

МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ (МАДИ)



Л.М.МАТЮХИН

# **ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА АВТОМОБИЛЕЙ**

МОСКВА 2010

УДК 629.33.048–71–69

ББК 39.33:38.762.3

М 353

**Р е ц е н з е н т ы:**

Профессор кафедры «Теплотехника и автотракторные двигатели» МАДИ, д-р техн. наук, лауреат Государственной премии по науке и технике Л.Н.Голубков; заведующий лабораторией ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», д-р техн. наук Г.Г.Тер-Мкртчян

**Матюхин, Л.М.**

М 353 Теплотехнические устройства автомобилей: учеб. пособие / Л.М. Матюхин, – М.: МАДИ, 2009. – 89 с.

ISBN 978–5–7962–0074–2

Учебное пособие предназначено для студентов специальности 190603 – «Сервис транспортных и технологических машин и оборудования», но также может быть использовано всеми, кто интересуется устройством автомобиля и его агрегатов.

Приводимый в пособии материал предназначен для закрепления получаемых на лекциях знаний и для подготовки к контролю знаний.

УДК 629.33.048–71–69

ББК 39.33:38.762.3

ISBN 978–5–7962–0074–2

© Московский автомобильно-дорожный государственный  
технический университет, 2009

## ВВЕДЕНИЕ

Немалую роль в ускорении прогресса сыграло стремление человека к все большему комфорту. До XIX века это стремление реализовывалось в основном за счет использования физической силы животных и естественных источников энергии – ветра, солнца и воды. Революционный скачок в технологиях и в образе жизни миллионов людей был совершен в результате изобретения тепловых двигателей и последовавшего затем все более широкого использования электрической энергии.

Для развития транспорта особое значение имело появление приблизительно 150 лет тому назад двигателей внутреннего сгорания (ДВС). В сравнении с двигателями внешнего сгорания (паровыми машинами и двигателями Стирлинга), эти двигатели оказались более легкими, компактными и экономичными. Их использование позволило создавать быстрые и маневренные транспортные средства, приводимые в движение за счет тепловой энергии, выделяющейся при сгорании органического топлива.

Современный автомобиль представляет собой экипаж, приводимый в движение двигателем внутреннего сгорания и оснащенный большим количеством различных теплотехнических устройств, в числе которых в качестве примера можно назвать предпусковые подогреватели, кондиционеры, газовые генераторы и холодильные установки. История одних из этих устройств может превышать век (двигатели внутреннего сгорания, холодильники), других – исчисляться многими десятилетиями (кондиционеры, предпусковые подогреватели), третьих (генераторы водорода, подогреватели сидений) – насчитывать лишь несколько десятилетий. Работа каждого из этих устройств основана на различных принципах, а конструкции характеризуются диктуемыми их назначением особенностями. К тому же каждое из подобных устройств может реализоваться в самых различных модификациях. Тем не менее, используя соответствующее оборудование, владельцы автомобилей и технические специалисты должны, по крайней мере, представлять себе принципы его работы, устройство и правила эксплуатации. Не следует за-

бывать и о том, что топливная экономичность автомобиля в существенной степени зависит от степени совершенства используемых на нем теплотехнических устройств.

## **1. УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОДОГРЕВА**

Для подавляющего большинства регионов России и расположенных в том же климатическом поясе стран в зимний период характерны отрицательные температуры. Считается, что в течение приблизительно ста дней температура в зоне умеренного климата России не поднимается до положительных отметок. Это обстоятельство сказывается на требованиях, предъявляемых к транспортным средствам.

Чтобы поехать на автомобиле, необходимо вначале завести его двигатель. Даже если автомобиль новый, в условиях холода это не всегда удастся сделать с первой попытки. При этом в крепкий мороз не очень приятно сидеть в холодном салоне на успевшем остыть сиденье, безуспешно пытаясь пустить непрогретый двигатель. Ко всему прочему в результате дыхания стекла лобового и остальных стекол сразу же начинают покрываться плотной коркой кристаллизующихся паров, что резко ухудшает обзорность и существенно снижает условия безопасного движения.

### **1.1. УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОБЛЕГЧЕНИЯ ХОЛОДНОГО ПУСКА ДВИГАТЕЛЯ**

В условиях Крайнего Севера и Сибири в зимний период не редкость тридцати- сорокапятиградусные морозы, при которых холодный пуск двигателя становится серьезной проблемой. Сказанное относится к любым поршневым ДВС – как к дизелям, так и к двигателям с искровым зажиганием. Это объясняется рядом факторов. Так, в связи с увеличением вязкости смазочного масла растет момент сопротивления проворачиванию коленчатого вала, что имеет следствием уменьшение частоты его вращения и увеличение перетекания сжимаемого заряда через кольца. В свою очередь, это об-

стоятельство приводит к уменьшению давления и температуры в конце процесса сжатия, что не может не сказаться на условиях воспламенения топливовоздушной смеси.

В условиях пуска двигателя при отрицательных температурах смазочное масло к наиболее удаленным от масляного насоса точкам поступает лишь по истечении нескольких (до трех!) минут. Это вызывает усиленный износ поверхностей, работающих в условиях сухого трения, вплоть до момента поступления смазки, что предопределяет существенное сокращение моторесурса двигателя. Ко всему прочему, конденсирующееся на холодной верхней части зеркала цилиндра топливо смывает с нее масляную пленку, увеличивая тем самым износ и разжижая смазочное масло.

При холодном пуске двигателя, когда частота вращения прокручиваемого стартером коленчатого вала не превышает  $100 \text{ мин}^{-1}$ , при низких температурах условия для смесеобразования оказываются особенно неблагоприятными, что объясняется уменьшением испаряемости топлива с понижением температуры. В результате для получения воспламеняемой смеси, состоящей из воздуха и одних лишь легкокипящих фракций топлива, необходима подача больших количеств топлива – требуется обогащение смеси. В этом случае в зоне искрового разряда свечи оказывается способная к воспламенению смесь воздуха и паров легких углеводородов. Но более тяжелые неиспаренные фракции топлива частично смешиваются со смазочным маслом, а частично – выбрасываются в выпускной трубопровод. Это имеет следствием повышение расхода топлива и выбросов в атмосферу несгоревших углеводородов, а также приводит к увеличению износа двигателя вследствие более интенсивного смывания масляной пленки с поверхностей цилиндров. Известно также, что в дизелях при низких температурах часто происходит забивание топливного фильтра, приводящее к прекращению подачи топлива к форсункам.

Дополнительные проблемы зимой возникают в связи с уменьшением емкости аккумуляторных батарей. При температурах около  $-20^{\circ}\text{C}$  их емкость снижается приблизительно на 60%, что также затрудняет пуск.

Перечисленные проблемы давно и хорошо известны, однако их решение еще недавно осуществлялось за счет больших потерь топлива, времени и снижения моторесурса двигателя. Водители грузовых автомобилей в морозы зачастую не глушат двигатели на ночь. В результате они работают, расходуя топливо и выбрасывая в окружающую среду небезопасные продукты сгорания.

После ряда неудачных попыток завести двигатель отчаявшийся водитель зачастую прибегает к последнему средству – пуску за счет буксировки автомобиля. И это – несмотря на приводимое во всех инструкциях предупреждение о недопустимости подобного пуска.

Обычным (особенно для грузовых автомобилей) является предварительный прогрев картера двигателя и подкапотного пространства паяльной лампой. Такой прогрев при наличии неплотностей в системе топливоподачи вполне может вызывать возгорание двигателя. Кроме всего прочего, холодной зимой на прогрев двигателя паяльной лампой уходит довольно много времени (30...45 мин).

Как же зимой завести автомобильный двигатель в отсутствие специальных устройств для его прогрева? Обычно рекомендуется перед длительным выключением двигателя полностью сливать охлаждающую жидкость, а перед пуском двигателя прогревать его горячей водой, проливая ее в течение некоторого времени при открытых сливных краниках. Для облегчения и ускорения пуска танковых двигателей во время Второй мировой войны в зимний период широко использовали отработавшие свой срок паровозные котлы. Сжигая в их топках дрова, уголь или торф, получали в необходимых количествах горячую воду, которая и использовалась для прогрева двигателей.

Еще одним способом прогрева является залив в двигатель при особенно сильных морозах предварительно слитого и прогретого перед пуском до высоких температур масла. В этом случае время пуска существенно сокращается. Уже несколько десятилетий для облегчения пуска двигателей легковых автомобилей применяются размещаемые в картере электрические нагреватели масла. Их мощность обычно составляет 200...300 Вт. При наличии таких уст-

ройств ни в коем случае нельзя забывать о необходимости отключения электрического подогревателя масла от сети перед пуском двигателя.

В карбюраторных двигателях определенное улучшение условий пуска достигается подогревом поступающего в цилиндры воздуха забором его от поверхности выпускного трубопровода, а также прогревом зоны разветвления впускного трубопровода. Прогрев производится отработавшими газами или специальным нагревательным элементом. Металлическая поверхность подобного элемента покрыта вертикальными шипами высотой 2...3 мм и в режиме пуска практически мгновенно нагревается электричеством до 180°C. Попадающая на элемент жидкая фаза превращается в пар, что улучшает условия пуска, приводит к более равномерному распределению топлива по цилиндрам и в итоге снижает как износ двигателя, так и расход топлива. При достижении температуры охлаждающей жидкости 60°C подобное устройство автоматически отключается.

Следует иметь в виду, что в любом случае эксплуатация транспортного средства с непрогретым двигателем приводит к его неэкономичной работе (расход топлива сразу после пуска возрастает в сравнении с нормальным более чем в пять раз). Неблагоприятные условия работы непрогретого двигателя имеют следствием превышение норм по выбросу CO и углеводородов в 10 ... 20 раз. К тому же считается, что один холодный пуск (при температурах ниже -15°C) по износу двигателя эквивалентен пробегу 200...500 км при нормальном температурном режиме (для тракторов он приблизительно такой же, каким бывает после 10 часов работы).

Для улучшения пусковых характеристик двигателей используют различные подогревательные устройства, позволяющие подогревать как отдельные узлы, так и двигатель в целом.

### 1.1.1 УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПРОГРЕВА ВОЗДУХА НА ВХОДЕ В ЦИЛИНДРЫ

В карбюраторных двигателях обогащение смеси при пуске осуществляется перекрытием воздушной заслонкой (ВЗ) впускного

патрубка карбюратора. В целях оптимизации состава смеси в течение прогрева двигателя карбюраторы оснащаются пусковой автоматикой. Как только двигатель начинает работать самостоятельно, пневматические диафрагменные механизмы пускового устройства приоткрывают воздушную и прикрывают дроссельную заслонки.

В дизелях при высоких степенях сжатия имеет место самовоспламенение впрыскиваемого в цилиндр топлива при повышении температуры воздуха в результате его быстрого сжатия. В связи с этим низкие температуры окружающей среды существенно осложняют холодный пуск дизеля, поскольку в конце процесса сжатия температура заряда оказывается ниже температуры самовоспламенения.

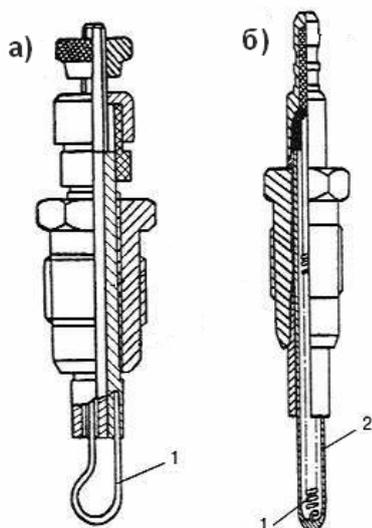


Рис. 1.1. Свечи накаливания:  
а) с открытой спиралью;  
б) штифтовая

Особенно затруднен холодный пуск дизелей с разделенными камерами сгорания (КС), поскольку при перетекании заряда через холодную горловину из основной КС в вихревую камеру или в предкамеру происходит дополнительное его охлаждение. В целях упрощения холодного пуска в дизелях используются свечи накаливания.

Различают свечи с открытым нагревательным элементом 1 (рис. 1.1, а) и свечи штифтовые (рис.1.1, б), в которых спираль 1 закрывается сплошным кожухом 2, заполняемым изолятором с высоким коэффициентом теплопроводности. Чтобы продлить срок службы свечей с открытым нагревательным элементом, их уста-

навливают вблизи границ топливного факела таким образом, чтобы капли не попадали на поверхность спирали. Обратные требования предъявляются к установке закрытой штифтовой свечи накаливания – для надежного воспламенения факел должен попадать на раскаленный кончик ее кожуха.

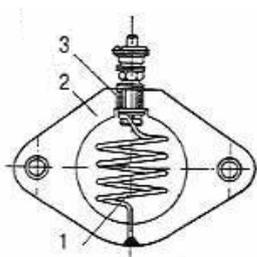


Рис. 1.2. Фланцевая свеча накаливания  
1 – спираль; 2 – корпус; 3 – изолятор

Штифтовые форсунки более теплоинерционны. На их прогрев до рабочей температуры требуется не менее 1-й минуты. Однако в связи с тем, что их спирали не контактируют с воздухом и раскаленными продуктами сгорания, в сравнении с открытыми свечами они отличаются большей долговечностью.

Использование свечей накаливания обеспечивает пуск дизелей при температурах окружающей среды до  $-15^{\circ}\text{C}$ .

Холодный пуск дизелей с неразделенными камерами сгорания облегчается использованием свечей накаливания, которые устанавливаются на входе во впускной трубопровод или в месте его разветвления. Такая свеча может быть похожа на свечи, изображенные на рис. 1.1. В этом случае свеча представляет собой расположенный поперек на потока воздуха стержень, на который намотана открытая спираль. Через 40 ... 60 с свеча прогревается приблизительно до  $900^{\circ}\text{C}$ , что обеспечивает нагрев омывающего свечу воздуха на  $25...35^{\circ}\text{C}$ . В результате понижается минимальная температура уверенного пуска дизеля.

Фланцевая свеча (рис. 1.2) обеспечивает лучшие условия теплообмена при меньших гидравлических сопротивлениях. Нагревательная спираль свечи 1 изолируется от корпуса 2 изоляционной втулкой 3. Свеча может устанавливаться во фланцевых соединениях впускного трубопровода. В связи с этим существует большое количество отличающихся размерами фланцевых свечей.

Поскольку подогреваемый свечами накаливания воздух охлаждается при своем движении к цилиндрам в результате контакта с холодными поверхностями впускного трубопровода, использование подобных свечей целесообразно лишь в дизелях с относительно небольшим рабочим объемом и коротким впускным трактом.

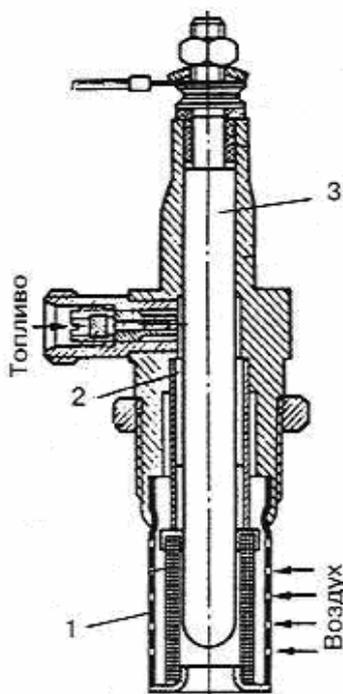


Рис. 1.3. Факельная штифтовая свеча:

- 1 – экран;
- 2 – кольцевая полость;
- 3 – нагревательный элемент

Существенно более эффективны электрофакельные подогреватели воздуха (рис. 1.3). Их основой является штифтовая свеча накаливания. Стартер включается после прогрева свечей приблизительно до  $1000^{\circ}\text{C}$ . При этом подкачивающий насос через электромагнитный клапан подает топливо в свечу накаливания. В штуцере располагается дозирующий жиклер, через который топливо поступает в кольцевую полость испарителя 3, образуемую корпусом и нагревателем 6.

В полости испарителя происходит быстрый прогрев топлива. Испарение истекающего из кольцевой полости топлива завершается на поверхности объемной испарительной сетки. Для того, чтобы после пуска двигателя горение не прекращалось в связи со срывом фронта пламени набегающим воздушным потоком, испарительную сетку окружают экраном 1. После отключения стартера устройство продолжает работать до своего отключения по окончании прогрева.

### 1.1.2. УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПРЕДПУСКОВОГО ПРОГРЕВА МАСЛА

Устройства для предпускового прогрева масла в настоящее время выпускает ряд фирм. Так, основанная в 1942 г фирма Kim Hotstart предлагает подключаемые к внешней электрической сети

погружные подогреватели масла различной мощности. Подобные подогреватели (рис. 1.4) могут использовать как энергию установленного на транспортном средстве аккумулятора (что может завершиться его разрядкой), так и энергию внешней электрической сети. Использование энергии внешней электрической сети позволяет удлинить срок службы аккумулятора.

Снижая вязкость масла и обеспечивая тем самым быструю его подачу в наиболее удаленные от масляного насоса точки системы, такие устройства облегчают пуск двигателя и уменьшают его износ. Благодаря низкому напряжению предотвращается коксование масла на поверхностях подогревателя. Той же цели служит и использование термостатов.



Рис. 1.4. Подогреватель масла

Подогреватели выпускаются в расчете на широкую гамму объемов двигателей и имеют различные размеры и электрические мощности.

### 1.1.3. УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПРЕДПУСКОВОГО ПРОГРЕВА ТОПЛИВА

В зимний период приходится сталкиваться с проблемами "замерзания" дизельного топлива, проявляющимися в забивании топливного фильтра желеобразными хлопьями тяжелых углеводородов – преимущественно парафинов (при использовании летних топлив это явление отмечается уже при температурах порядка  $+5^{\circ}\text{C}$ ). В условиях России в течение осеннего периода велики шансы оказаться заправленным летним топливом, что может привести к за-

труднениям с холодным пуском. Использование специальных присадок к топливу – депрессантов – способно понизить минимальную температуру уверенного пуска максимум на 10°C. Но при применении депрессантов следует иметь в виду, что введение присадок эффективно лишь при температурах топлива около +40°C. Таким образом, в настоящее время вопросы обеспечения гарантированной подачи топлива к насосу высокого давления не могут решаться улучшением соответствующих температурных характеристик топлива.

Чтобы не происходило забивания топливного фильтра, приходится прибегать к подогреву. Греть можно топливозаборник в топливном баке, топливные магистрали, а также топливный фильтр. Очень действенной оказывается и установка фильтра-сепаратора с подогревом. В нем от топлива отделяется влага и частицы загрязнений.

Подогреватели топлива бывают двух типов – *проточными* и *бандажными*. Проточные подогреватели обеспечивают нагрев проходящего через них топлива. Бандажные подогреватели крепятся поверх топливного фильтра и через его стенки подогревают поступающее в фильтр топливо.



