны вышеописанному, а в четвертый период регулирования включается привод вентилятора.

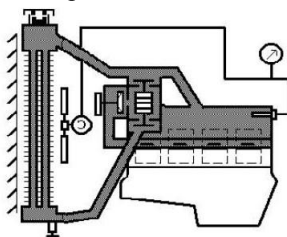


Рис. 10. Четырехпериодная система охлаждения

Системы охлаждения и входящие в них дополнительные перечисленные элементы имеют заливные и сливные отверстия, закрываемые пробками или кранами. Сливные устройства располагают в нижних точках участков систем и используют для слива не только охлаждающих жидкостей, но и промывочных, с помощью которых удаляют отложения и накипь.

В установках с двигателями внутреннего сгорания нагретое охлаждающее тело часто используют для отопления кабин или других помещений, для чего системы охлаждения сообщают с отопительными системами.

Для быстрого прогрева двигателей с жидкостным охлаждением перед пуском в систему охлаждения монтируют подогревательные устройства: с горелками, работающими на бензине или дизельном топливе паровые или водяные, питающиеся от внешних источников тепловой энергии (автомобильные двигатели при безгаражном хранении автомобилей).

4. ПРИБОРЫ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ

Охладитель. Теплота, отводимая в охлаждающую жидкость внутреннего контура (воду, ТОСОЛ, антифриз) и смазочное масло, а также теплота, воспринимаемая при охлаждении наддувочного воздуха, передается охлаждающему теплоносителю в соответствующих охладителях. Охлаждающим теплоносителем в установках наземного транспорта является атмосферный воздух.

В этом случае, когда для рассеивания теплоты используется атмосферный воздух, теплообменники называют радиаторами.

Целесообразность применения того или иного теплоносителя может быть охарактеризована следующими относительными значениями теплоотдачи.

Таблица 1

Теплоноситель	Атмосферный воздух	Воздух при $p=0,2$ МПа	Смазочное масло	Вода
Относительное значение теплоотдачи	1	3	8-10	100

Применение охладителей наддувочного воздуха для автотракторных двигателей не вносит существенных изменений в основные схемы компоновки системы охлаждения. Однако тип охладителя наддувочного воздуха (водяной или воздушный) и его конструкция в большой степени определяются общей конструктивной схемой основной системы охлаждения.

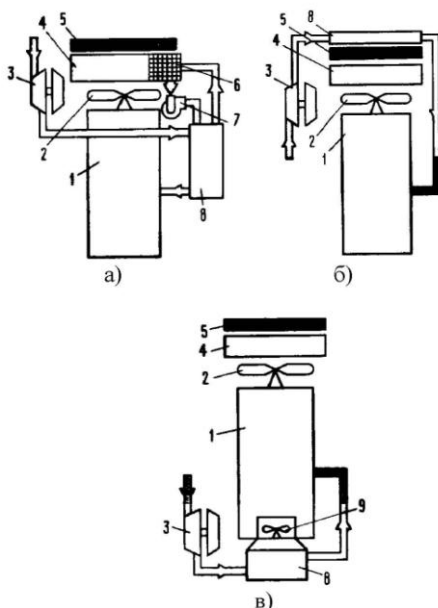


Рис. 11. Схемы установки охладителя на автотракторных двигателях
 1 – двигатель; 2 – основной вентилятор; 3 – агрегат наддува; 4 – водяной радиатор; 5 – масляный радиатор; 6 – секция водяного радиатора для охлаждения наддувочного воздуха; 7 – вспомогательный водяной насос; 8 – охладитель наддувочного воздуха; 9 – вспомогательный вентилятор

Водяные радиаторы, используемые для охлаждения наддувочного воздуха и устанавливаемые в системах с автономным жидкостным низкотемпературным контуром (рис. 11, а), работают так же, как основные радиаторы охлаждения воды. В некоторых случаях их выполняют в одном блоке с основным водяным радиатором двигателя.

Воздушные радиаторы, включенные в воздушный тракт основной системы охлаждения двигателя (рис. 11, б), обычно устанавливают перед водяным и масляным радиаторами, и они омываются воздухом, температура которого мало отличается от температуры окружающей среды. Наружные и внутренние поверхности охлаждения таких радиаторов выполняют с учетом различия условий теплоотдачи воздушных потоков, находящихся под повышенным (наддувочный воздух) давлением. Существенным недостатком этой схемы являются повышенные гидравлические потери при охлаждении наддувочного воздуха, которые могут быть на порядок (и более) выше, чем в системе, выполненной по схеме на рис. 11, а.