Рис.1.5. Подогреватель дизельного топлива «Diesel Therm»

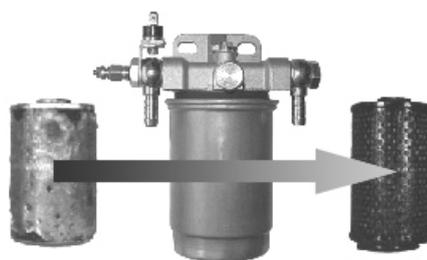


Рис. 1.6. Элемент фильтра без использования подогревателя (слева, забит) и при его использовании (справа, чистый)

Показанный на рис. 1.5 и 1.6 подогреватель “Diesel Therm” подогревает топливо на входе в топливный фильтр, в результате чего фильтрующий элемент не забивается и его гидравлическое сопротивление не возрастает. Для включения подогревателя топлива

используется обычный выключатель. На необходимость включения указывает цветной светодиод. При температуре топлива более 3°C он светится зеленым, а при меньшей – красным цветом, что указывает на необходимость включения подогрева.

Подогрев осуществляется от бортовой сети. При этом потребление энергии невелико. Для обеспечения необходимого нагрева свечей накаливания подогреватель включается не сразу, а приблизительно через 20 секунд после поворота в замке ключа зажигания.



Рис. 1.7. Бандажный подогреватель Nomason



Рис. 1.8 . Подогреватель дизеля Д-180

Продолжительность пуска с использованием подогревателя топлива и электрических свечей накаливания составляет обычно не более 6 мин.

После достижения топливом температуры около 40°C она поддерживается с помощью электрического термостата. В целях разогрева свечей накаливания, остывших за время прогрева фильтра, двигатель запускается после повторного поворота ключа зажигания.

На рис. 1.7 показан пример бандажного подогревателя топлива Nomason, а на рис. 1.8 – подогреватель для двигателя Д-180.

#### 1.1.4. УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОДОГРЕВА АККУМУЛЯТОРОВ

Поскольку при низких температурах с полностью заряженного аккумулятора снимается не вся его мощность, для облегчения пуска рекомендуется использование специальных подогревателей. Пример таких подогревателей приведен на рис. 1.9.

Показанные на рис. 1.9, а гибкие силиконовые пластины нагревателя устанавливаются под аккумулятор. Они могут иметь раз-

личные размеры и разную электрическую мощность. Более эффективны «чехлы» (рис. 1.9, б). В зависимости от исполнения их мощность составляет от 50 до 100 Вт при ширине 150 мм и длинах 660, 1118, и 1422 мм. Оснащение «чехлов» термостатами гарантирует поддержание оптимальной температуры 27°C, исключающей выкипание электролита.

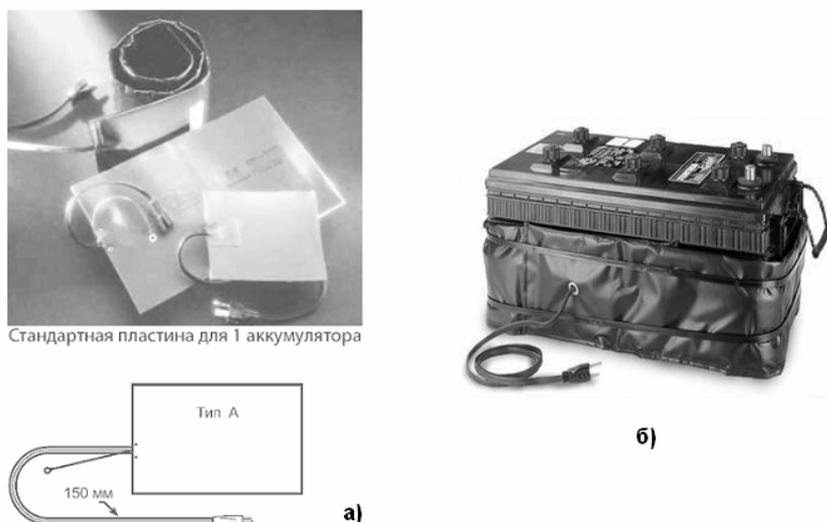


Рис. 1.9. Подогреватели аккумуляторной батареи:  
а) пластины, б) «чехол»

Подобные устройства упрощают холодный пуск двигателя и их применение удлиняет срок службы аккумулятора.

### 1.1.5. ПРЕДПУСКОВЫЕ ПОДОГРЕВАТЕЛИ

Хотя все описанные выше устройства и упрощают пуск холодного двигателя, эффект от их применения не особенно велик. Действительно, подогрев поступающих в цилиндры воздуха и топлива позволяет понизить температуру холодного пуска двигателя. Однако приводимые в описаниях цифры иногда выдают желаемое за действительное. Например, в инструкции к двигателю КамАЗ говорится, что электрофакельный подогреватель обеспечивает надежный пуск двигателя при морозах до  $-25^{\circ}\text{C}$ . Однако из опыта известно, что это не совсем соответствует действительности, что объясняется, в основном, слишком низкими температурами деталей ци-

линдро-поршневой группы, охлаждающей жидкости и смазочного масла. Поэтому для облегчения холодного пуска крайне желателен в первую очередь именно их подогрев.

Охлаждающая жидкость и масло могут подогреваться с использованием как тепловой энергии, выделяющейся при сгорании топлива, так и с помощью электрической энергии. В последнем случае могут использоваться любые известные нагреватели – сопротивления, индукционные, полупроводниковые, инфракрасные. В настоящее время наиболее широко используются нагреватели жидкости на основе ТЭНов.

Для облегчения холодного пуска при одновременном улучшении экологических и экономических характеристик двигателя служат **предпусковые подогреватели**. Существенного ускорения прогрева двигателя (а в современных системах – и салона автомобиля) при минимальных расходах топлива и выбросов токсичных веществ можно добиться применением пусковых подогревателей, предназначенных для ускорения и облегчения пуска ДВС в зимних условиях при низких температурах. Считается, что применение подогревателей на легковых автомобилях обеспечивает экономию 100 ... 500 г топлива при каждом пуске. Для большегрузных автомобилей эта цифра оказывается еще большей. Таким образом, в условиях средней полосы и Севера, где сосредоточена основная промышленность и проживает большая часть населения России и где в течение полугода температура не поднимается выше +5°C, в случае ежедневной эксплуатации только экономия топлива составляет 20 ... 80 л топлива на автомобиль, а экономия моторесурса достигает 50 ... 60 тысяч километров!

Как уже упоминалось выше, для предпускового прогрева двигателя могут применяться неавтономные (требующие подключения к внешней электросети) **трубчатые электронагреватели** (ТЭНы). Большим недостатком подобных подогревателей является необходимость оснащения гаражей и открытых стоянок розетками, позволяющими подключаться к электросети, что делает невозможным использование этих подогревателей на необорудованных стоянках вне населенных пунктов.

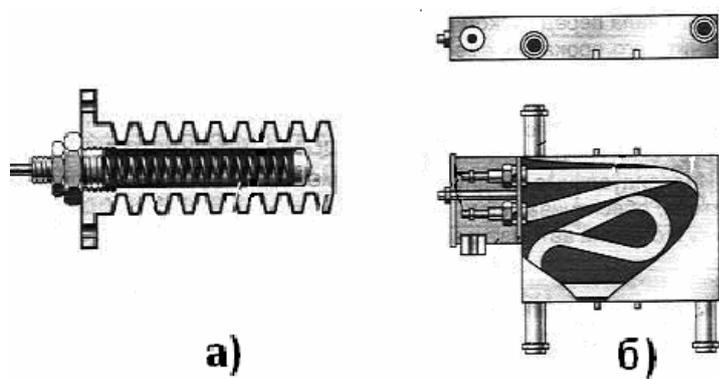


Рис. 1.10. Электрический подогрев (а) и универсальный подогреватель (б) масла

Теплота в ТЭНах выделяется в результате высокого электрического сопротивления их элементов. Между трубкой и нихромовой спиралью находится характеризующийся высокой теплопроводностью наполнитель. Обычно для этой цели используют получаемый из магнезита огнеупор периклаз. С помощью ТЭНов может осуществляться подогрев охлаждающей жидкости, смазочного масла (рис. 1.10), топлива в топливной системе и фильтрах, а также электролита в аккумуляторе. Поскольку установка такого подогревателя непосредственно в системе двигателя не всегда возможна, их иногда устанавливают в отдельных, специально монтируемых для этой цели теплообменниках.

Пример выполнения жидкостного подогревателя мощностью 1 ... 2 кВт показан на рис. 1.11.

Широкое распространение нашли шведские подогреватели Calix и канадские Темро. Норвежская фирма DEFA предлагает целую гамму электрических подогревателей (рис. 1.12), а также комплексную систему подогрева, обеспечивающую подогрев двигателя и салона, а также подзарядку аккумулятора. Система DEFA WarmUp имеет модульное исполнение и включает в себя модули предпускового подогревателя двигателя, отопителя салона, зарядного устройства для аккумуляторной батареи, а также электронный блок управления и жгуты проводов (бронированный для прокладки на двигателе и соединительный для подключения к сети).



Рис. 1.11. Жидкостной подогреватель «Северс»

Автоматика системы DEFA WarmUp с помощью ряда датчиков определяет момент, когда необходимо начать прогрев двигателя и салона, чтобы обеспечить их необходимые температуры к установленному на таймере времени.



Рис. 1.12. Модуль прогрева охлаждающей жидкости

Миниатюрная розетка для подключения к внешней электрической сети (220 Вт) монтируется на переднем бампере автомобиля (рис. 1.13). Для обеспечения пожарной безопасности при включении зажигания модуль прогрева автоматически отключается.

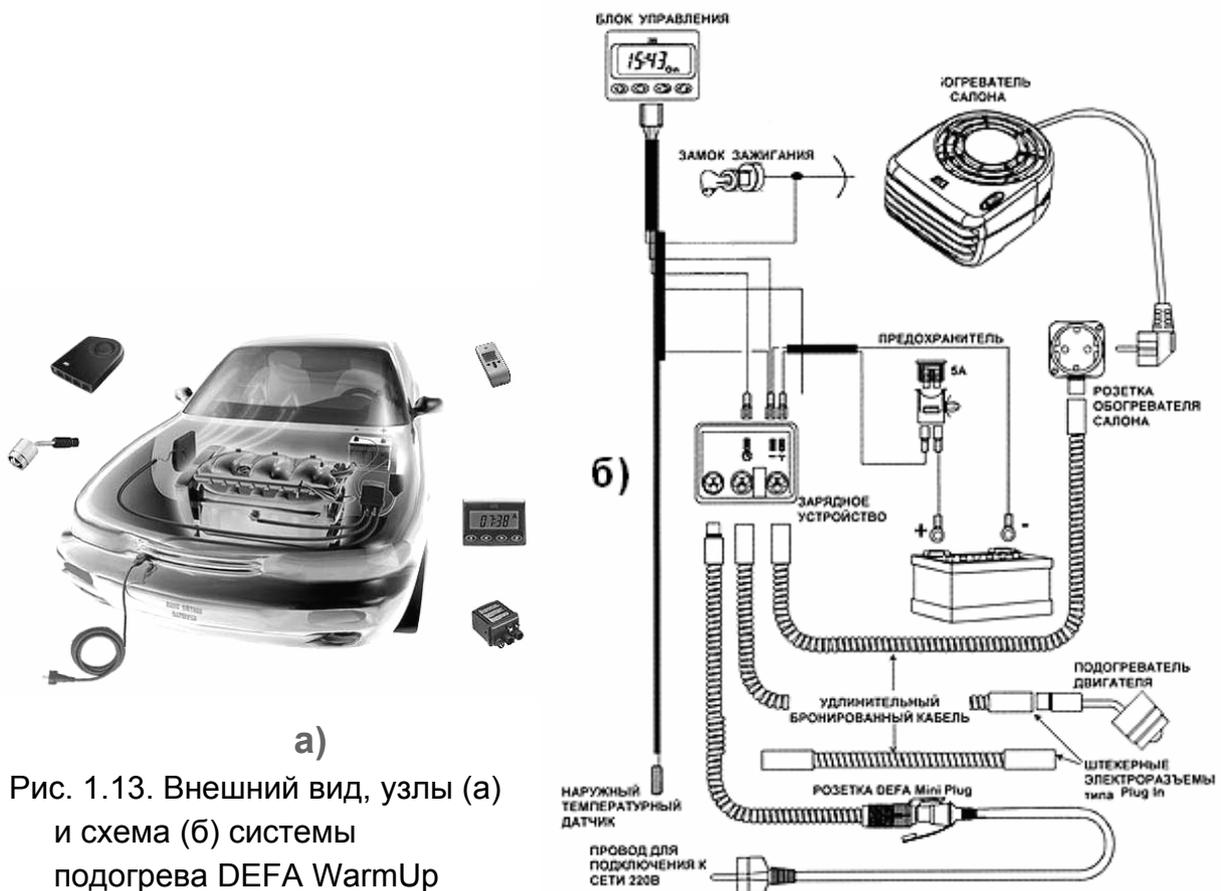
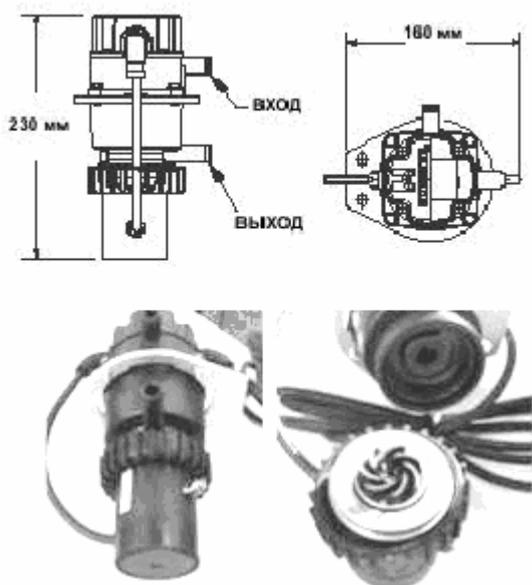


Рис. 1.13. Внешний вид, узлы (а) и схема (б) системы подогрева DEFA WarmUp

Подогреватели на основе ТЭНов выпускаются в расчете на дизели и двигатели с искровым зажиганием разного назначения, различных рабочих объемов и конструктивных исполнений. Поскольку нагрев охлаждающей жидкости и воздуха в салоне происходит за счет энергии, получаемой из внешней электрической сети, а аккумуля-

мулятор при этом получает подзарядку, мощность ТЭНа может подбираться исходя из особенностей того или иного двигателя.

Некоторые подогреватели оснащаются насосом для обеспечения принудительной циркуляции охлаждающей жидкости во время прогрева. Так, например, подогреватели СТМ фирмы Kim Hotstart (рис. 1.14) имеют так называемую «безроторную» помпу производи-



тельностью 1,14 м<sup>3</sup>/ч и регулируемый термостат, с помощью которого возможно задавать желаемую температуру охлаждающей жидкости. Семейство этих подогревателей мощностью от 1 до 2,5 кВт рассчитано на двигатели объемом от 1-го до 5-и литров.

Рис. 1.14. Подогреватели фирмы Kim Hotstart

Особое место занимают так называемые **тепловые аккумуляторы**. Поскольку при работе ДВС необходим отвод теплоты от радиатора охлаждения, в конце прошлого века появилась идея сохранять часть отводимой теплоты в тепловых аккумуляторах с целью последующего ее использования для предпускового подогрева. Таким образом, в различных странах появились конструкции подогревателей аккумуляторного типа. В качестве примера можно назвать системы подогрева фирмы «Centaur» (рис. 1.15).

При использовании подобной системы во время работы двигателя термостатированная емкость (рис. 1.16) заполняется горячей охлаждающей жидкостью. Благодаря эффективной вакуумно-порошковой теплоизоляции температура жидкости в выполненном из нержавеющей стали тепловом аккумуляторе опускается медленно, в связи с чем холодный пуск двигателя становится возможным в течение двух суток.

Заполнение теплового аккумулятора горячей охлаждающей жидкостью начинается приблизительно через 15 мин после прогре-

ва двигателя и достижения рабочих температур жидкости. Продолжительность заполнения емкости – 1 мин.

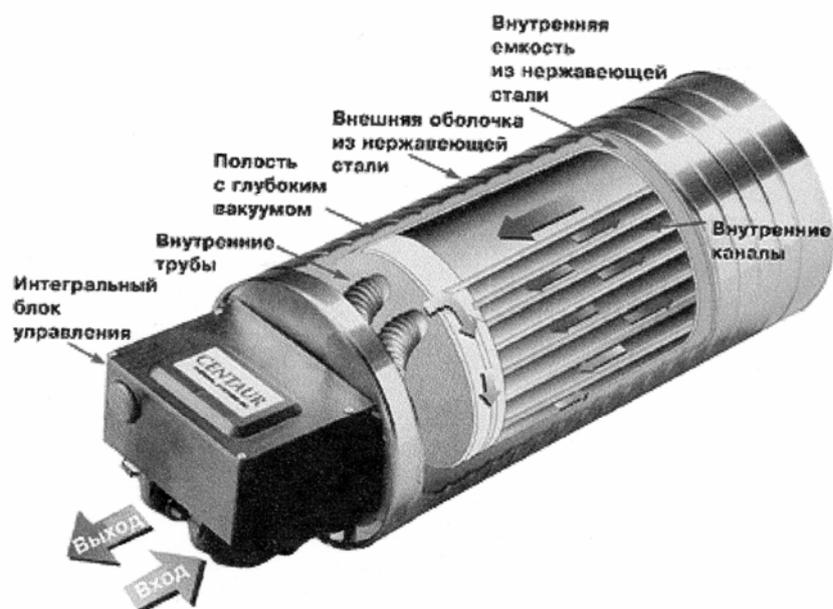


Рис. 1.15. Устройство системы подогрева фирмы „Centaur“ с тепловым аккумулятором для облегчения пуска двигателя

Блок управления повторяет заряд теплового аккумулятора каждые 15 ... 20 мин, благодаря чему при выключении двигателя температура жидкости в термостатированной емкости всегда остается гарантированно высокой. Принудительно можно провести зарядку кратковременным нажатием кнопки пуска.

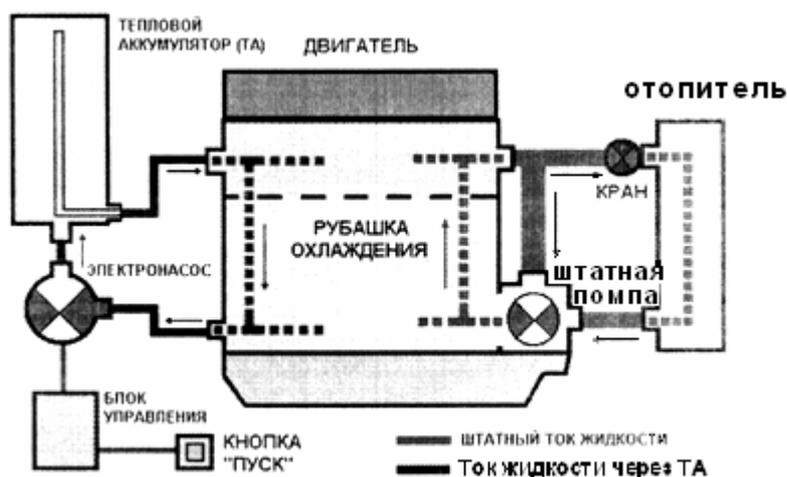


Рис. 1.16. Схема подключения теплового аккумулятора к двигателю автомобиля ВАЗ

При пуске холодного двигателя нажатие на кнопку пуска приводит к включению электронасоса, что обеспечивает перетекание го-

рячей жидкости из теплового аккумулятора в малый контур системы охлаждения и в рубашку головки блока цилиндров. Для обеспечения более эффективного прогрева двигателя систему обогрева салона при этом рекомендуется отключать. Холодная жидкость из блока вытесняется в тепловой аккумулятор. При этом холодная и остающаяся в емкости аккумулятора горячая жидкость практически не перемешиваются.

В течение одной минуты происходит повышение температуры металлических поверхностей головки и верхней части блока цилиндров при одновременном понижении температуры поступающей в них жидкости. Следовательно, уже через 1 мин двигатель можно пускать. Если пауза после выключения двигателя затянется более чем на 48 часов, при низких температурах возможно практически полное охлаждение жидкости в тепловом аккумуляторе. Вследствие этого во время больших холодов необходим периодический прогрев двигателя в целях поддержания высокой температуры находящейся в тепловом аккумуляторе жидкости.

Объем жидкости в тепловом аккумуляторе сопоставим с объемом оригинальной системы охлаждения автомобиля. Так, у гаммы тепловых аккумуляторов «Centaur» объем «термосов» превосходит литраж двигателя приблизительно в 3 раза.

Увеличение суммарного объема жидкости в системе охлаждения за счет теплового аккумулятора приводит к необходимости корректировать уровень в расширительном бачке. До максимального уровня жидкость следует доливать лишь при полностью прогретом двигателе и при заполнении теплового аккумулятора горячей жидкостью при рабочей температуре.

Облегчающие холодный пуск устройства с тепловыми аккумуляторами производятся и в России. Так, например, фирма «Крис» под маркой «Авто-Терм» выпускает устройства облегчения пуска двигателя (УОПД) для двигателей объемом до 1,8 л.

Наибольшее распространение нашли отличающиеся удобством в эксплуатации и особой эффективностью **автономные жидкостные предпусковые подогреватели**.

Устанавливаются они в подкапотном пространстве и подключаются к топливной системе и к электрической сети автомобиля. Автономные жидкостные подогреватели работают независимо от двигателя на бензине или дизельном топливе. Будучи подсоединенными к системе охлаждения, они становятся составной частью двигателя. При этом подогреватель следует устанавливать только **ниже** уровня охлаждающей жидкости в радиаторе и в компенсационном бачке (чтобы он обеспечивал циркуляцию в направлении основного потока жидкости в системе охлаждения). Запрещается монтаж подогревателя в кабине.



Принципиальная схема подключения подогревателя показана на рис. 1.17.

Рис. 1.17. Схема подключения автономного подогревателя

Подогреватели обеспечивают подогрев охлаждающей жидкости и масла за счет энергии сжигаемого в них топлива (дизельного или бензина). Топливо и воздух подаются в котел, в теплообменнике которого выделяющаяся при горении топлива тепловая энергия используется для прогрева охлаждающей жидкости. Воздух в котел подогревателя подается вентилятором. Воспламенение топлива производится от свечи накаливания.

В простейшем случае подогреватель предполагает ручное управление процессом прогрева. Так, для включения подогревателя карбюраторного двигателя автомобиля УМЗ-417 требуется выполнить 15 (при водяном охлаждении) или 11 (при использовании антифриза) операций. В их числе фигурируют такие, как очистка дренажной трубки для слива излишков бензина, отключение масляного радиатора, предварительная продувка котла и газоходов вентилятором, включение и последующее выключение свечи накаливания, открытие краника подачи топлива и даже проворачивание вручную коленчатого вала. При пользовании подобным упрощенным пусковым подогревателем необходимо помнить, что во время

его работы нельзя оставлять машину без присмотра, как бы холодно водителю не было на морозе. Известны случаи, когда неисправность подогревателей приводила к пожару.

Облегчая холодный пуск двигателя, ручное управление, тем не менее, усложняет саму подготовку к прогреву. В связи с этим в настоящее время нашли широкое применение полностью автоматизированные подогреватели. Одними из наиболее известных являются подогреватели фирм Webasto (модели «Thermo Top» предпусковых подогревателей и «Air Top» – предназначенные для обогрева салона отопителем).

Фирма Eberspächer выпускает гамму предпусковых подогревателей „HYDRONIC“, а также семейство подогревателей воздуха „AIRTRONIC“.

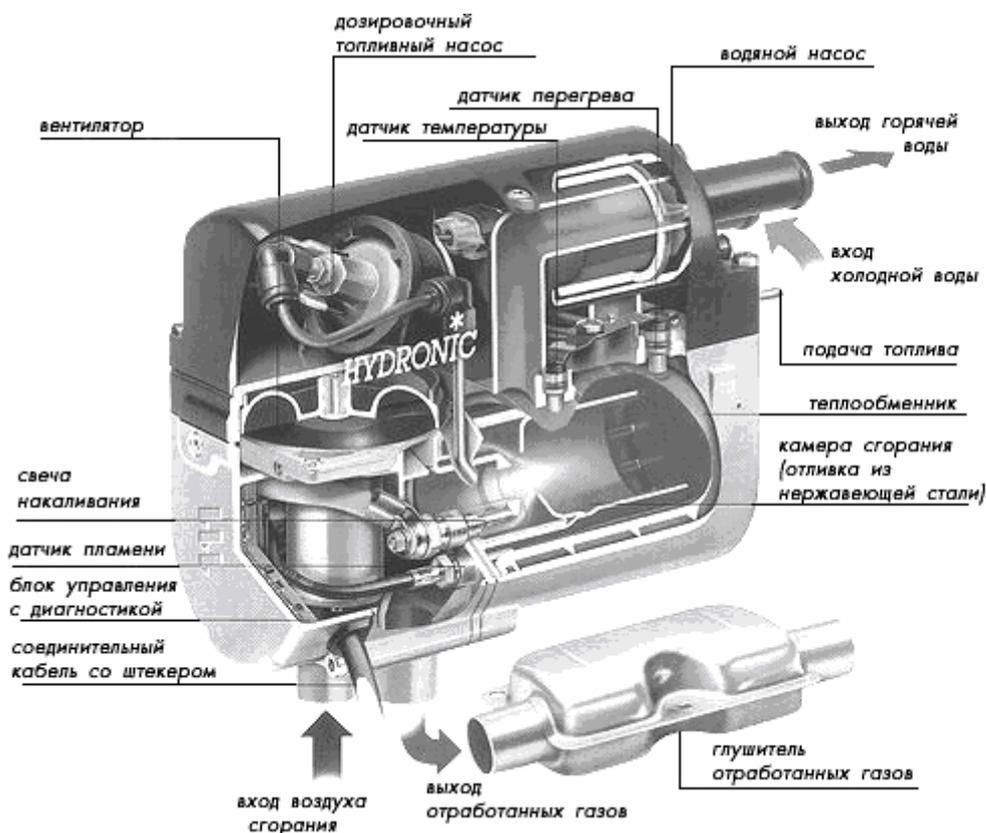


Рис. 1.18. Предпусковой подогреватель „HYDRONIC“ фирмы Eberspächer  
 В автоматизированных подогревателях указанных фирм имеются температурные датчики и датчик пламени, электронный блок управления, позволяющий задавать различные режимы работы устройства, а также предусмотрена система самодиагностики. Датчик перегрева не допускает превышения установленных темпера-

тур. Подогреватели комплектуются таймерами и могут программироваться с помощью пультов дистанционного управления. Таймер позволяет задать день и час включения подогревателя. Возможно и управление работой подогревателя с телефона. В современных подогревателях автоматика отвечает за предварительную проверку работоспособности системы, анализируя работу свечи накаливания, вентилятора и топливного насоса.

При включении устройства вначале запускается вентилятор (рис. 1.18) и с его помощью производится продувка камеры сгорания и каналов подогревателя. Этим достигается вытеснение из них инертных продуктов сгорания воздухом, необходимым для обеспечения горения топлива. Параллельно разогревается свеча накаливания. По истечении 45 с начинает работать топливный насос, который подает на свечу топливо. Топливо воспламеняется. После стабилизации процесса сгорания (контролируется датчиком пламени) свеча отключается блоком управления. Дальнейшее сгорание происходит в результате воспламенения топлива от фронта пламени и раскаленных поверхностей камеры сгорания. В горелках используются металлокерамические прокладки, что существенно увеличивает срок их службы. Для снижения шумности на выходе из котла обычно предусматривается глушитель. Продукты сгорания направляются на поддон двигателя, что ускоряет прогрев находящегося в нем масла.

Интенсивность прогрева контролируется и в соответствии с программой регулируется электроникой. Нагретая жидкость поступает из котла подогревателя в систему охлаждения и радиатор отопителя салона. Когда охлаждающая жидкость прогревается, автоматика включает вентилятор системы обогрева салона. Таким образом обеспечивается предпусковой прогрев двигателя и создание в салоне автомобиля комфортных температурных условий. Благодаря организации оптимальной вентиляции и быстрому оттаиванию стекол водителю при использовании подобных подогревателей уже перед началом поездки гарантируется хороший обзор. Чтобы избежать неконтрольного расхода топлива, автоматика прекращает его сжигание при достижении охлаждающей жидкостью температу-

ры 80°C. После того, как ее температура понизится, горение топлива возобновляется вновь.

Программируемый таймер устанавливается на приборной панели или на консоли в салоне автомобиля. Подогреватель автоматически включится в установленное время и должен работать указанное количество минут. Предусмотрено и непосредственное управление работой системы предпускового прогрева – подогреватель может также включаться и выключаться имеющейся для этой цели на таймере кнопкой.

### 1.1.6. УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОДАЧИ ПУСКОВОЙ ЖИДКОСТИ

Определенное распространение нашли облегчающие холодный пуск двигателя легкокипящие жидкости. Обычно они представляют собой эфиры с низкой температурой воспламенения, к которым добавляются различные компоненты, например – маловязкие масла. Так, пусковые жидкости «Арктика» и «Холод Д-40» состоят в основном из диэтилового эфира, температура самовоспламенения которого составляет приблизительно 200°C.

Жидкости находятся в пусковом баллоне под избыточным давлением, создаваемым каким-либо горючим газом. Обычно для этих целей используются пропан и бутан, а также иные газы с низкой температурой кипения. Баллон устанавливается в моторном отсеке в специальное, управляемое из кабины приспособление. При пуске двигателя электромагнит открывает клапан баллона и легко воспламеняемая смесь через специальную форсунку впрыскивается во впускной трубопровод, где перемешивается с подаваемым в цилиндры двигателя воздухом. При температуре около –30°C, когда частота вращения коленчатого вала составляет всего 40...50 мин<sup>-1</sup>, с помощью одного баллона можно осуществлять до десяти холодных пусков.

### 1.1.7. ВОЗДУШНЫЕ ОТОПИТЕЛИ

Для создания в кабине водителя или в салоне легкового автомобиля комфортных условий **выпускаются воздушные отопители** (рис. 1.19), в теплообменнике которых образующиеся при го-

рении топлива продукты сгорания подогревают лишь подаваемый в салон воздух.

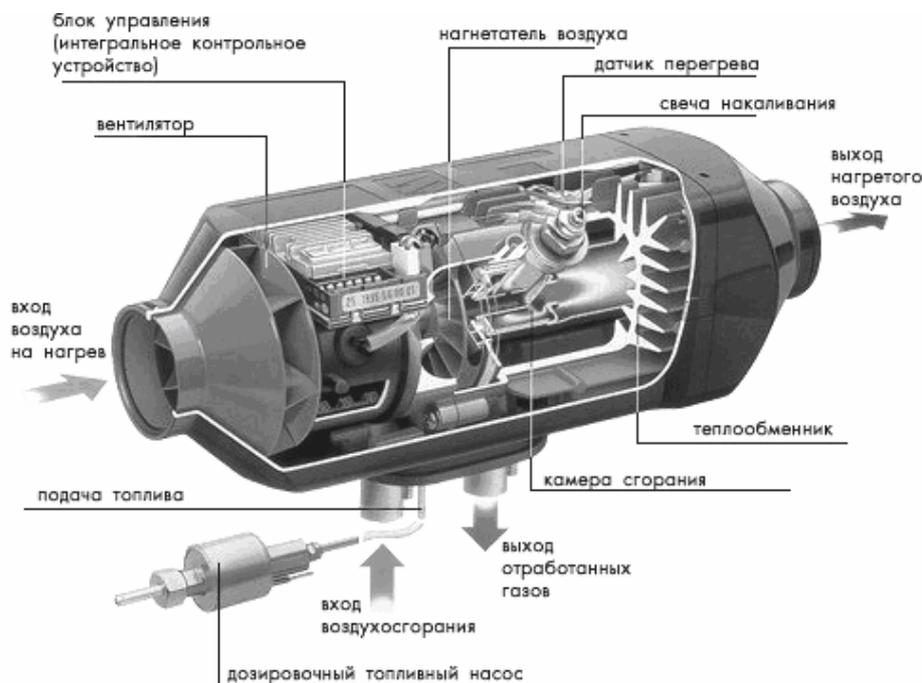


Рис. 1.19. Подогреватель воздуха "AIRTRONIC" фирмы Eberspächer

Температура воздуха в салоне может устанавливаться в пределах от 10 до 30°C. Благодаря датчикам температуры в салоне автомобиля автоматически поддерживается заданная водителем температура. Режим прогрева может задаваться автоматически в зависимости от температуры охлаждающей жидкости в системе охлаждения двигателя. При включении подогревателя загорается сигнальная лампочка. Как и в случае предпускового подогревателя, после прогрева свечи на нее подается топливо. Если датчик фиксирует наличие устойчивого пламени, свеча отключается и дальнейшее воспламенение осуществляется от горящего факела. По истечении приблизительно двух минут начинается подача максимальных количеств топлива. Частота вращения нагнетателя воздуха и расход топлива автоматически изменяются по мере прогрева. Как только будет превышена установленная температура воздуха в салоне, подача топлива прекратится, однако нагнетатель продолжит продувку отопителя еще в течение нескольких минут. Затем он также отключается или вращается с минимальной частотой. Сис-

тема диагностики обеспечивает отключение отопителя при возникновении проблем с работой нагнетателя и свечи накаливания.

Отопители «Air Top» фирмы WEBASTO управляются электронным блоком управления. Блок сравнивает температуру воздуха на входе в отопитель с температурой в обогреваемом салоне и со значением, установленным на таймере. При необходимости он плавно изменяет мощность отопителя. Время автоматической работы отопителя при запуске с таймера по желанию пользователя может варьироваться в пределах от 1 до 120 мин. Если это требуется (например – при ночлеге), устройство может поддерживать необходимую температуру в салоне в течение 10 часов. Изменение режима работы отопителя осуществляется за счет варьирования коэффициента избытка воздуха сжигаемой в нем топливовоздушной смеси.

Подогреватели воздуха обычно оснащаются переключателем «подогрев-вентиляция». С помощью этого переключателя в летний период возможно использование устройства для дополнительной вентиляции салона автомобиля. Действительно, температура в салоне оставленного на солнцепеке автомобиля может подняться выше ста градусов, а потому принудительная вентиляция при неработающем двигателе (и, естественно, кондиционере) становится весьма желательной. Постоянно подаваемый вентилятором извне автомобиля воздух обеспечивает в салоне к приходу водителя терпимые температурные условия. При этом возможно включение как штатного вентилятора системы отопления, так и вентилятора автономного отопителя.

В целях создания максимально комфортных условий таймер как предпусковых подогревателей, так и воздушных обогревателей позволяет задать день и час включения подогревателя. Возможен и его пуск с помощью пульта дистанционного управления. Так, в подогревателях фирмы WEBASTO для этого используется устройство «Телестарт» (Telestart). Оно позволяет включать или отключать подогреватель, устанавливать и изменять продолжительность (10-120 мин) и режим (зима-лето) его работы с расстояния от 2-х до 1000 м. Устройство «ThermoColl» делает возможным управление работой подогревателя с телефона.

После продолжительной езды по загрязненным дорогам крайне желательно прочищать патрубки забора воздуха и отвода продуктов сгорания.

Система дистанционного управления Heating Time Management (НТМ) Т100 позволяет программировать момент не включения подогревателя, а время посадки в автомобиль и автоматически устанавливать к этому времени требуемый уровень комфортности в салоне (от 1 до 5). В этом случае на основе замеров температур электроника сама определит время включения и продолжительность работы отопителя. При этом система НТМ Т100 имеет и все функции, включаемые в систему Telestart. Некоторые исполнения системы НТМ дополнены функцией определения координат с помощью GPS-позиционирования. С помощью мобильного телефона также можно отправить смс с командой-кодом включения любой электронной системы автомобиля, включая отопитель, и таким образом обеспечить к определенному времени необходимый прогрев салона автомобиля.

Как автономные предпусковые, так и воздушные подогреватели выпускаются различными фирмами в разных комплектациях. Производятся такие подогреватели и в России. В качестве примера можно назвать автономный жидкостный подогреватель ПЖД 126 для КамАЗа.

Использование предпусковых подогревателей и отопителей позволяет не только улучшить условия труда водителя, что поднимает эффективность его труда при снижении потерь на оплату больничных листов, но также способствует уменьшению износа двигателя, снижению затрат на его ремонт, и имеет следствием экономию топлива и масла

#### 1.1.8. ПОДОГРЕВ ОМЫВАЮЩЕЙ ЖИДКОСТИ И СИДЕНИЙ

Нельзя поехать на автомобиле, не заведя предварительно двигатель. Но также нельзя поехать и в том случае, когда двигатель заведен, но видимость существенно ограничена или вообще отсутствует в связи с покрывающей стекла коркой льда или замершей грязи. Залив в бачок предварительно прогретой воды не решает проблему, попадая на холодную поверхность ветрового

стекла и распределяясь по ней работающими щетками «дворников» тонким слоем, вода тут же замерзает на стекле и на самих щетках. В связи с этим зимой в бачок заливают дорогостоящие незамерзающие спиртосодержащие жидкости, не самым благоприятным образом воздействующие как на окружающую среду, так и на автомобиль.