От указанного недостатка свободны системы, схема которых показана на рис. 11, в, и используемые на некоторых дизелях семейства ЯМЗ.

К материалам, используемым в охладителях двигателей внутреннего сгорания, предъявляют следующие требования:

1. достаточная прочность и пластичность,
2. высокая теплопроводность,
3. стойкость против коррозии,
4. технологичность и низкая стоимость.

С точки зрения удовлетворения этих требований наиболее пригодными материалами для изготовления теплообменников являются медь, алюминий и сплавы на их основе. Стальные водяные радиаторы имеют по сравнению с медными большую массу, низкую теплопроводность и недостаточную коррозионную стойкость. Использование защитных цинковых покрытий не обеспечивает надежной противокоррозионной защиты радиаторов. Поэтому сталь, как правило, используют почти исключительно для изготовления масляных радиаторов.

Для изготовления теплообменников применяют медь марок М1, М2 и МЗ, содержащих медь (согласно ГОСТ 859-78) в пределах 99,9-99,5%. На основе меди получают различные сплавы, которые обладают высокими механическими и технологическими свойствами, например, сплав меди с цинком.

Наиболее легким и перспективным материалом является алюминий высокой степени чистоты (типа АД0 или АД1); сплав алюминия с марганцем (типа АМц); сплав алюминия с магнием (типа

АМг). Однако у алюминия и сплавов на его основе недостаточная стойкость к эрозии и коррозии по сравнению с медью и ее сплавами. Поэтому монометаллическим алюминиевым материалам предпочитают биметаллические, у которых поверхность, соприкасающуюся с агрессивной средой, изготавливают из материала, стойкого к эрозии и коррозии, а наружную сторону – из алюминиевого сплава.

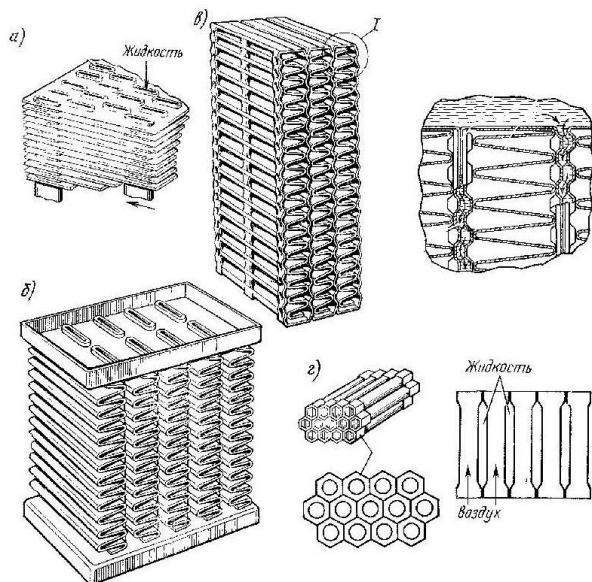


Рис. 12. Решетки радиаторов трубчато-пластинчатого (а); трубчато-ленточного (б); пластинчатого (в); сотового (г)

В настоящее время наибольшее распространение получили водяные радиаторы с поверхностями охлаждения трубчато-пластинчатого типа с коридорным или шахматным расположением труб. Низкая механическая прочность (внутреннее давление до 0,05 МПа) пока препятствует широкому распространению водяных радиаторов с пластинчато-ленточным типом поверхности охлаждения, хотя они имеют высокую компактность и тепловую эффективность. В трубчато-пластинчатых и трубчато-ленточных радиаторах применяют тонкостенные трубы плоскоовального сечения. В трубчато-пластинчатых радиаторах применяют также и круглые трубы. Толщина стенки трубы в зависимости от материала (сталь, латунь, медь, алюминий) колеблется от 0,1 до 1 мм. В данных радиаторах рациональные значения шага труб находятся в пределах 10-18 мм – по фронту и 21-24 мм – по глубине. Эти

размеры обеспечивают лучшее использование массы и объема радиатора. Шаг пластин оребрения в конструкциях радиаторов составляет 3-6 мм. Водяные радиаторы имеют по глубине три-шесть рядов труб. Вследствие увеличения степени турбулентности воздушного потока при движении его через первые ряды труб в многорядном радиаторе коэффициент теплоотдачи во втором и третьем рядах возрастает по сравнению с первым рядом, а затем стабилизируется. В радиаторах элементарные каналы, по которым движется охлаждающий воздух, имеют различную форму поперечного сечения: прямоугольную, квадратную, треугольную, полукруглую и т.д.

Для легковых и грузовых малой грузоподъемности автомобилей глубина радиатора составляет 60-90 мм. Расчетные скорости воздуха перед фронтом радиатора определяются подачей вентилятора и для тракторных двигателей могут составлять 6-15 м/с. Для автомобильных двигателей учитывается и скорость движения транспортного средства на низшей передаче. Эта добавка составляет 3-5 м/с. Скорость воды в каналах влияет на теплопередачу в радиаторе в меньшей степени, чем скорость воздуха. Более того, при достижении определенного значения скорости воды в каналах (1,4 м/с) теплоотдача на внутренней стороне поверхности охлаждения уже совершенно не лимитирует процесс теплопередачи в радиаторе. Дальнейшее увеличение скорости воды ведет только к чрезмерному увеличению перепада давления в радиаторе, а следовательно, и мощности, затрачиваемой на привод водяного насоса. Рациональное значение скорости воды находится в пределах 0,4-0,8 м/с. Температура воды на входе в радиатор составляет 355-365 К. Перепад температуры воды в радиаторе равен 5-8 К. Для предотвращения образования паровых пробок в топливоподающей магистрали бензиновых двигателей и обеспечения максимальности средней логарифмической разности температур подогрев воздуха в радиаторе не должен превышать 10-15 К. Но при эксплуатации в результате влияния влажности воздуха подогрев воздуха в радиаторе может достигать до 40 К.

Радиатор, имеющий верхний и нижний бачки, соединенные сердцевинной радиатора. В верхний бачок впаяны наливная горловина, закрываемая пробкой, и патрубок для подсоединения гибкого шланга подводящего охлаждающую жидкость к радиатору. Сбоку наливная горловина имеет отверстие для пароотводной трубки. В нижний бачок впаян патрубок отводящего гибкого шланга. К верхнему и нижнему бачкам припаяны боковые стойки, соединенные пластиной, припаянной к нижнему бачку. Стойки и пластина образуют каркас радиатора. Радиатор соединен с рубашкой охлаждения двигателя патрубками и гибкими шлангами, которые прикреплены к патрубкам стяжными хомутами. Такое соединение допускает относительное смещение двигателя и

радиатора. Перед радиатором установлены жалюзи для регулирования количества воздуха, проходящего между трубками радиатора. При перемещении рукоятки, укрепленной в кронштейне, вперед до отказа створки полностью открываются, и воздух свободно проходит между трубками радиатора.

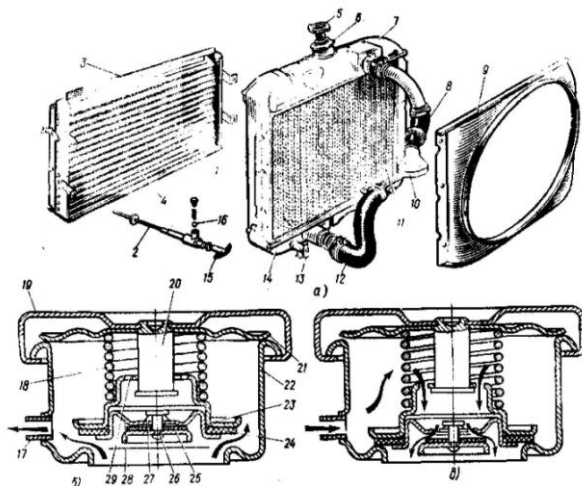


Рис. 13. Элементы системы охлаждения:

а – общий вид радиатора б – открыт паровой (выпускной) клапан; в – открыт воздушный (впускной) клапан