В продаже имеются омыватели ветровых стекол с подогревом, рассчитанные на использование обыкновенной воды. Обычно их рекомендуют подключать к цепи обогрева заднего стекла. Внутри трубок, ведущих от бачка, для прогрева залитой жидкости проложены нихромовые нити. В таких омывателях дополнительно предусмотрен и подогрев распыливающих воду форсунок.

При включении системы температура воды внутри термостойких трубок быстро поднимается до 60...70°C. Однако, для того чтобы вода прогревалась, необходимо, чтобы она в эти трубки поступала, но на прогрев бачка с замерзшей в нем водой может уйти до 40 мин... Естественно, перед поездкой в бачок можно заливать предварительно прогретую воду. Но и в этом случае при низких температурах не исключается образование на щетках и стекле ледяной корки. Причем, чем выше скорость движения автомобиля, тем при более высокой температуре она будет образовываться. Ветровое стекло может покрываться льдом и в том случае, когда система опрыскивания лобового стекла не используется, а автомобиль просто попал под один из нередких в настоящее время зимних дождей. В известной степени проблема решается с использованием подогреваемых стекол с интегрированными в них нитями накаливания. Устраняя обледенение ветрового стекла, подобные системы также позволяют избежать запотевания стекол при чрезмерной влажности воздуха (в тумане или при сильном дожде).



Рис. 1.20. Подогреватель омывающей жидкости «HotShot»

Начиная с 2004 года фирма "Вебасто" производит высокотехнологичную систему прогрева омывающей жидкости "HotShot" (рис. 1.20), гарантирующую при любых погодных условиях чистоту ветрового стекла, а следовательно, и хороший обзор. При этом неважно, загрязнено ли стекло маслом, разбившимися насекомыми или обычной дорожной грязью. При включении устройства стекло будет очищено.

Важно, что устройство "HotShot" не занимает много места и управляется всего лишь одной кнопкой.

В целях повышения экономичности системы каждая порция омывающей жидкости в подогревателе устройства прогревается электричеством в импульсном режиме до температуры 65°C, после чего подается к форсункам омывателя ветрового стекла (и омывателей фар, если таковые имеются).

В расчете на зимний период для увеличения комфортности предлагается большое количество различных **подогревателей сидений**. Можно утверждать, что современные системы подогрева сидений безопасны, надежны и экономичны. Они потребляют электроэнергии не намного больше, чем габаритные огни.

В принципе, существуют два типа систем подогрева сидений: внешние или накидные и встроенные (см. рис. 1.21). Внешние системы подогрева выполняются в виде накидок, ковриков или подушек. При установке они тем или иным образом крепятся к сиденью или его обшивке. В случае их использования приходится мириться с изменением внешнего вида салона и, в определенной степени, эргономики сидений.

Подогреваемые накидки бывают обычными, анатомическими и массажными. Обычные накидки не претендуют ни на что, кроме подогрева, в то время как анатомические должны улучшать правильную осанку и гарантировать наибольшее удобство. Массажный подогрев дает возможность расслабиться и в случае длительного пребывания за рулем избавляет от болевых ощущений и физической усталости.

Подобные внешние системы подогрева обеспечивают прогрев до рабочей температуры (24°C) за 1 ... 2 мин.

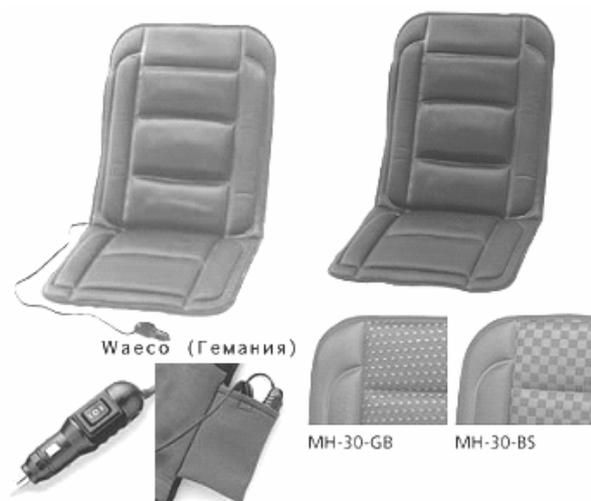


Рис. 1.21. Накидки для подогрева сидений

Использование технологии Карботекс (Carbotex) на основе токопроводящей углеродной ткани толщиной 0,5 мм позволяет не изменять энергетические показатели сидений. Углеродные ткань и лента могут нарезать кусками любого размера, что упрощает их применение для подогрева сидений любых конфигураций и размеров. Управление подогревом осуществляется с компактного пульта, устанавливаемого, как правило, между сиденьями.

Приобретенные в магазине накидки подогрева сидений подсоединяются к гнезду прикуривателя и не требуют для своей установки обращения к специалисту. Если же необходимо оборудовать встроенную систему подогрева, то тут без помощи специалиста не обойтись, поскольку подсоединение потребует вмешательства в систему электрооборудования автомобиля.

В то же время, если автомобиль не имеет подогрева сидений, можно установить и встроенный подогрев. Например, на рис. 1.22 показан встраиваемый комплект подогрева сидений немецкой фирмы Ваеко (Waeco). Он состоит из четырех мягких и гибких нагревательных элементов с двумя выключателями. На каждое сиденье устанавливается по два нагревателя. Суммарная мощность подогревателей – всего 45 Вт.

Разрез сиденья с встроенным подогревом показан на рис. 1.23. Подогрев сидений уменьшает риск появления и развития в зимний период заболеваний позвоночника, почек, печени и мочеполовой системы.



Рис. 1.22. Встраиваемый  
подогрев сидений



Рис. 1.23. Разрез сиденья с  
подогревом

## 2. ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ ОХЛАДИТЕЛИ НАДДУВОЧНОГО ВОЗДУХА

Мощность двигателя определяется количеством топлива, которое может сгорать в его цилиндрах. В свою очередь, это количество зависит от массы окислителя – воздуха, находящегося в цилиндрах. Таким образом, для увеличения мощности двигателя фиксированной размерности необходимо увеличить подачу в двигатель воздуха (или готовой топливо-воздушной смеси). Это хорошо понимали уже создатели первых двигателей внутреннего сгорания, например – Г.Даймлер и Р.Дизель.

Как известно, для увеличения плотности подаваемого в цилиндр заряда используется наддув, при котором тем или иным способом повышается давление свежего заряда. В первой половине XX века наддув нашел применение на авиационных поршневых двигателях. Широкое распространение на автомобилях наддув получил благодаря швейцарскому инженеру Альфреду Бюши, который в 1952 г. впервые использовал для привода компрессора энергию отработавших газов, что позволило поднять мощность двигателя на 40%.

Однако, как известно, быстрое сжатие газа всегда сопровождается увеличением его внутренней энергии, что проявляется в росте температуры. Связь между давлением и температурой в политропном процессе определяется выражением

$$\frac{T_{\text{кон}}}{T_{\text{нач}}} = \left( \frac{p_{\text{кон}}}{p_{\text{нач}}} \right)^{\frac{n-1}{n}}$$
, где индекс «кон» соответствует конечным, а «нач» – начальным параметрам сжимаемого газа. При этом температура возрастает тем существеннее, чем ниже КПД компрессора.

Можно посчитать, что при увеличении начального давления в полтора раза температура возрастает приблизительно на 45°C, при двукратном повышении давления прирост температуры составляет приблизительно 80°C. Считается, что в нагнетателях автотракторных ДВС температура сжимаемого воздуха поднимается на 70 ... 180°C. Однако с повышением температуры плотность заряда уменьшается, а потому эффект от повышения давления в известной степени нивелируется. Так, например, при  $\frac{p_{\text{кон}}}{p_{\text{нач}}} = 2$  и  $\Delta T = 80^\circ$

плотность заряда падает приблизительно на 25%! К тому же, в случае использования наддува на двигателе с искровым зажиганием повышение температуры свежего заряда приводит к возникновению детонации при существенно меньших углах опережения зажигания. Это обстоятельство негативно сказывается на экономических показателях двигателя.

Для уменьшения вредного влияния увеличения температуры на плотность заряда используются специальные теплообменники – промежуточные охладители наддувочного воздуха.

Можно утверждать, что понижение температуры наддувочного воздуха на каждые 10° приводит к увеличению его плотности приблизительно на 3 %, что дает приблизительно такое же увеличение мощности. Таким образом, охлаждение воздуха на 30°C дает почти 10 %-ное увеличение мощности двигателя.



Рис. 2.1. Схема системы турбонаддува с промежуточным охладителем

Промежуточные охладители наддувочного воздуха устанавливаются либо перед радиатором перпендикулярно потоку набегающего воздуха, либо горизонтально над двигателем. В последнем случае в капоте выполняется специальный воздухозаборник для подвода к теплообменнику потока охлаждающего воздуха.

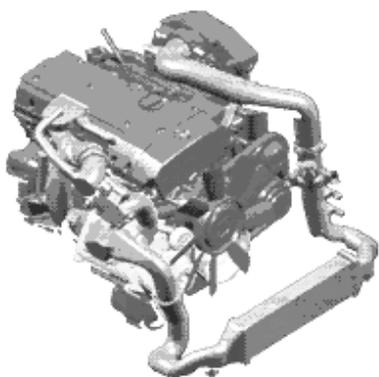
Примеры установки промежуточных охладителей показаны на рис. 2.2.

К настоящему времени наибольшее распространение нашли системы турбонаддува, при котором для повышения давления наддувочного воздуха используется энергия отработавших газов. Схема двигателя с турбонаддувом приведена на рис. 2.1.

Поскольку детонация является нарушением сгорания, присущим исключительно двигателям с искровым зажиганием, использование промежуточных охладителей на дизелях считается оправданным лишь при наличии не менее чем двух ступеней наддува.

При наддуве двигателей внутреннего сгорания используются два основных типа теплообменников. В одних охлаждение сжатого в компрессоре воздуха производится набегающим потоком воздуха (теплообменники «воздух-воздух»), в других – охлаждающей жидкостью («воздух-вода»). Может использоваться также понижение температуры сжимаемого воздуха путем подачи в его поток на входе в компрессор воды, на испарение которой затрачивается часть повышающейся при сжатии внутренней энергии. В любом случае гидравлическое сопротивление должно быть минимальным, по-

скольку высокие сопротивления протекающему через охладитель сжатому воздуху снижают его давление и, следовательно, его плотность.



а)



б)

Рис. 2.2 . Установка промежуточного охладителя перед радиатором (а) и в крыле (б)

В связи с конструктивной простотой и со своей надежностью наибольшее распространение нашли охладители типа «воздух-воздух». Они представляют собой алюминиевый пластинчатый радиатор, в котором воздух проходит через тонкие трубки, соединенные друг с другом в верхней части. Пример выполнения такого теплообменника показан на рис. 2.3. Для интенсификации теплообмена как внутри трубок, так и между ними располагают небольшие перегородки.



Рис. 2.3. Охладитель типа «воздух-воздух» фирмы DENSO

Поскольку охлаждаемой и охлаждающей средой является воздух, термические сопротивления теплоотдачи оказываются большими и общая эффективность таких охладителей невелика. Для существенного понижения температуры в таком теплообменнике он должен иметь достаточно большие размеры, что не всегда возможно, особенно в условиях ограниченного подкапотного пространства легковых автомобилей.

Поскольку теплоемкость воды более чем в 4 раза превосходит изобарную теплоемкость воздуха, существенного уменьшения габаритов промежуточных охладителей можно добиться использованием теплообменников типа «вода-воздух». Теплообменник «вода-воздух» обычно располагается рядом с компрессором, а теплота в окружающую среду отводится с помощью отдельного радиатора, через который жидкость прогоняется специальным насосом. Эффективность подобных теплообменников несколько снижается в связи с необходимостью добавки в воду антифриза. Количество охлаждающей жидкости в системе промежуточного охладителя должно быть достаточным, чтобы на пике нагрузки понизить температуру сжатого воздуха даже до того, как насос подаст в теплообменник очередную порцию охлажденной воды (обычно – 2 ... 3 л). Такие охладители выигрывают в сравнении с охладителями типа «воздух-воздух» благодаря высокой теплоемкости и аккумулирующей способности жидкости.

Входной патрубок на входе в компрессор имеет обычно диаметр 80, а на выходе – 50 мм. Трубы должны быть гибкими и по возможности короткими. Ведущая от промежуточного охладителя труба покрывается теплоизоляцией.

Циркуляция воды в контуре промежуточного охладителя обеспечивается насосом с электрическим приводом. При увеличении нагрузки производительность насоса обычно возрастает. В некоторых системах насос включается лишь при открытии дроссельной заслонки на определенный угол, а затем, после фиксированной временной задержки, вновь отключается.

Насос обычно размещается на выходе из радиатора, благодаря чему в него поступает жидкость при сравнительно низкой температуре. Режим работы, а также включение и выключение насоса контролируются блоком управления. В качестве управляющего сигнала может использоваться значение температуры или давления сжатого воздуха, а также угол открытия дроссельной заслонки.

К недостатком промежуточных охладителей типа «вода-воздух» можно отнести то обстоятельство, что после длительной езды с высокой скоростью и последующей остановки вода в теплообмен-

нике нагревается, что снижает эффективность системы после очередного трогания с места.

В любом случае радиатор промежуточного охладителя должен располагаться перед другими теплообменниками, в том числе – и перед конденсатором кондиционера.

Эффективность промежуточного охладителя оценивается коэффициентом эффективности или рассеивания теплоты  $E$ :

$$E = \frac{(t_{1\text{ВХОД}} - t_{1\text{ВЫХОД}})}{(t_{1\text{ВХОД}} - t_{2\text{ВХОД}})},$$

где  $t_{1\text{ВХОД}}$  – температура наддувочного воздуха на входе в охладитель,

$t_{1\text{ВЫХОД}}$  – его температура на выходе,

$t_{2\text{ВХОД}}$  – температура охлаждающего воздуха на выходе.

Для легковых автомобилей коэффициент эффективности обычно составляет 0,4 ... 0,77 (большие значения соответствуют охладителям типа «воздух-воздух»).

### 3. АВТОМОБИЛЬНЫЕ КОНДИЦИОНЕРЫ

#### 3.1. Краткий обзор истории холодильной техники

Наши далекие предки научились спасаться от холода, сжигая органическое топливо. Однако понижение температуры воздуха в жару до недавнего времени оставалось для людей трудно разрешимой проблемой. Естественно, речь идет о людях простых, а не о египетских фараонах или о багдадских халифах. Первые в жару наслаждались прохладным воздухом, которым их обдували рабы, махавшие своими опахалами над чашами с колотым льдом. А халифы могли позволить себе охлаждение помещений привозимым с гор льдом, который загружался в специально предусмотренные для этой цели пустоты в стенах дворца.

Персы с древних времен хранили лед в подземных хранилищах – «якшалах». Они же тысячелетия тому назад использовали для

понижения температуры своеобразные «испарительные кондиционеры» – продуваемые ветром шахты, через которые вода либо протекала, либо размещалась в глиняных пористых сосудах. При испарении вода отбирала теплоту от воздуха, понижая его температуру. Охлажденный подобным образом воздух поступал затем в помещения.

В наших деревнях до сих пор сохранились погреба, в которые зимой загружался лед, обеспечивающий на протяжении лета поддержание необходимых для хранения продуктов низких температур. А найти спасение от нестерпимой жары зачастую удавалось, укрываясь смоченной в воде тканью.

В жару, когда человек обильно потеет, облегчение приносит и просто поток обдувающего воздуха. Именно это обстоятельство привело к появлению опахал и вееров. В XV веке Леонардо да Винчи создал первый вентилятор, а в 1735 году Джеймс Уатт сконструировал вентиляторную установку для английского парламента.

В Средние века обнаружилось, что понижать температуру можно в результате растворения некоторых веществ (например – селитры) в воде. Этим способом охлаждались различные напитки. Однако подобным образом нельзя было понижать температуру воздуха в помещении.

В середине XVIII века врач и профессор медицины У.Каллен предложил использовать для понижения температуры испаряющийся в условиях разрежения легкокипящий эфир. В 1805 году американский инженер Оливер Эванс описал пароконпрессорную установку, которая должна была работать на диэтиловом эфире. Установка содержала в себе все узлы современных холодильных установок – компрессор, конденсатор, редукционный вентиль и испаритель. Однако построить установку Эвансу так и не удалось.

В 1815 году француз Жанн Шабаннес получает британский патент на метод «кондиционирования воздуха и регулирования температуры в жилищах и других зданиях». Ему также не удалось реализовать свою идею. Однако именно он впервые использовал слово «кондиционирование», имея в виду придание воздуху определенных кондиций, то есть свойств.

Патент на работающий по подобному принципу на эфире холодильник в 1834 году получил американский инженер-изобретатель Джейкоб Перкинс. Однако технологии того времени еще не были достаточно совершенными для производства таких устройств. Гораздо проще и дешевле оказывалось использование льда естественного происхождения. Его промышленная заготовка на реках и озерах Североамериканских Штатов началась в 1799 году. Лед не только использовался внутри страны, но и поставлялся в больших объемах в страны с тропическим климатом. Там его охотно покупали богатые люди – в основном плантаторы и купцы. Так, например, «ледяной король» Фредерик Тюдор в 1805 году поставил на остров Мартиника 130 тонн льда. К концу XIX века экспорт льда из США в жаркие страны исчислялся уже многими миллионами тонн.

Термин «refrigerator» (холодильник) был предложен в 1800 году инженером Томасом Муром. Однако вплоть до начала XX столетия более распространенным был термин «ледяной ящик» («ice-box»), поскольку холодильники тех лет представляли собой действительно большие, разделенные на две полости и снабжаемые водосборником деревянные ящики. Предусматривалась и теплоизоляция, а внутренняя поверхность покрывалась каким-либо металлом. Продавцы льда – «айс-мены» – от специализирующихся на этом бизнесе фирм по утрам развозили по домам необходимый для заправки холодильников лед.

Для перевозки скоропортящихся продуктов стали использовать и управляемые льдом рефрижераторные повозки. А в 1867 году был получен патент на использующий этот же принцип вагон.

Создателем первой установки для кондиционирования воздуха явился американский врач Джон Гори (1805 – 1855 гг). В 1844 году ему удалось построить воздушную установку для понижения температуры воздуха в палатах, а также для создания искусственного льда. Гори работал в штате Флорида с его жарким климатом. Стремясь облегчить участь страдающих от жары пациентов, Гори предложил установку, в которой предварительно сжатый в компрессоре воздух пропускаться через змеевик теплообменника, в котором его температура понижалась почти до температуры окру-

жающей среды. Затем воздух адиабатно расширялся, благодаря чему его температура вновь понижалась, и понижалась существенно. Охлажденный подобным образом воздух подавался в палаты. В 1851 году Гори получил патент на свою установку, ставшую, по сути, первым работающим кондиционером. Однако из-за отсутствия спроса Гори так и не удалось наладить промышленное производство своих устройств, в результате чего он был вынужден вернуться к врачебной практике.