1 – стойка; 2 – тяга; 3 – каркас; 4 – жалюзи; 5 – пробка радиатора; 6 и 22 – горловина радиатора; 7 – верхний бачок; 8 и 12 – гибкие шланги; 9 – направляющий кожух; 10 – отводящий патрубок; 11 – сердцевина радиатора; 13 – сливной краник радиатора; 14 – нижний бачок; 15 – рукоятка привода жалюзи; 16 – фиксатор; 17 – паротводная трубка; 18 – пружина парового клапана; 19 – корпус пробки; 20 – стойка; 21 – запорная пружина; 23 – паровой (выпускной) клапан; 24 – прокладка выпускного клапана; 25 – прокладка воздушного клапана; 26 – воздушный клапан; 27 – пружина воздушного клапана; 28 – седло воздушного клапана; 29 – отверстие для поступления воздуха

В случае перемещения этой рукоятки назад до отказа створки закрываются, и обдув радиатора воздухом прекращается. Для поддержания определенного температурного режима двигателя рукоятку можно установить на фиксаторе в любом промежуточном положении.

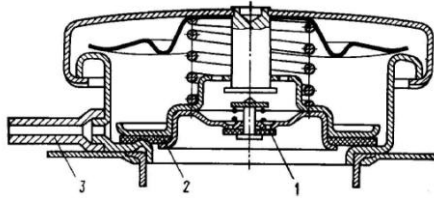


Рис. 14. Паровоздушный клапан

1 – воздушный клапан; 2 – паровой клапан; 3 – пароотводная трубка

Горловину герметически закрывает пробка, изолирующая систему охлаждения двигателя от окружающей среды. Пробка радиатора состоит из корпуса, парового и воздушного клапанов и запорной пружины. На стойке, при помощи которой к корпусу крепится запорная пружина, установлен паровой клапан, прижатый пружиной. Воздушный клапан прижимается пружиной к седлу, запрессованному в паровом клапане. Плотное соединение клапанов достигается установкой резиновых прокладок. При повреждении или разрушении резиновых прокладок система охлаждения становится открытой, и вода закипает при 100 °С.

В случае закипания жидкости в системе охлаждения давление пара в радиаторе возрастает. При увеличении давления до 145-155 кН/м² (1,45-1,55 кгс/см²) открывается паровой клапан, преодолевая сопротивление пружины. Система охлаждения двигателя сообщается с окружающей средой, и пар выходит через пароотводную трубку. После остановки двигателя жидкость охлаждается, пар конденсируется и в системе охлаждения создается разрежение. При снижении давления на 1-13 кН/м² (0,01-0,13 кгс/см²) открывается воздушный клапан и в радиатор через отверстия и клапан начинает поступать воздух, проходящий по пароотводной трубке. Работа парового и воздушного клапанов предотвращает возможное повреждение радиатора под действием как внешнего, так и внутреннего давления.

Трубчато-пластинчатые радиаторы широко применяют на тракторах, комбайнах, автомобилях-тягачах, грузовых автомобилях большой грузоподъемности, т.е. там, где необходимо обеспечить высокую механическую прочность.

На легковых автомобилях, а также грузовых (малой и средней грузоподъемности) устанавливают трубчато-ленточные радиаторы, имеющие несколько меньшую механическую прочность, но сравнительно более высокую тепловую эффективность и лучшую технологичность.

Для охлаждения масла в комбинированных двигателях внутреннего сгорания применяют в основном два типа охладителей – водомасляные теплообменники и воздушно-масляные радиаторы.

Водомасляные теплообменники в настоящее время применяют и в дизелях автотракторного типа большой мощности, так как они отличаются простотой, компактностью, хорошо komponуются на двигателях, надежны в эксплуатации, легко ремонтируются и имеют по сравнению с воздушно-масляными радиаторами меньшие размеры и массу.

Для высокофорсированных дизелей в трубчато-ленточных масляных радиаторах применяют внутренние вставки – завихрители, что позволяет при тех же размерах сердцевины в 2,7-3 раза повысить теплоотдачу по сравнению с гладкотрубчатыми масляными радиаторами. Турбулизирующие вставки свободно вставляются или припаиваются к внутренней поверхности труб. Их выбирают так, чтобы обеспечить оптимальное соотношение между эффективностью теплоотдачи и потерей давления.

В настоящее время получили распространение алюминиевые воздушно-масляные радиаторы, в которых теплоотдача на единицу массы в 4-4,5 раза выше, чем в латунных.

Масляные радиаторы автотракторных двигателей изготовляют из стальных плоскоовальных труб с размерами сечения 17,5x5 мм с коллективными пластинами оребрения. Преимуществами таких радиаторов являются простота конструкции, высокая надежность и низкая стоимость.

Жидкостной насос. Для создания в системе охлаждения принудительной циркуляции жидкости служит центробежный насос. На автомобилях «Волга», ЗИЛ-130 и других водяные насосы конструктивно объединены с вентиляторами и имеют общий привод. Водяной насос (рис. 15), укрепленный на переднем торце блока цилиндров, состоит из чугунового корпуса и корпуса крыльчатки. Вал и вентилятор вращаются на шарикоподшипниках, запрессованных в корпус.

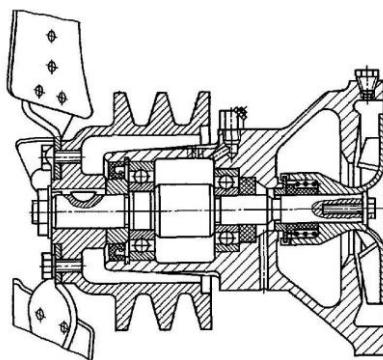


Рис. 15. Жидкостной насос

От смещения шарикоподшипники удерживаются втулкой и стопорными кольцами. Для удержания в них смазки и для защиты от загрязнения шарикоподшипники имеют уплотнения. На одном конце вала болтом укреплен пластмассовая крыльчатка. На другом конце вала установлены разрезная конусная втулка и, на шпонке, ступица шкива и вентилятора.

Уплотнение вала в корпусе осуществлено самоподжимным сальником, состоящим из графитизированной текстолитовой шайбы, резиновой манжеты, пружины и двух обойм. Сальник вращается вместе с крыльчаткой, так как выступы текстолитовой шайбы входят в прорези хвостовика крыльчатки. Пружина через резиновую манжету прижимает шайбу к шлифованной, плоскости корпуса, что предотвращает вытекание жидкости из насоса. Шарикоподшипники насоса смазывают консистентной смазкой, которая не вымывается водой. Перед заправкой полости подшипников смазкой отвертывают пробку, закрывающую контрольное отверстие. Через масленку смазка подается шприцем в корпус насоса до тех пор, пока она не начнет выходить из контрольного отверстия. После этого пробку 10 ввертывают в контрольное отверстие.

Вентилятор. Для создания воздушного потока, охлаждающего жидкость, протекающую по трубкам радиатора, служит вентилятор, состоящий из крыльчатки и ступицы со шкивом. Иногда к каркасу радиатора для более интенсивного охлаждения в нем жидкости присоединяют направляющий кожух (диффузор), внутри которого вращаются лопасти вентилятора. На привод вентилятора затрачивается до 3-5% мощности двигателя, что вызывает увеличение расхода топлива. С вентилятором связана и повышенная шумность работы двигателя. Поэтому в настоящее время стремятся обеспечить эффективную работу системы охлаждения с минимальными энергетическими затратами. Работу вентилятора характеризуют коэффициентом давления, который у обычных одноступенчатых аксиальных вентиляторов с малым числом лопастей составляет 0,07. У многолопаточных аксиальных вентиляторов эффективность повышается вдвое ($K=0,15$), еще более эффективны осерадальные вентиляторы с неподвижным направляющим аппаратом ($K=0,3$). Наиболее эффективно работают центробежные вентиляторы ($K=0,4$). Однако для систем жидкостного охлаждения их практически не применяют из-за громоздкости воздухооборной улитки.