В 1852 году Уильям Томсон (лорд Кельвин) предложил принцип работы теплового насоса. Патент на технологию изготовления тепловых насосов был выдан в Швейцарии в 1912 г, однако практическое использование тепловых насосов началось лишь в конце прошлого века.

Первая воздушная компрессорная холодильная установка была построена для пивоварни в Австралии в 1855 году английским журналистом Джеймсом Харрисоном. Именно в этой стране с ее жарким климатом ей был гарантирован коммерческий успех.

Очередным этапом в развитии холодильной техники явилось предложенное в 1810 г. профессором Эдинбургского университета Джоном Лесли использование для охлаждения процессов абсорбции водой сернистого газа. Первая холодильная установка подобного типа была построена лишь в 1850 году французом Эдмоном Карре. Работающее на аммиаке усовершенствованное устройство было разработано его братом Фердинандом Карре в 1859 году. Представленная им в Лондоне в 1862 году машина производила в час 200 кг льда. Но искусственный лед был существенно дороже льда, заготавливаемого зимой на реках и озерах. Поэтому особой необходимости в создании соответствующих машин не было. И лишь с началом нарушившей связи между севером и югом страны Гражданской войны в США оказались востребованными установки по производству искусственного холода. Этому обстоятельству способствовало и все большее загрязнение воды естественных водоемов промышленными стоками в результате бурного развития экономики – для своих «холодильных ящиков» люди предпочитали приобретать чистый лед.

Для появления домашних холодильников многое сделал немецкий аристократ Карл фон Линде. В 1873 году он предлагает использовать в качестве рабочего тела парокompрессорной холодильной установки метиловый эфир. Работающая по его идее и на аммиаке установка была построена на пивоваренном заводе в Аусбурге. Холодильник приводился от парового двигателя и был весьма громоздким и шумным. Кроме того, утечки аммиака представляли опасность для работающих на предприятии людей. Продолжая заниматься холодильной техникой, К. фон Линдэ создал проект предприятия по производству жидкого воздуха.

Ставшая к концу XIX века экономически выгодной поставка мяса из Аргентины и Австралии потребовала создания устройств, способных поддерживать низкие температуры, необходимые для длительных перевозок. В результате в 1877 году Фердинанд Карре создает первую судовую холодильную установку. Несколько позже на суда стали устанавливать воздушные компрессорные холодильные установки.

Все холодильники тех лет имели ременный привод от паровых двигателей или ДВС, размещавшихся в подвале или в специально отводимом для этих целей помещении. Таким образом, их большим недостатком являлись громоздкость и шумность. Лишь в 1893 году американец Элайя Томсон предложил использовать для привода электродвигатель.

В Санкт-Петербурге в начале XX столетия было освоено производство заправляемых льдом айс-боксов – бытовых холодильников емкостью 100 л и массой 55 кг. В холодильной камере такого айс-бокса поддерживалась температура около 7 °С.

Стремясь понизить влажность воздуха в типографии, американский инженер Уиллис Карриер собрал в 1902 году первую в мире промышленную холодильную машину. Интересно, что целью создания установки являлось снижение влажности воздуха в помещении, что было необходимым условием улучшения качества печати, а не повышение комфортности условий труда работников типографии.

В 1911 г. в США начинается выпуск бытовых установок «Одифрен» для получения льда. Свое название они получили по имени своего изобретателя Марселя Одифрена. Первые бытовые компрессорные холодильники появились в США в 1913 году. В 1927 году шведы Мунтерсом и Платтенем предложили конструкцию домашнего абсорбционного холодильника.

В 1925 году система охлаждения фирмы Карриер (Carrier) была впервые установлена на судне, а в 1930 году подобными системами уже оснащались вагоны. В 1936 году системой кондиционирования был оснащен автобус, курсирующий по маршруту Дамаск-Багдад. Позже фирмой были разработаны первые компактные автомобильные кондиционеры.

Первый комнатный кондиционер, в котором в качестве хладагента использовался аммиак, был выпущен в 1929 году компанией General Electric.

В 1926 году датчанин Кристиан Стинструм разместил электродвигатель и компрессор в герметически закрытом отсеке, что существенно понизило шумность и опасные последствия утечек хладагента. Им же был предложен и используемый поныне терморегулятор.

Известный американский химик и изобретатель Томас Мидгли разработал технологию производства фреонов и предложил заменить ими токсичный аммиак. (Т.Мидгли также были разработаны и многие антидетонаторы, включая тетраэтилсвинец). В его лаборатории был синтезирован малотоксичный дихлордифторметан (фреон R-12). В свою очередь, создание фреонов стало возможным благодаря реакции, ранее предложенной бельгийцем Фредериком Сварстом. Первые работающие на фреоне холодильники появились в 1931 году.

В СССР первые образцы компрессионного бытового холодильника ХТЗ-120 были созданы на Харьковском тракторном заводе (ХТЗ) в 1937 году.

В начале тридцатых годов в Англии создаются первые тепловые насосы, позволяющие использовать для отопления теплоту низкотемпературных источников.

### 3.1.1. История создания автомобильных кондиционеров

Первые автомобили не имели остекления, были открыты и потому продувались свежим воздухом (более ста лет тому назад он действительно был чистым и свежим!) со всех сторон. С появлением закрытых кузовов возникла проблема их вентиляции и понижения температуры воздуха в салоне при существенном нагреве солнцем поверхностей автомобиля. Появились различные лючки, поднимающиеся ветровые стекла, поворотные форточки и опускающиеся стекла в боковых дверцах.

В 1884 году американец Уильям Вителей решает использовать для охлаждения салона кубики льда, закладываемые в специальный поддон под днищем автомобиля. В результате охлажденный влажный воздух попадал в салон вместе с дорожной пылью.

Появление и постепенная миниатюризация бытовых холодильников позволили думать об их использовании для охлаждения поступающего в салон воздуха.

Фирмы Дженерал Моторз и Дю Пон в 1930 году основали компанию «Kinetik Chemical Company» по производству фреона, а выпускавшая холодильники фирма «C&C Kelvinator Co» создала первый автомобильный кондиционер.

Первый кондиционер был установлен на автомобиль «Паккард» в 1939 году. Поскольку автомобильный кондиционер работает по тому же принципу, что и обычный бытовой холодильник, была создана компактная установка, приводимая от коленчатого вала двигателя. Однако чтобы воспользоваться кондиционером, вначале требовалось заглушить двигатель, взять приводной ремень и одеть его на шкивы компрессора кондиционера и коленчатого вала, после чего вновь завести двигатель. Для прекращения работы кондиционера следовало остановить двигатель и снять со шкивов приводной ремень.

В 1941 году Кадиллак выпускает уже 300 автомобилей с кондиционерами. К 1966 году число автомобилей с системами кондиционирования в США превосходило 3,5 млн, а в 1985 году – 20 млн. В

Европе производство кондиционеров вообще и автомобильных кондиционеров в частности началось существенно позже.

В 1958 году в СССР по распоряжению вернувшегося после визита в США генерального секретаря КПСС Н.С.Хрущева начали разрабатывать отечественные автомобильные кондиционеры. Первые опытные образцы появились в 1960 году, и через год отечественный кондиционер был установлен на личный автомобиль генерального секретаря – ЗИЛ 111-Г. В шестидесятые же годы на работающих в условиях жаркого климата грузовиках применялись использующие воду примитивные испарительные установки. И лишь в конце 80-х годов начали серийно устанавливать кондиционеры на карьерные БелАЗы. Однако вплоть до конца 90-х кондиционеры в выпускавшиеся в СССР серийные легковые автомобили не устанавливались. Только в девяностые годы на ВАЗы и «Волги» начали устанавливать кондиционеры зарубежных фирм.

### 3.2. Принципы устройства и схемы кондиционеров и холодильных установок

Поскольку кондиционер по своему устройству мало чем отличается от холодильника, представляется целесообразным рассмотреть общие принципы работы кондиционеров и холодильных установок.

Перенос теплоты от менее к более нагретому источнику становится возможным в случае организации какого-либо компенсирующего процесса. Компенсирующими могут становиться процессы самопроизвольного превращения механической энергии в тепловую или же процессы самопроизвольного переноса теплоты.

Для того чтобы теплота, отобранная от "холодного источника" (охлаждаемый объем), могла быть отдана "горячему источнику" (обычно – окружающему воздуху), необходимо поднять температуру рабочего тела (РТ) выше температуры окружающей среды. Это достигается быстрым (адиабатным) сжатием РТ или же использованием процессов абсорбции.

На практике принцип работы большинства работающих по обратным циклам холодильных установок сводится к следующему:

– в результате быстрого расширения температура рабочего тела понижается ниже температуры охлаждаемого объема, что делает возможным подведение теплоты от этого объема к рабочему телу,

– по завершении теплообмена производится быстрое сжатие и температура рабочего тела поднимается выше температуры окружающей среды, что обеспечивает отвод в нее теплоты от рабочего тела.

Кондиционеры и холодильные установки отличаются применяемым рабочим телом и принципом своего действия. Передача теплоты от «холодного» источника «горячему» может осуществляться за счет затраты работы, тепловой или электрической энергии.

### 3.2.1. Кондиционеры с вихревой трубкой

В 1933 году француз Ф.Ранк обнаружил возникновение перепада температур по диаметру цилиндрического объема, если тангенциально вводить в него газ. Устройство с тангенциальным вводом потока газа получило название вихревой трубки. Как оказалось, эффект Ранка или Ранка-Хильша (немец Р.Хильш внес значительный вклад в изучение вихревых трубок) позволяет в частности осуществлять кондиционирование воздуха.

Пример конструктивного выполнения вихревой трубки представлен на рис. 3.4.

Сжатый в компрессоре и затем охлажденный до температуры окружающей среды воздух подается через сопло 4 в вихревую трубку по касательной к ее поверхности. В результате характер течения воздуха становится вращательным, и поток воздуха делится на две движущиеся к противоположным концам трубки части. По диаметру трубки возникает перепад температур – на периферии температура воздуха возрастает в результате вызываемого трением торможения потока, в то время как по центру температура оста-

ется низкой, соответствующей температурам конца адиабатного расширения в сопле. В результате действия центробежных сил давление воздуха на периферии превышает давление по центру потока.

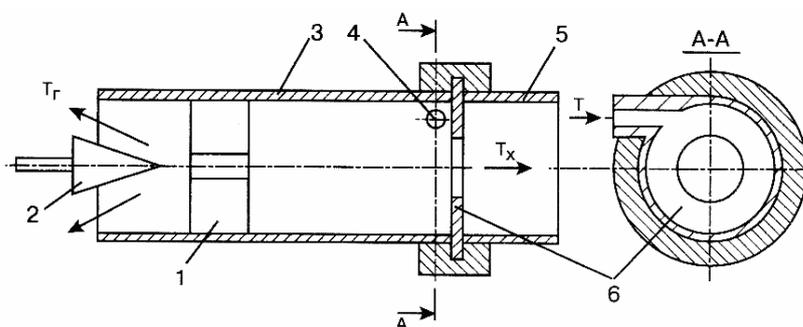


Рис. 3.4. Схема вихревой трубки: 1 – крестовина; 2 – дроссельный вентиль; 3 – горячая зона; 4 – сопло; 5 – холодная зона; 6 – диафрагма

Для разделения подогретой и охлажденной частей потока служат диафрагма 6, через которую к потребителю идет охлажденный воздух, а также крестовина 1 с дроссельным вентилем 2, через которые осуществляется отвод нагретой части воздуха. Для каждого диаметра трубы существует свой оптимальный размер проходного сечения трубы, при котором обеспечивается максимальный перепад температур холодной и горячей частей потока. Кроме того, значения температур разделенных частей потока зависят от температуры и давления сжатого воздуха перед соплом. В адиабатных, неохлаждаемых трубках, наибольший эффект получается при величине доли холодного потока в пределах  $\frac{G_x}{G_\Sigma} = 0,2 \dots 0,4$ . Если охлаждать горячий конец трубки, холодопроизводительность устройства возрастает. Для таких трубок величина  $\frac{G_x}{G_\Sigma} > 0,6$ . Теоретически в вихревых трубках можно получать холодный воздух с температурой до  $-50^\circ\text{C}$ , а горячий – с температурами, превышающими  $100^\circ\text{C}$ .

Для усиления эффекта понижения температуры холодный участок трубки теплоизолируется, а сжатый в компрессоре и затем охлажденный воздух перед подачей в сопло пропускается через осушитель.

К положительным качествам вихревых трубок следует отнести их компактность, незначительную трудоемкость и простоту изготовления, а также надежность. При этом количество охлажденного воздуха может колебаться от тысячных долей кубометра до  $10 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Недостатком подобных установок является их повышенная шумность, а также объясняемая высокой долей необратимых потерь низкая энергетическая эффективность. Для ее оценки используется обычная формула холодильного коэффициента  $\xi = \frac{q_2}{l_c}$ , где под  $l_c$  подразумеваются затраты энергии на привод компрессора.

### 3.2.2. Циклы компрессорных воздушных холодильных установок и кондиционеров

В компрессорных воздушных холодильных установках и кондиционерах в качестве рабочего тела используется воздух. Схема подобного устройства представлена на рис. 3.5, а процессы цикла – на рис.3.6.

Температура воздуха, поступающего из охлаждаемого объема (салон автомобиля или холодильная камера холодильника) 1 в цилиндр компрессора 2, поднимается в результате адиабатного сжатия (процесс 1-2) выше температуры  $T_3$  окружающей среды. При протекании воздуха по трубкам теплообменника 3 его температура при неизменном давлении понижается – теоретически до температуры окружающей среды  $T_3$ .

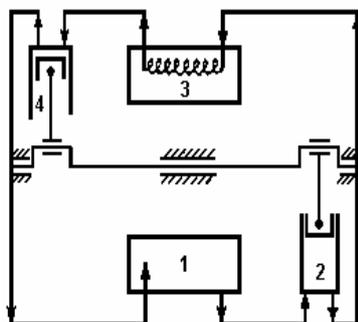


Рис. 3.5. Схема воздушной холодильной установки (ВХУ): 1 – холодильная камера; 2 – компрессор; 3 – теплообменник; 4 – расширительный цилиндр (детандер)

В результате удельный объем воздуха достигает своего минимального значения  $v_3$ , и воздух перетекает в расширительный ци-

линдр – **детандер 4**. В детандере вследствие адиабатного расширения (процесс **3-4**) с совершением полезной работы, эквивалентной затемненной площадке **3-5-6-4-3**, температура воздуха опускается ниже температуры охлаждаемого объема. В результате теплообмена температура воздуха при постоянном давлении (изобара **4-1**) поднимается до своего исходного значения (точка **1**). При этом от охлаждаемого объема к циркулирующему в системе воздуху подводится  $q_2$  Дж/кг теплоты.

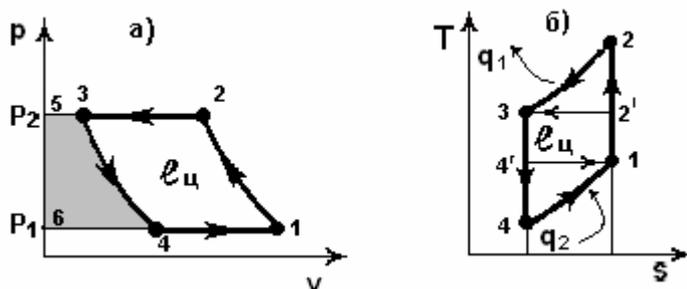


Рис. 3.6. Цикл ВХУ

Холодильный коэффициент компрессорной воздушной холодильной установки определяется выражением

$$\xi_{\text{КВУ}} = \frac{1}{\frac{T_2}{T_1} - 1} = \frac{T_1}{T_2 - T_1}. \quad (3.1)$$

Если бы подвод и отвод теплоты осуществлялись при неизменных температурах нижнего и верхнего источника теплоты, то в пределе можно было бы представить цикл обратимым. Это был бы обратный цикл Карно (**1-2'-3-4'-1** на рис. 3.6, б). Как следует из графика (рис. 3.6, б), его холодильный коэффициент существенно превосходит значение холодильного коэффициента рассмотренного цикла компрессорной воздушной холодильной установки в связи большим количеством теплоты  $q_2$  при меньших затратах энергии на привод установки (пл. 1-2'-3-4'-1).

Помимо невысокой эффективности цикла компрессорной воздушной холодильной установки ей свойственен и еще один недостаток – большие габариты.

В современных установках вместо поршневых машин используют машины центробежные. В связи с относительно большими габаритами и низкой эффективностью подобные установки на лег-

ковых автомобилях практически не применяются, однако подобный принцип кондиционирования нашел применение в авиации.

Схема компрессорного воздушного кондиционера фирмы «Ровак» приведена на рис. 3.7.

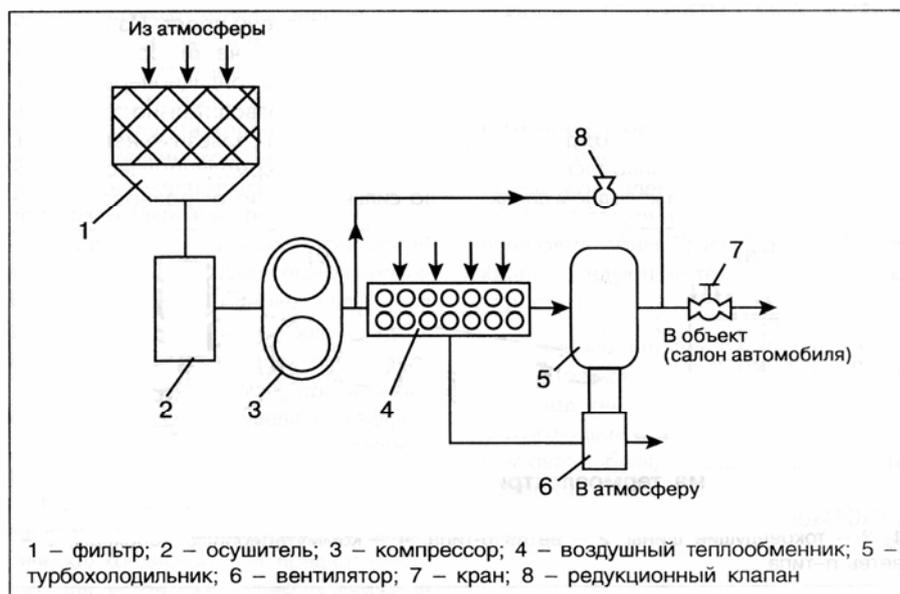


Рис. 3.7. Схема кондиционера фирмы «Ровак»

Прошедший через фильтр 1 и осушитель 2 воздух сжимается в компрессоре 3, в результате чего его давление и температура повышаются. В теплообменнике 4 температура воздуха понижается. Затем воздух поступает в турбодетандер 5, где он расширяется с совершением работы. Вырабатываемая при этом энергия используется для привода вентилятора, обеспечивающего прохождение воздуха окружающей среды через теплообменник 4. Охлажденный в результате расширения в турбодетандере воздух смешивается в необходимых пропорциях с выходящим из компрессора 3 теплым воздухом и подается в салон автомобиля.