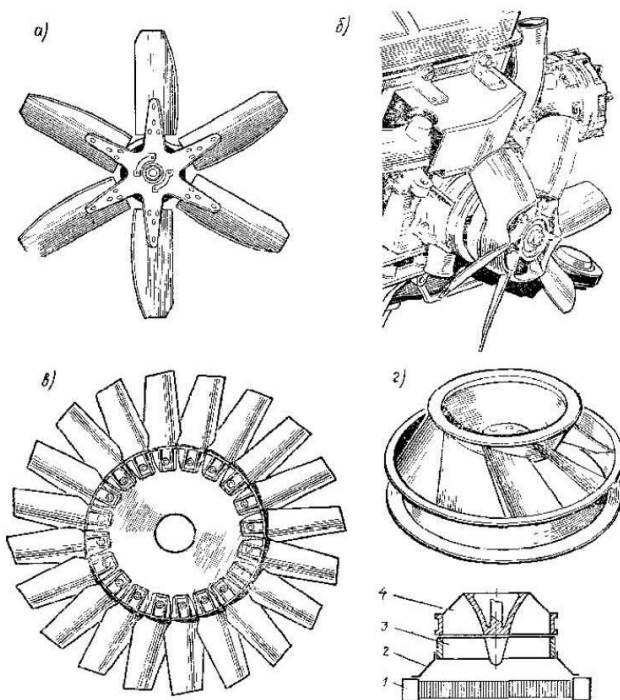


Рис. 16. Типы вентиляторов

Аксиальные вентиляторы обычно делают с неравномерным шагом лопастей, что снижает вибрацию и шум вентилятора. На рис. 16 а показан простейший шестилопастной вентилятор со штампованными стальными лопастями. Сейчас чаще применяют 6-8-лопастные вентиляторы, отлитые целиком из алюминия или пластмассы, лопасти которых имеют сечение крыла (рис. 16, б). На рис. 16 в показан многолопастной вентилятор, набранный из отдельно отштампованных из пластмассы коротких профильных лопаток, на рис. 16, г – осерадиальный вентилятор. Последние два типа вентиляторов имеют высокую эффективность и применяются на двигателях, работающих с высокими нагрузками на машинах с ограниченными скоростями движения. Для двигателей легковых автомобилей, работающих в основном с частичными нагрузками, более актуальным является переохлаждение, поэтому в настоящее время получили распространение вентиляторы с подачей, регулируемой в зависимости от температуры охлаждающей жидкости. При температуре охлаждающей жидкости менее 85-90 °С они отключаются, что позволяет уменьшить расход топлива.

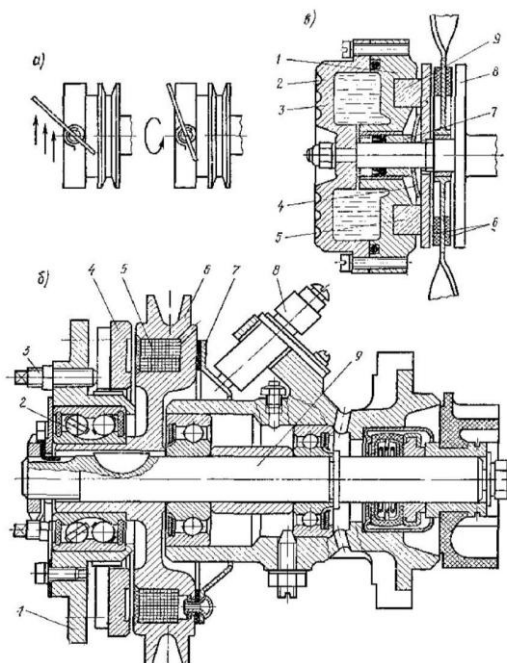


Рис. 17. Способы изменения подачи вентилятора путем изменения угла атаки лопаток (а), с помощью отключения вентилятора (б, в).

Вентиляторы двигателей автомобилей ГАЗ-53А, ЗИЛ-130 и др. имеют лопасти с отогнутыми вперед концами. При вращении такого вентилятора увеличивается подача воздуха и лучше охлаждается радиатор.

В 60-х годах появились вентиляторы с углом атаки лопастей, уменьшающимся с ростом частоты вращения вала двигателя, т.е. с увеличением скорости автомобиля и динамического напора воздуха на решетку радиатора.

Наиболее распространен привод вентилятора клиноременной передачей от шкива на носке коленчатого вала. Клиноременный привод достаточно прост, однако имеет и свои недостатки. Прежде всего это потери мощности на деформацию ремня и невысокая долговечность. Такой привод требует регулярного контроля натяжения ремня. Недостаточное натяжение связано с пробуксовкой и повышенным износом, а чрезмерное - с перегрузкой подшипников ступицы вентилятора. Технологически более сложный, но менее «энергоемкий» шестеренный привод вентилятора сохранился на двигателях ЯМЗ-236. Для малых

двигателей легковых автомобилей все чаще применяют привод вентилятора электродвигателем.

Термостат. Необходимую температуру жидкости в системе охлаждения автоматически поддерживает термостат. Он позволяет быстро прогреть холодный двигатель при пуске. На автомобильных двигателях применены термостаты с жидкостным и твердым наполнителями. В жидкостные термостаты наливают легко испаряющуюся жидкость (смесь 70% этилового спирта и 30% воды). В качестве твердого наполнителя используют церезин с медной стружкой, обладающий большим коэффициентом объемного расширения.