### 3.2.3. Парокомпрессорные кондиционеры и холодильные установки

В парокомпрессорных установках (ПУ) в качестве рабочего тела используются легкокипящие жидкости (табл.3.1), что позволяет реализовать процессы подвода и отвода теплоты по изотермам.

Для этого используются процессы кипения и конденсации рабочего тела (*хладагента*) при постоянных значениях давлений.

Таблица. 3.1  
Физические параметры хладагентов.

| Хладагент  | $T_{\text{кипения}}$ при давлении 0,1МПа, °С | Критическая температура, °С | $T_{\text{замерзания}}$ , °С | Скрытая теплота парообразования при $t_{\text{кипения}}$ , кДж/кг |
|--|--|-----------------------------|------------------------------|---|
| Аммиак (NH <sub>3</sub> )                        | -33,7  | 132,4                       | -77,7                        | 1370  |
| Фреон R-12 (CCl <sub>2</sub> F <sub>2</sub> )    | -30,6  | 111,5                       | -155,0                       | 162,0   |
| Фреон R-22 (CHF <sub>2</sub> Cl)                 | - 40,75                                      | 96,0                        | -<br>160,0                   | 233,5   |
| Фреон R-134a (CF <sub>3</sub> CFH <sub>2</sub> ) | -26,1  | 101,1                       | -<br>101,0                   | 217,1   |

В XX веке в качестве хладагентов широко использовались различные фреоны. Однако большинство фторхлоруглеродов вызывает активное разрушение озонового слоя, в связи с чем в настоящее время их применение ограничено, и в качестве основного хладагента используется R-134A (создан в 1992 году на основе этана). Его термодинамические свойства близки к таковым фреона R-12. У обоих хладагентов несущественно отличаются молекулярные массы, теплота парообразования и температура кипения, но – в отличие от R12 – хладагент R-134A не агрессивен по отношению к озоновому слою Земли.

В парокompрессорной холодильной установке понижение давления и температуры осуществляется дросселированием хладагента при его протекании через редукционный вентиль **4** (рис. 3.8, а), проходное сечение которого может изменяться.

Хладагент из охлаждаемого объема **1** поступает в компрессор **2**, в котором адиабатно сжимается процессом **1-2** (рис. 3.8, б). Образующийся при этом сухой насыщенный пар подается затем в конденсатор, где конденсируется при постоянных значениях давления и температуры процессом **2-3**. Образовавшийся конденсат дроссе-

лируется в редукционном венти́ле **4** (процесс **3-4**) при неизменном значении энтальпии ( $h_3 = h_4$ ). Полученный в результате процесса влажный насыщенный пар небольшой степени сухости попадает в теплообменник охлаждаемого объема, где при постоянных значениях давления и температуры испаряется за счет теплоты, отбираемой от охлаждаемого воздуха или от находящихся в холодильнике продуктов – этому процессу соответствует линия **4-1**.

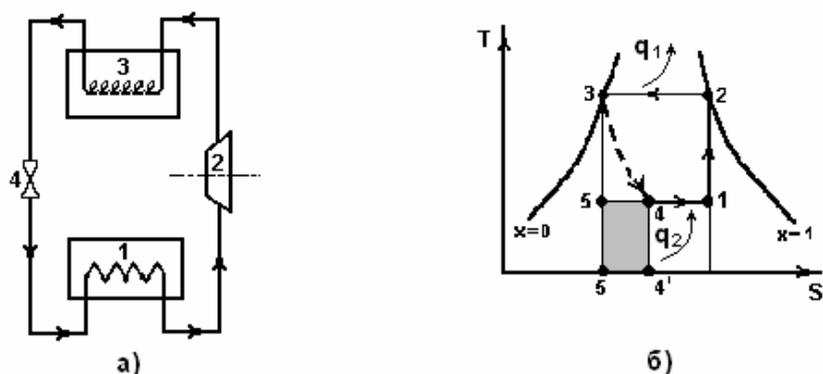


Рис. 3.8. Принципиальная схема (а) и идеализированный цикл (б) парокompрессорной холодильной установки

В результате «подсушивания» степень сухости хладагента возрастает. Использование в ПУ легкокипящих жидкостей в качестве рабочего тела позволяет приблизиться к обратному циклу Карно.

Вместо поршневых компрессоров в холодильниках в настоящее время в основном используются компрессоры лопаточные. В кондиционерах могут использоваться различные типы компрессоров. О существенно большей экономичности парокompрессорных установок в сравнении с установками воздушными свидетельствует и тот факт, что отношение холодильных коэффициентов парокompрессорной установки и обратного цикла Карно  $\xi_{ПК} / \xi_K$  оказывается достаточно высоким и достигает 0,85.

В реальных парокompрессорных установках из теплообменника-испарителя холодильной камеры в компрессор поступает не влажный, а сухой или даже перегретый пар. Это увеличивает величину отводимой теплоты  $q_2$ , уменьшает интенсивность теплообмена хладагента со стенками цилиндра, а также улучшает условия смаз-

ки поршневой группы компрессора (см. гл.4). В подобном цикле в конденсаторе имеет место некоторое переохлаждение рабочего тела.

Поскольку на автомобильном транспорте наибольшее распространение нашли именно парокompрессорные кондиционеры, остановимся на их устройстве несколько подробнее.

#### 4. АВТОМОБИЛЬНЫЕ ПАРОКОМПРЕССОРНЫЕ КОНДИЦИОНЕРЫ

Среди всех перечисленных выше типов автомобильных кондиционеров в настоящее время наибольшее распространение нашли экономичные парокompрессорные кондиционеры.

Как известно из курса теплопередачи, теплообмен протекает более интенсивно при больших перепадах температур, поэтому процессы подвода теплоты от охлаждаемого объема и отвода теплоты к окружающей среде целесообразно организовать таким образом, чтобы в процессе теплообмена рабочее тело не изменяло свою температуру, а теплоперепад неизменно оставался достаточно высоким. Поэтому использование в качестве хладагента легкокипящих жидкостей позволяет осуществлять в кондиционерах подвод и отвод теплоты по изотермам, что дает возможность сохранять практически постоянной величину теплоперепада  $\Delta T$  и повышает эффективность соответствующих обратных циклов.

В процессе изотермического испарения при низких значениях давления (около 2-х бар) и близких к нулю (порядка  $-2^{\circ}\text{C}$ ) температурах рабочего тела к нему подводится теплота от охлаждаемого в жаркую погоду воздуха. В результате температура продуваемого через испаритель воздуха понижается, и он подается в салон автомобиля (рис. 4.1). Затем испарившийся хладагент поступает в компрессор. Здесь в результате быстрого (в пределах – адиабатного) сжатия давление хладагента повышается более чем до 15 бар, что соответствует температуре кипения/конденсации около  $80^{\circ}\text{C}$ , то есть температуре, заведомо превышающей температуру окружающего воздуха в самую жаркую погоду.

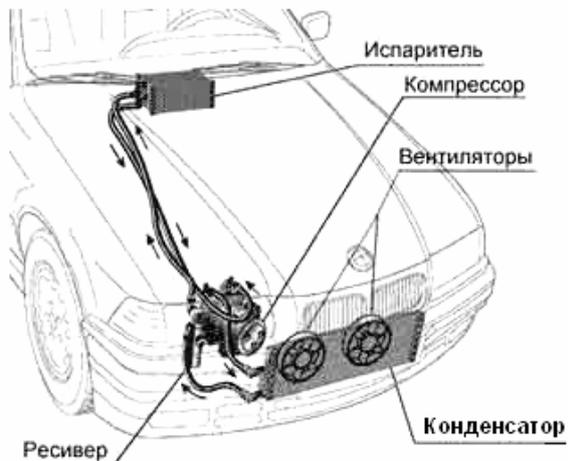


Рис. 4.1. Схема парокompрессорного кондиционера

Когда горячие пары хладагента перемещаются через конденсатор, то в нем при постоянном давлении и постоянной температуре они переходят в жидкое состояние, отдавая теплоту обдуваемому конденсатором воздуху из окружающей среды. В конденсаторе происходит и некоторое переохлаждение хладагента – его температура опускается ниже температуры насыщения, соответствующей давлению в конденсаторе.

Жидкий хладагент пропускается через местное сужение (на рис. не показано), в котором при постоянном значении энтальпии происходит его дросселирование с понижением давления и температуры. Образовавшийся в результате дросселирования влажный насыщенный пар небольшой степени сухости вновь поступает в испаритель и таким образом цикл замыкается.

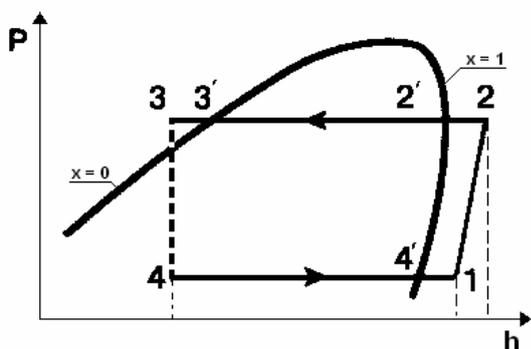


Рис. 4.2.  $hp$  – диаграмма парокompрессорного кондиционера

В координатах  $hp$  (рис. 4.2) линия 1-2 соответствует процессу сжатия рабочего тела в конденсаторе. Линия 2-3 – протекающим в конденсаторе процессам:

- 2-2' – изобарному охлаждению хладагента до температуры конденсации,
- 2'-3' – изобарно-изотермной конденсации паров хладагента,
- 3'-2 – изобарному переохлаждению хладагента ниже температуры конденсации при давлении насыщения.

Процесс 3-4 соответствует необратимому изоэнтальпному дросселированию жидкости с получением влажного насыщенного пара (точка 4). В изобарно-изотермном процессе испарения 4-4' происходит «подсушивание» пара, и в изобарном процессе 4'-1 – его перегрев.

#### 4.1. Основные схемы парокomppressorных кондиционеров

В качестве базовых на автомобильных кондиционерах используют две основные схемы – с терморегулирующим вентилем (ТРВ) (рис. 4.3, а) и с расширительной (капиллярной) трубкой (рис. 4.3, б).

В любом парокomppressorном кондиционере можно выделить сторону высокого и сторону низкого давления. Сторона высокого давления начинается с выхода хладагента из компрессора 1 и завершается входом в дросселирующее устройство 4. На стороне высокого давления находится конденсатор 2.

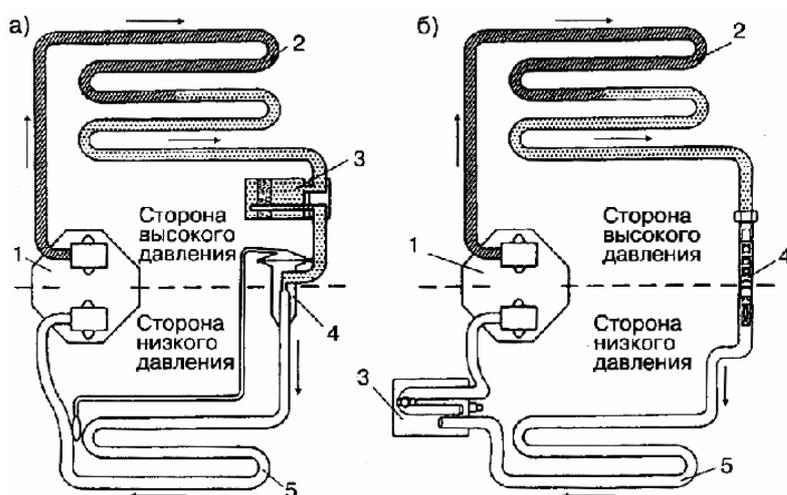


Рис. 4.3. Основные схемы парокomppressorных кондиционеров:

- а) с терморегулирующим вентилем,
- б) с расширительной (капиллярной) трубкой

Соответственно сторона низкого давления начинается с выхода из дросселирующего устройства 4 и завершается входом в компрессор 1. На стороне низкого давления всегда находятся испаритель 2 и – в схемах с терморегулирующим вентилем – ресивер-осушитель 3.

На стороне высокого давления располагается конденсатор 5 (в схемах с расширительной трубкой) и аккумулятор 3. Разделение на стороны высокого и низкого давления проходит по компрессору 1 и дросселирующему элементу 4 (терморегулирующий вентиль или капиллярная (расширительная) трубка).

## 4.2. Основные детали и агрегаты парокомпрессорных кондиционеров

### 4.2.1. Конденсатор

Обычно по направлению движения автомобиля на первом месте в подкапотном пространстве располагается конденсатор. Являющийся частью стороны высокого давления, обдуваемый вентилятором и набегающим в движении потоком воздуха, конденсатор представляет собой теплообменник (обычно – с перекрестным током теплоносителей), предназначенный для отвода выделяющейся при конденсации теплоты от превращающихся в жидкость паров хладагента. Его конструкция подобна конструкции радиатора системы охлаждения, и размещается он обычно перед радиатором (рис. 4.4).

Для обеспечения эффективного теплообмена конденсатор должен иметь минимальные гидравлические сопротивления, развитые поверхности и низкие термические сопротивления теплопередачи от хладагента к охлаждающему конденсатор воздуху. Кроме того, конденсатор должен быть легким и занимать под капотом как можно меньше места. В настоящее время широкое распространение нашли конденсаторы с плоскоовальными трубками и двумя коллекторами.

Проходя по трубкам, перегретый пар, поступающий в верхнюю часть конденсатора из компрессора, охлаждается до температуры насыщения (приблизительно до 50°C) и затем превращается в жидкость. В результате при работе кондиционера в обычных усло-

виях по высоте лишь нижняя его треть заполнена жидким хладагентом, в то время как выше находится влажный насыщенный, затем сухой и на входе – перегретый пар.

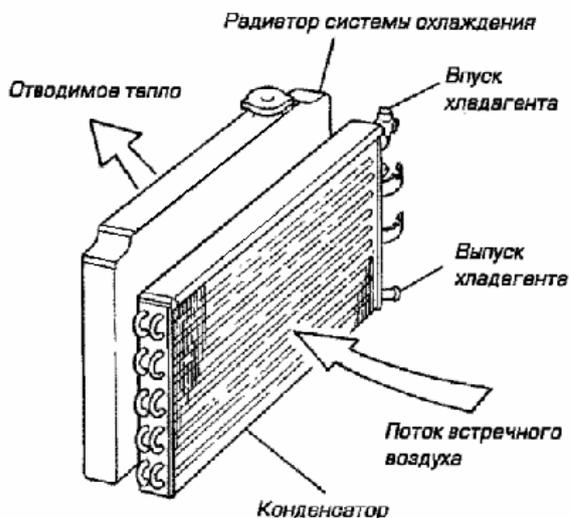


Рис. 4.4. Схема конденсатора

Учитывая высокое давление, под которым хладагент находится в конденсаторе, замена поврежденного конденсатора радиатором системы охлаждения абсолютно недопустима.

Для обеспечения прохождения через конденсатор необходимого количества воздуха большинство автомобильных систем кондиционирования оснащаются дополнительным вентилятором (или несколькими вентиляторами). Как правило, вентилятор кондиционера имеет электрический привод.

#### 4.2.2. Испаритель

Другим теплообменным аппаратом является расположенный на стороне низкого давления испаритель. Ввиду повышенной влажности у его поверхностей он размещается в герметичном кожухе. Испаритель располагают под панелью в салоне автомобиля. Это расположение определяет необходимость минимизировать его габариты.

В испаритель из дросселирующего устройства – ТРВ или расширительной трубки – поступает влажный насыщенный пар. Поверхности испарителя обдуваются воздухом, подаваемым вентилятором из подкапотного пространства или из салона автомобиля. В случае неизменного давления (оно составляет приблизительно 2 бара) процесс перехода жидкой фазы хладагента в паровую протекает в испарителе при постоянной температуре (около  $-1 \dots -2^{\circ}\text{C}$ ).

Для осуществления фазового перехода требуется теплота, которая отбирается от обдуваемого испарителя воздуха. В результате его температура понижается, и охлажденный воздух подается в салон автомобиля.

У испарителя имеется еще одна функция – понижение влажности кондиционируемого воздуха. Поскольку при неизменном влагосодержании воздуха понижение его температуры приводит к увеличению относительной влажности, после ее повышения до 100% начинается процесс конденсации, сопровождающийся выпадением жидкой фазы на охлажденные поверхности. Конденсирующаяся вода собирается в поддоне и затем стекает под автомобиль по дренажной трубке. Снижение влажности поступающего в салон воздуха делает условия езды не только более комфортными, но и более безопасными, поскольку предотвращает запотевание стекол.

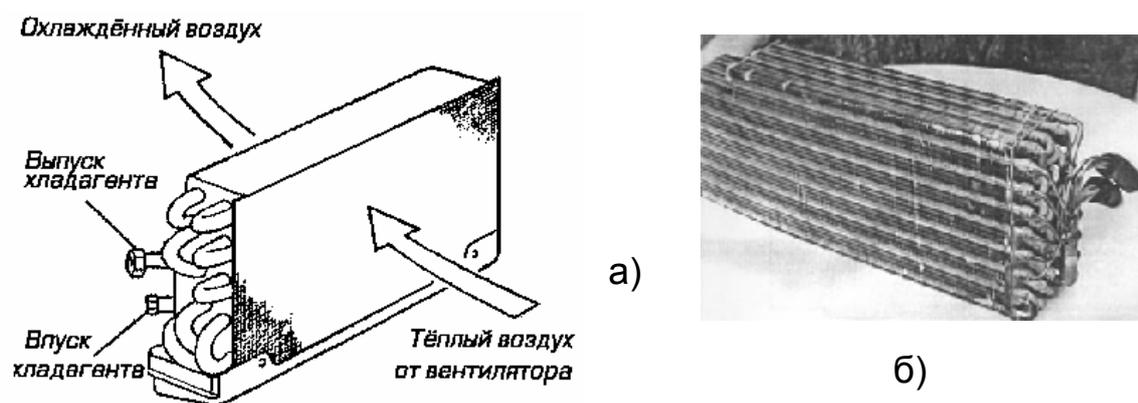


Рис. 4.5. Схема (а) и внешний вид (б) испарителя

В кондиционерах с ТРВ вся поступающая в испаритель жидкая фаза переходит в пар, который затем перегревается до положительных температур. В кондиционерах с капиллярной трубкой из испарителя выходит влажный насыщенный пар с высокой степенью сухости.

В любом случае количество поступающего в испаритель хладагента должно быть вполне определенным. Функции дозирования в парокompрессорных установках выполняют дросселирующие устройства. Пример испарителей, используемых в автомобильных кондиционерах, приведен на рис. 4.6 – 4.7.

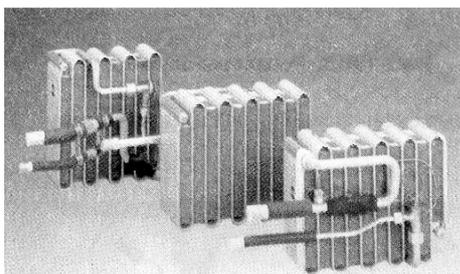
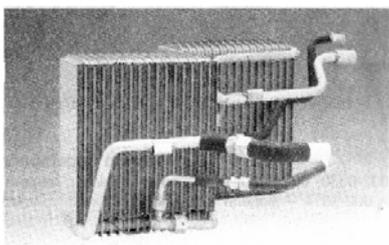


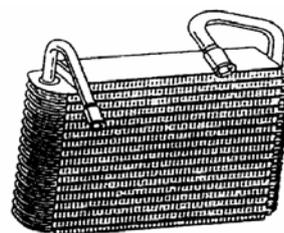
Рис. 4.6. Серпантинные испарители с гофрированным оребрением

Для того, чтобы теплообмен между охлаждаемым воздухом и поверхностью испарителя был эффективным, эта поверхность должна периодически очищаться. Кроме того, намерзание льда из конденсирующейся на поверхности испарителя влаги также существенно увеличивает термическое сопротивление и снижает интенсивность теплообмена.

В современных системах кондиционирования используются характеризующиеся высокими массогабаритными показателями алюминиевые пластинчатые испарители. Они бывают одно- и двухбачковыми. К преимуществам однобачковых кондиционеров можно отнести меньшую массу и объем, а потому и меньшие количества необходимого для заправки хладагента. При этом они характеризуются относительно большей эффективной поверхностью теплообмена.



а)



б)

Рис. 4.7. Одно– (а) и двухбачковые (б) пластинчатые испарители с гофрированным оребрением

#### 4.2.3. Вентиляторы системы кондиционирования

Эффективная работа кондиционера в значительной степени зависит от условий теплосъема с поверхностей конденсатора и испарителя. Так, для отвода теплоты, переносимой из салона автомобиля в окружающую среду, необходимо обеспечить теплоотдачу от

теплоносителя, переходящего в конденсаторе в жидкую фазу. В целях интенсификации этого процесса производится принудительный обдув поверхностей теплообменника воздухом, подаваемым одним или несколькими вентиляторами (см. рис. 4.1). В принципе, конденсатор может и не иметь собственного вентилятора, а использовать для обдува вентилятор системы охлаждения двигателя, однако в большинстве случаев он обдувается по крайней мере одним автономным вентилятором. В современных системах для привода вентиляторов используются электромоторы. На старых автомобилях вентилятор мог приводиться и от коленчатого вала двигателя.

В большинстве случаев вентиляторы работают постоянно, однако существуют модели автомобилей, в которых привод вентилятора осуществляется через вязкостную муфту, или его включение и выключение осуществляется по командам специальных реле.

Для обеспечения необходимой интенсивности теплообмена испаритель также оснащается вентилятором. Он имеет электропривод и всегда располагается в корпусе испарителя. Вентилятор продувает через испаритель воздух, поступающий в него из окружающей среды или же, в случае необходимости (при включении режима рециркуляции) – из салона. В результате теплообмена с поверхностями испарителя воздух охлаждается, после чего подается в салон. При этом на температуру охлажденного воздуха существенное влияние оказывает скорость обдува поверхностей теплообменника. При большей скорости возрастает значение коэффициента теплоотдачи, но в результате меньшего времени контакта с испарителем температура воздуха оказывается более высокой. Меньших значений температуры охлаждаемого воздуха можно добиться при снижении скорости обдува поверхностей испарителя.

#### 4.2.4. Дросселирующие элементы

**Терморегулирующий вентиль** предназначен для понижения давления и связанной с ним температуры кипения хладагента. Во избежание попадания жидкой фазы в компрессор ТРВ должен обеспечивать гарантированно полное испарение хладагента на всех эксплуатационных режимах работы кондиционера. Кроме того,

терморегулирующий клапан согласовывает расход хладагента через испаритель с изменяющимися условиями теплосъема (чтобы на поверхностях испарителя не образовывалась ледяная корка, с помощью ТРВ температура поверхностей всегда поддерживается несколько выше нулевой).

Изменяя в зависимости от режима работы кондиционера проходное сечение дросселирующей щели, ТРВ тем самым влияет на конечное давление и, следовательно, на температуру кипения и массовый расход протекающего через испаритель потока хладагента.

Терморегулирующие клапаны используются в системах кондиционирования с постоянно работающим компрессором. Обычно они устанавливаются в салоне на испарителе. Задачей ТРВ является обеспечение такого расхода хладагента через испаритель, при котором из него выходит перегретый пар при температуре 2 ... 9°C. В этом случае исключается переполнение испарителя жидкой фазы.

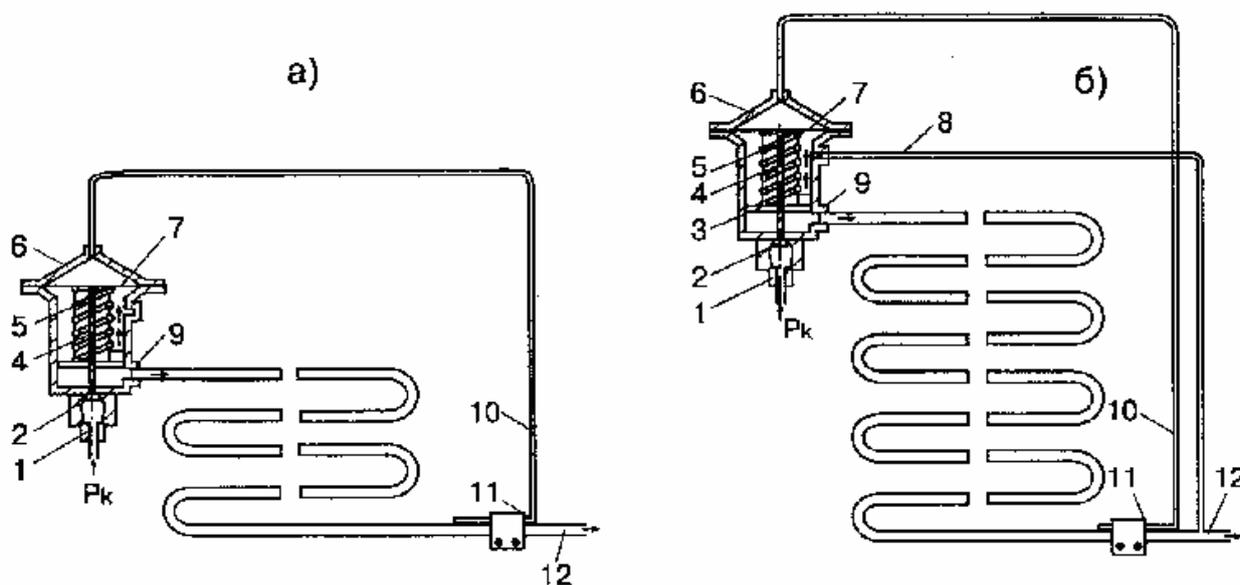


Рис. 4.8. Терморегулирующий клапан; а) с линией внутреннего управления и б) с линией внешнего управления:

1- штуцер входа жидкого хладагента; 2 – клапан вентиля; 3 – сальник штока; 4 – шток клапана; 5 – пружина; 6 – корпус мембраны; 7 – мембрана; 8 – линия внешнего управления; 9 – вход в испаритель; 10 – капилляр; 11 – термобаллон; 12 – всасывающий трубопровод

При незначительном теплосъеме переполнение объема испарителя жидкой фазой означает испарение слишком больших коли-

честв жидкой фазы и чрезмерное, приводящее к образованию ледяной корки, понижение температуры. А поскольку лед характеризуется невысоким коэффициентом теплопроводности, его появление увеличивает термическое сопротивление теплопередачи и существенно снижает эффективность работы кондиционера.

При высоком теплосъеме с поверхностей испарителя TRV увеличивает дросселирующее проходное сечение, обеспечивая тем самым поступление в испаритель большего количества хладагента и исключая повышенный перегрев образующегося пара. Благодаря этому в салон продолжает поступать охлажденный до требуемых температур воздух. На рис. 4.8 показаны основные схемы терморегулирующих клапанов.

Степень перегрева пара отслеживается термодатчиком 11, обычно представляющим собой спираль, подушечку или баллон, 11, заполненные хладагентом или иным веществом с высоким коэффициентом объемного расширения

В случае повышения температуры трубопровода на выходе из испарителя 12 увеличивающееся давление в баллоне (см. также рис. 4.9) по капилляру 10 передается в наддиафрагменное пространство и воздействует на диафрагму 7, через шток 4 связанную с клапаном TRV 2. Проходное сечение клапана увеличивается, и в испаритель поступает большее количество испаряющегося хладагента, что приводит к понижению температуры до необходимого значения.

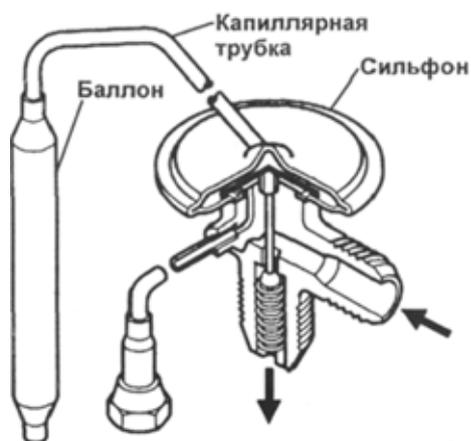


Рис. 4.9. Разрез терморегулирующего вентиля

Если же теплосъем уменьшается и температура трубопровода 12 понижается, под воздействием пружины 5 диафрагма 7 проги-

бается вверх, и масса поступающего в испаритель хладагента уменьшается, что приводит к требуемому повышению температур до необходимого значения. Разрез датчика показан на рис. 4.9, а примеры выполнения – на рис. 4.10.

С испарителями, имеющими высокое гидравлическое сопротивление, используются ТРВ с линией внешнего уравнивания (рис. 4.8 б). Наличие канала 12 позволяет в этом случае устранить перепад давлений на диафрагме.

Для нормальной работы ТРВ в месте контакта термобаллона с выходным трубопроводом испарителя необходимо обеспечить минимальные термические сопротивления. Поэтому для уменьшения влияния на работу ТРВ условий окружающей среды его изолируют от нее специальной лентой с низким коэффициентом теплопроводности.

В современных автомобильных кондиционерах широко применяются терморегулирующие клапаны блочного типа (так называемые «Н»-клапана) (рис. 4.10). В них впускной и выпускной трубопроводы объединены в общем узле, включающем в себя и все элементы, реагирующие на изменение температуры и давления. Это обстоятельство уменьшает влияние внешних факторов на ТРВ и делает его работу более стабильной.

**Капиллярная (расширительная) трубка**, как и ТРВ, предназначена для дросселирования потока жидкого хладагента и превращения его во влажный насыщенный пар. В отличие от ТРВ поперечное сечение ее дросселирующего отверстия при изменении условий работы кондиционера остается постоянным. Поскольку проходное сечение трубки не изменяется, на некоторых режимах работы на выходе из испарителя может оказаться некоторое количество жидкой фазы. Этим обстоятельством определяются и конструктивные особенности кондиционеров с расширительной трубкой. Температурный режим поддерживается в них путем включения и отключения компрессора, а между расширительной трубкой и входом в компрессор на стороне низкого давления всегда размещается специальная емкость – аккумулятор, предотвращающий возможное попадание в компрессор жидкой фазы.

Устройство капиллярной трубки показано на рис. 4.11. Она состоит из фильтров и калиброванного отверстия.

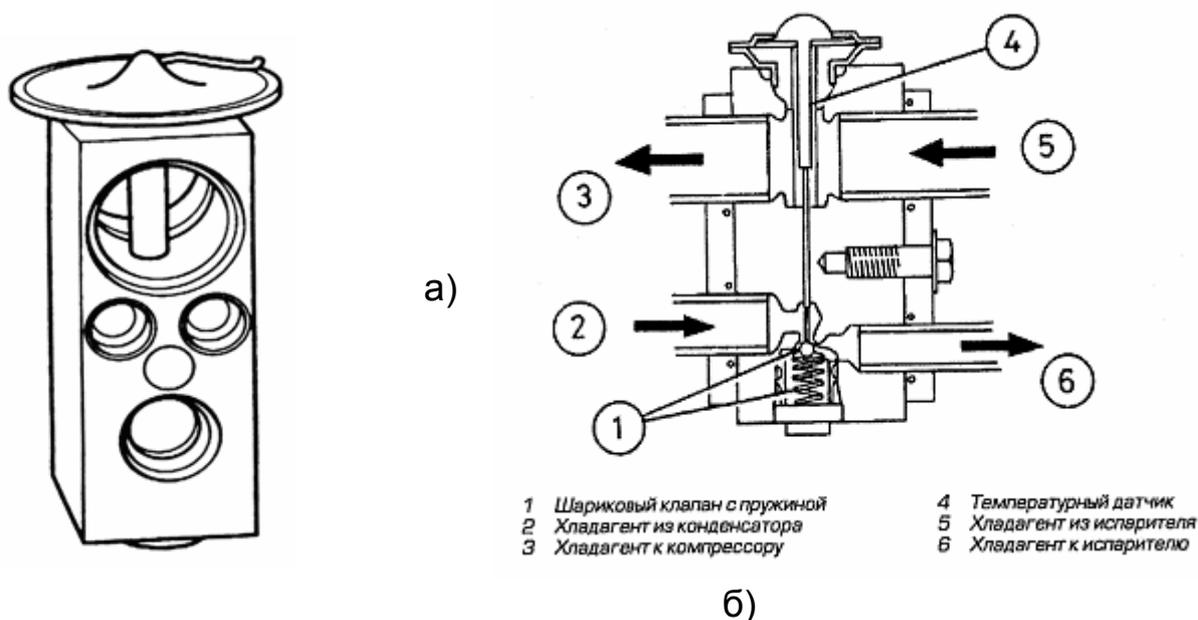


Рис. 4.10. Внешний вид (а) и разрез (б) TRV блочного типа («Н» - клапана)

Капиллярные трубки всегда окрашены в определенный цвет. Поскольку кондиционеры различных автомобилей оснащаются капиллярными трубками разных диаметров, при ремонте и замене трубки всегда необходимо устанавливать аналогичную снятой. Чтобы избежать ошибок, трубки одинаковых кондиционеров окрашены в один и тот же цвет.

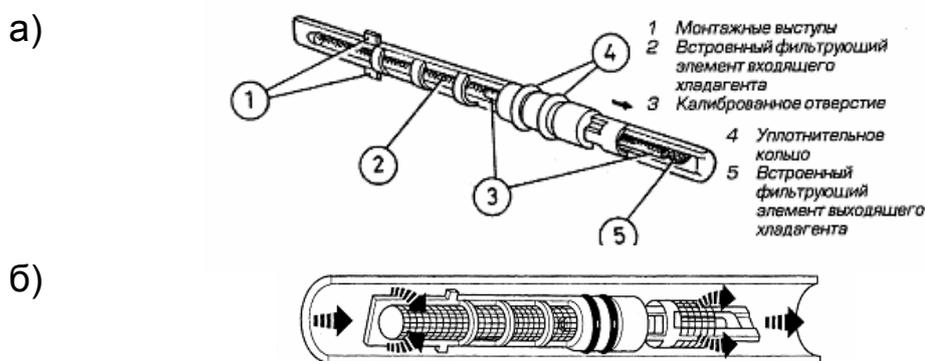


Рис. 4.11. Разрез (а) и схема (б) работы капиллярной трубки

В системах с капиллярной трубкой контроль за температурой испарителя осуществляется с помощью термореле или датчиков давления.

#### 4.2.5. Ресивер-осушитель и аккумулятор

Проходящий через конденсатор хладагент в системах с ТРВ поступает затем в **ресивер-осушитель**. Размещаемый на стороне высокого давления, он предназначен для очистки хладагента от механических включений и влаги. Вода, попавшая в контур системы кондиционирования воздуха, крайне опасна. При определенных условиях она способна прореагировать с хладагентом с образованием агрессивных по отношению к деталям кондиционера веществ. А при прохождении через ТРВ вода может замерзнуть, увеличивая гидравлическое сопротивление тракта или полностью перекрывая его. В результате существенно ухудшается работа кондиционера. В некоторых случаях появление ледяной пробки способно вызвать поломку компрессора. Кроме того, ресивер-осушитель аккумулирует в себе некоторое количество хладагента на режимах, когда его поступление в испаритель ограничивается температурными условиями.

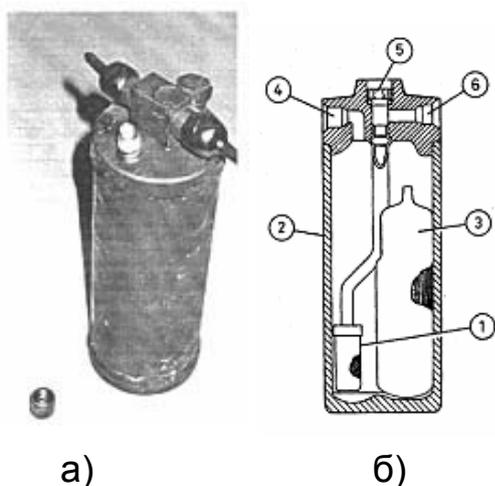


Рис. 4.12. Внешний вид (а) и разрез (б) ресивера-осушителя:

1 – фильтрующий элемент; 2 – корпус;  
3 – мешочек с влагопоглотителем; 4 –  
впуск хладагента; 5 – смотровое  
окошко; 6 – выпуск хладагента

Конструктивно ресивер-осушитель представляет собой штампованный из стали или алюминия объем (рис. 4.12). Внутри него находятся влагопоглотитель 3 и фильтрующий элемент 1. Влагопоглотитель представляет собой мешочек с адсорбентом (обычно – силикагелем, окисью алюминия, цеолитами) или же для удаления влаги используется так называемое молекулярное сито, поры которого не пропускают крупные молекулы масла и фреона. В системах с фреоном R-134 для удаления влаги используют цеолиты ХР-7 или ХР-9. В некоторых конструкциях ресиверов влагопоглотитель

можно заменять при обслуживании кондиционера. На каждом ресивере указывается материал влагопоглотителя и его масса. Смотровое окошко позволяет при работе системы приблизительно оценить количество находящегося в системе хладагента и его состояние.

На корпусе ресивера устанавливаются датчики давления. Иногда на нем устанавливаются предохранительные клапаны с легкоплавкой вставкой, выпускающие хладагент в атмосферу при достижении им температур выше 90°C.