Жидкостный термостат (рис. 18, а) состоит из корпуса с окнами, гофрированного баллона и клапана. Нижняя часть гофрированного баллона жестко соединена с кронштейном и корпусом. К верхней части баллона припаян шток с клапаном. Шток может перемещаться в направляющей корпуса. Иногда на клапане термостата делают небольшое отверстие или выдавку на кромке для выхода воздуха при заливке жидкости в систему охлаждения. В запаянном гофрированном баллоне находится жидкость, занимающая примерно половину внутреннего объема баллона. Из баллона откачан воздух, и при нормальных условиях он сжат, а клапан закрыт.

Жидкостный термостат работает следующим образом. Если температура жидкости в системе охлаждения не превышает 73 °С, то баллон сжат и клапан закрыт. Жидкость по перепускному каналу поступает к насосу, минуя радиатор. По мере прогрева двигателя жидкость в системе охлаждения нагревается. При повышении ее температуры свыше 73-83 °С жидкость, находящаяся в баллоне, начинает испаряться, давление в баллоне повышается и клапан открывается. Охлаждающая жидкость поступает в радиатор. При температуре 88-94 °С клапан термостата открыт полностью.

Термостат с твердым наполнителем (рис. 18, б) расположен между впускным трубопроводом и отводящим патрубком. К корпусу постоянно прижимается пружиной клапан, шарнирно соединенный со штоком. Последний опирается на резиновую мембрану, которая зажата между баллоном и направляющей втулкой. Внутреннее пространство баллона заполнено твердым наполнителем. Пока двигатель не прогреет, наполнитель в баллоне находится в твердом состоянии и клапан термостата закрыт. При повышении температуры воды в системе охлаждения до 70 °С и более объем наполнителя увеличивается, так как церезин плавится и нажимает на мембрану. Она выгибается вверх, давит через буфер на шток, который поворачивает клапан, вследствие чего охлаждающая жидкость поступает в радиатор. При снижении температуры охлаждающей жидкости объем твердого наполнителя

уменьшается, и клапан термостата под действием возвратной пружины закрывается.

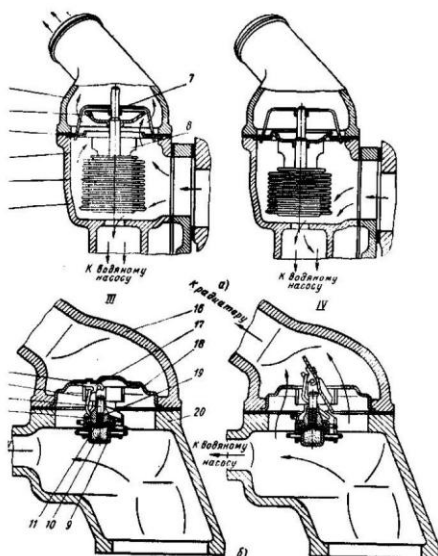


Рис. 18. Конструкции термостатов:

а – жидкость (двигатель автомобиля ГАЗ-24); б – с твердым наполнителем (двигатель автомобиля ЗИЛ-130; I–IV – термостаты открыты; II–III – термостаты закрыты; 1 – корпус водяного насоса; 2 – гофрированный баллон; 3 и 13 – штоки; 4 – прокладка; 5 и 15 – клапаны термостатов; 6 и 16 – патрубки отводящие горячую жидкость; 7 и 18 – корпуса термостатов; 8 – кронштейн термостата; 10 – твердый наполнитель; 11 – резиновая мембрана; 12 – направляющая втулка; 14 – возвратная пружина; 17 – коромысло клапана; 19 – буфер; 20 – впускной трубопровод

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автомобиль. Под ред. А.Н. Островцева.- М., Машиностроение, 1986 г.
2. Н.Н. Вишняков, В. К. Вахламов, А. Н. Нарбут. Автомобиль. Основы конструкции, М.: Машиностроение, 1986 г.
3. Михайловский Е.В., Серебряков К.Б., Тур Е.Я. Устройство автомобиля. М.:Машиностроение,1981 г.
4. Иларионов В.А., Морин М.М., Сергеев Н.М. Теория и конструкция автомобилей. М.:Машиностроение,1979 г.