Влагопоглотители крайне гигроскопичны. Поэтому, во избежание их насыщения атмосферной влагой, при установке нового ресивера-осушителя технологические заглушки удаляются непосредственно перед его подсоединением к системе.

В системах с капиллярной (расширительной) трубкой всегда имеется устанавливаемый на стороне низкого давления **аккумулятор**. Если ресивер-осушитель служит в основном для очистки поступающего в ТРВ хладагента, то назначение аккумулятора (рис. 4.13) сводится к предотвращению попадания в компрессор жидкого хладагента. Поступление в компрессор жидкой фазы может вызвать его поломку вследствие гидроудара.

В корпусе аккумулятора располагаются фильтрующий элемент 7, обратная паровая трубка 5 и предназначенный для удаления влаги мешочек 1 с гигроскопичным веществом. В качестве влагопоглотителя обычно используется силикагель с дополнительным молекулярным ситом. В некоторых системах предусмотрена возможность замены влагопоглощающего элемента при обслуживании.

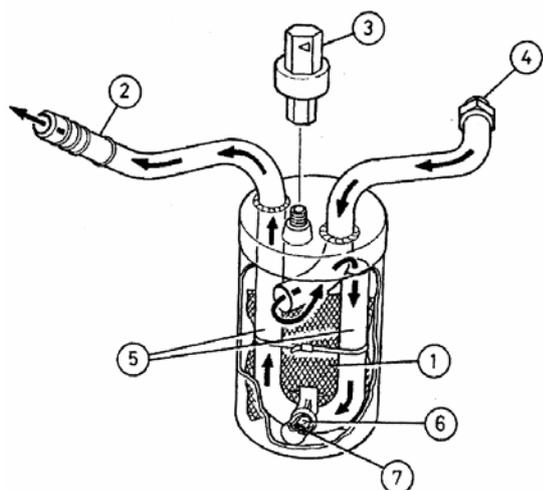


Рис. 4.13. Аккумулятор автомобильного кондиционера:  
1 – мешочек с гигроскопичным веществом; 2 – выпускной патрубок; 3 – выключатель (по давлению) муфты компрессора ; 4 – впускной патрубок; 5 – обратная паровая трубка; 6 – отверстие перепуска жидкости; 7 – фильтрующий элемент

Поскольку аккумулятор должен исключать попадание в компрессор жидкого фреона, его располагают в подкапотном пространстве в зоне с высокими температурами, что обеспечивает интенсивное испарение попадающей в аккумулятор жидкой фазы (температура кипения при давлении в магистрали низкого давления составляет приблизительно  $-30^{\circ}\text{C}$ ).

Замена ресивера-осушителя и аккумулятора рекомендуется приблизительно через 100 000 км пробега.

#### 4.2.6. Компрессор

В пароконпрессорных кондиционерах стороны высокого и низкого давления разделяются компрессором. Выпускное отверстие зачастую маркируется буквой D (от немецкого Druck – давление), а на впуске ставится буква S (немецкое saugen – всасывать). Кондиционер осуществляет циркуляцию хладагента по контуру кондиционера. При этом потребляемая им мощность составляет до 11 кВт (15 л.с.).

Привод компрессора осуществляется через электромагнитную муфту, связанную ремнем (клиновым или поликлиновым) со шкивом коленчатого вала двигателя. Вал компрессора вращается лишь в том случае, когда на электромагнитную муфту подается напряжение. В системах с компрессорами переменной производительности и с ТРВ муфта включена постоянно, а в системах с капиллярной трубкой она включается и выключается в зависимости от того, требуется ли работа системы кондиционирования для поддержания заданного температурного режима или нет.

В старых конструкциях соленоид был объединен с ведущим шкивом компрессора и вращался вместе с ним. На современных автомобилях муфта неподвижна. Как показано на рис. 4.14, она размещается за шкивом (в некоторых конструкциях соленоид может располагаться сбоку от шкива). При подаче питания на соленоид нажимной диск прижимается к ведущему шкиву, и кинематическая цепь замыкается – вал компрессора начинает вращаться, повышая давление хладагента и перекачивая его из испарителя в конденсатор.

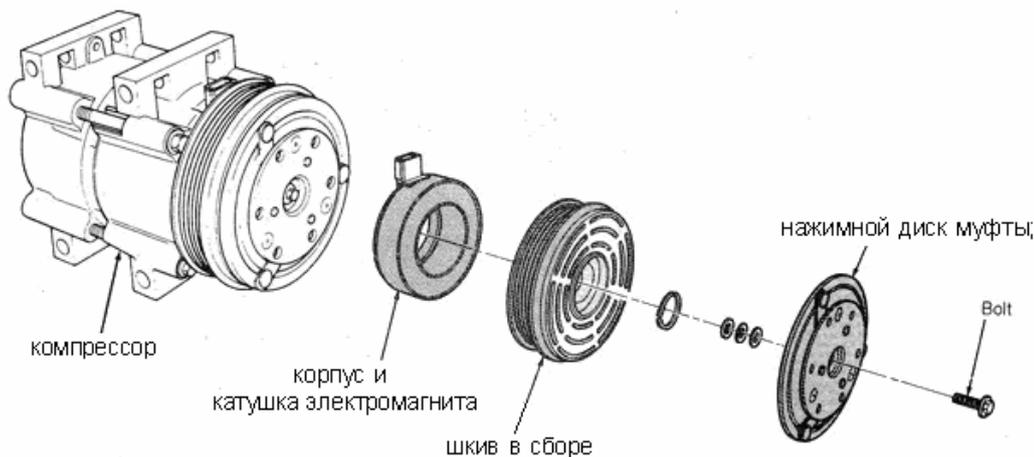


Рис. 4.14. Привод десятицилиндрового компрессора автомобиля Форд

**Поршневые компрессоры** в автомобильных системах кондиционирования нашли наибольшее распространение. Их цилиндры могут размещаться в ряд, оппозитно или V-образно. На рис. 4.15 показан разрез **кривошипно-шатунного поршневого компрессора**.

При движении поршня вниз происходит заполнение цилиндра паром хладагента, поступающим из испарителя системы. Пар должен быть перегретым, чтобы исключить возможность попадания в цилиндр несжимаемой жидкой фазы, что могло бы привести к поломке компрессора в результате гидроудара.

Теоретически производительность компрессора оценивается выражением:

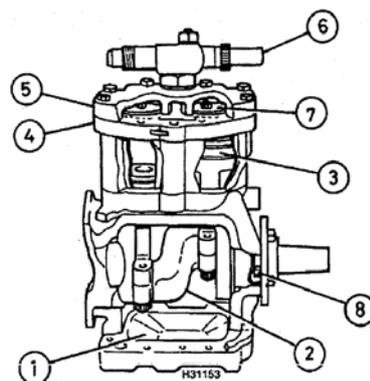
$$V = \frac{\pi D^2}{4} i S n,$$

где  $D$  – диаметр цилиндра,  $S$  – ход поршня,  $i$  – количество цилиндров и  $n$  – частота вращения.

В действительности производительность оказывается меньше, что учитывается коэффициентом подачи.

Вместе с хладагентом по контуру циркулирует и необходимое для смазки трущихся поверхностей смазочное масло.

Рис. 4.15. Поршневой компрессор: а) принцип действия, б) устройство двухцилиндрового компрессора: 1 – поддон; 2 – коленчатый вал; 3 – поршень; 4 – клапанная пластина; 5 – головка цилиндра; 6 – к сервисному клапану; 7 – клапана; 8 – уплотнения



При быстром сжатии паров во время перемещении поршня к ВМТ повышаются давление и температура паров хладагента (выше  $80^{\circ}\text{C}$ ). Как известно, с повышением давления увеличивается и соответствующее ему значение температуры насыщения (конденсации), однако она никогда не достигает температуры сжимаемого пара – процесс всегда сопровождается перегревом. В определенный момент, когда открывается рассчитанный на определенное давление выпускной пластинчатый клапан, начинается вытеснение сжатого перегретого пара из компрессора в конденсатор. Таким образом, сторона высокого давления начинается с выпускного клапана.

Будучи простыми в конструктивном отношении и весьма надежными в эксплуатации, кривошипно-шатунные поршневые компрессоры отличались, тем не менее, повышенной шумностью (ввиду неполного уравнивания) и значительными амплитудами колебаний давления в системе. В связи с этим на легковых автомобилях в настоящее время они практически не используются. Им на смену пришли **аксиальные поршневые компрессоры**. Их подразделяют на компрессоры: а) с наклонной шайбой (swash plate) и б) с качающейся шайбой (wobble plate).

**Аксиально-поршневые компрессоры с наклонной шайбой** надежны и компактны. Их работа характеризуется незначительными вибрациями и малой шумностью.

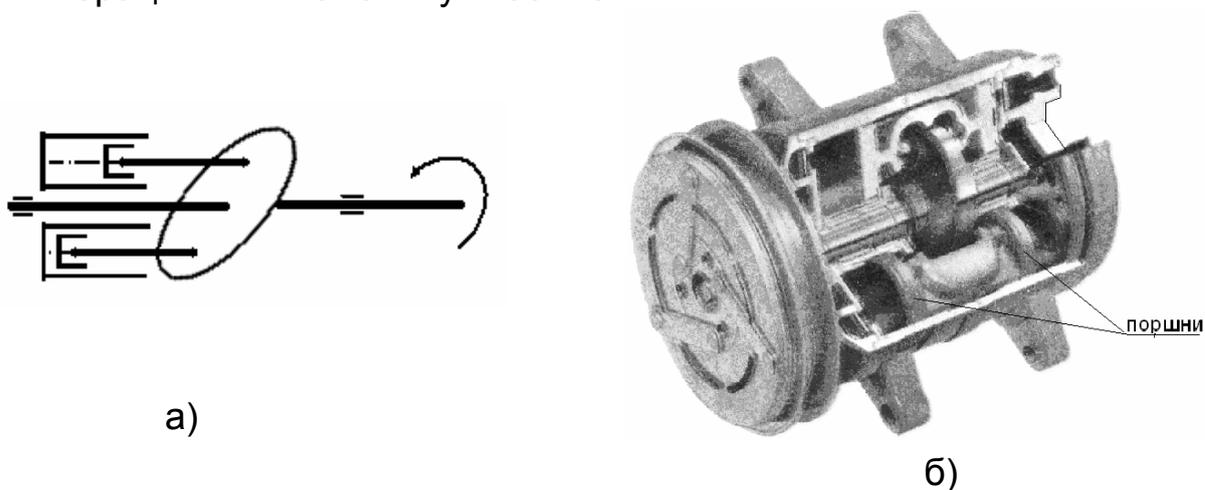


Рис. 4.16. Принцип действия (а) и разрез (б) аксиально-поршневого компрессора с наклонной шайбой

При вращении вала поршни перемещаются кривой шайбой вдоль оси компрессора. При подобной схеме активный ход поршней есть величина постоянная, и производительность компрессора определяется лишь частотой вращения вала с наклонной шайбой. Принцип действия и разрез такого компрессора показан на рис. 4.16. Компрессоры могут иметь 6, 8 или 10 цилиндров. Широко используются и компрессоры «двойного действия» с оппозитно расположенными поршнями.

Отличительной особенностью применяемых все чаще **аксиально-поршневых компрессоров с качающейся (косой) шайбой** является возможность изменения их производительности при неизменной частоте вращения вала. Указанное изменение производительности осуществляется за счет увеличения или уменьшения активного хода поршней путем изменения угла наклона кривой шайбы по отношению к оси вала. В компрессорах с качающейся шайбой этот наклон определяется соотношением давлений хладагента в контуре системы.

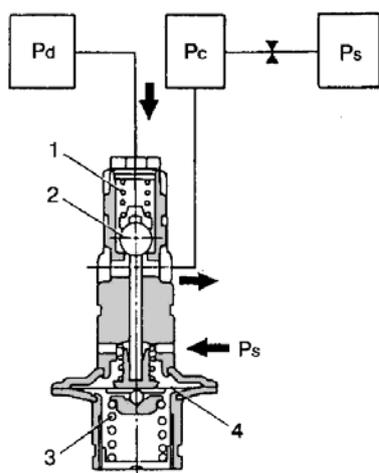


Рис. 4.17. Схема и принцип работы управляющего клапана компрессора 6CA17 (рис. 4.18 – 4.19)

В системах с подобным компрессором не приходится постоянно включать и выключать его для поддержания желаемой температуры, что всегда связано с изменением снимаемой с двигателя мощности. Муфта таких компрессоров включается при пуске двигателя и уже не отключается до окончания поездки. В результате повышается комфортность езды на автомобиле, что объясняется отсутствием резкого изменения нагрузки на двигатель.

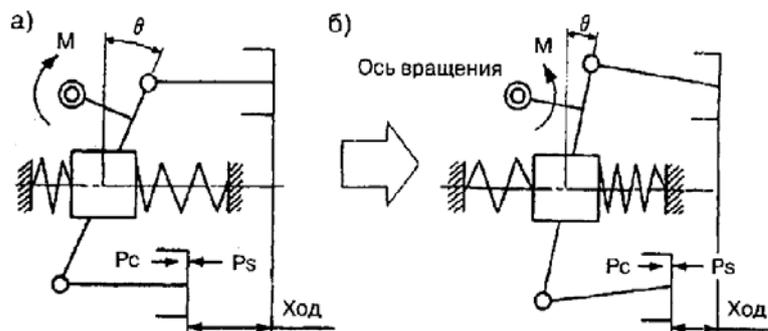


Рис. 4.18. Схема механизма изменения угла наклона кривой компрессора: а) угол, соответствующий максимальной подаче; б) снижение производительности компрессора путем уменьшения угла наклона кривой в связи с ростом  $p_c$

Изменения угла наклона кривой компрессора автоматически производится с помощью клапана управления (рис. 4.17) в зависимости от величины давления  $p_s$  на линии всасывания на входе в компрессор.

В случае уменьшения теплосъема с испарителя кондиционера TRV уменьшает проходное сечение дросселирующего сечения, и давление в испарителе падает. Соответственно уменьшается и давление  $p_s$  в ведущей к компрессору магистрали низкого давления. К аналогичному уменьшению  $p_s$  приводит также увеличение частоты вращения вала компрессора. Это объясняется подачей в испаритель слишком большого количества хладагента и вызываемого этим уменьшением степени перегрева пара.

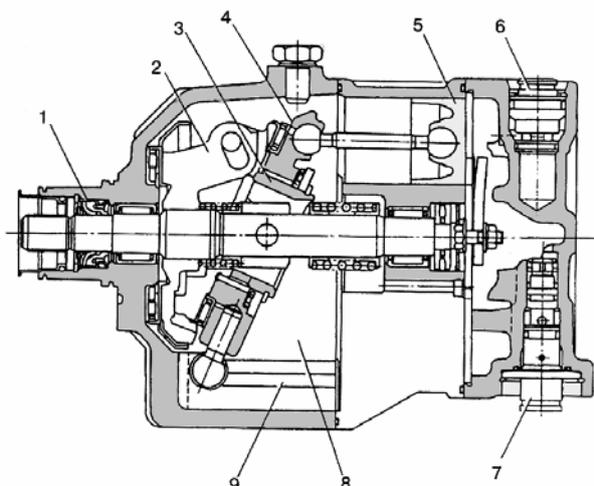


Рис. 4.19. Компрессор фирмы “Nippondenso” с переменной производительностью:  
 1 – сальник; 2 – опорная шайба; 3 – ведущая шайба;  
 4 – качающаяся шайба;  
 5 – поршень; 6 – вспомогательный клапан;  
 7 – клапан управления;  
 8 – картер; 9 – шток

При снижении величины  $p_s$  диафрагма 4 прогибается вверх и открывается клапан 2, что приводит к перетеканию в картер компрессора некоторого количества хладагента из линии высокого давления. В результате повышения

давления  $p_c$  в картере на качающейся шайбе создается крутящий момент  $M$  (рис. 4.18), приводящий к перемещению нижнего поршня вправо. Это уменьшает угол наклона шайбы и приводит к сокращению активного хода поршней – производительность компрессора падает.

Если теплосъем с испарителя увеличивается, то возрастает степень перегрева пара и растет температура выходного патрубка. Это имеет следствием увеличение терморегулирующим клапаном подачи хладагента, и давление  $p_s$  на входе в компрессор возрастает. Точно также и при уменьшении частоты вращения коленчатого вала двигателя в результате поступления в испаритель недостаточного количества хладагента возрастет давление  $p_s$  (при этом вследствие большего перегрева ТРВ увеличивает свое проходное сечение).

В результате роста  $p_s$  диафрагма 4 прогнется вверх и клапан 2 закроется, что приведет к понижению давления  $p_c$  в картере компрессора. Вследствие уменьшения крутящего момента  $M$  это вызовет увеличение угла наклона косой шайбы и соответствующее увеличение его производительности.

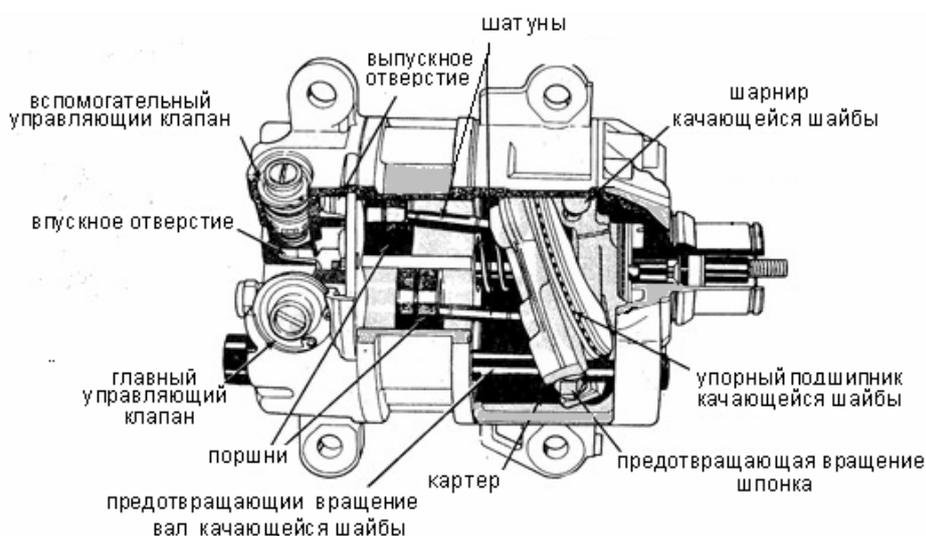


Рис. 4.20. Разрез компрессора с наклонной шайбой

Схематичный поперечный разрез компрессора 6CA17 показан на рис. 4.19, а разрез подобного компрессора в изометрии – на рис. 4.20. При уменьшении угла наклона косой шайбы производительность компрессора может изменяться от 100 до 11%.

Помимо поршневых компрессоров в системах кондиционирования нашли применение **компрессоры роторные**, обычно – **лопастные** и **пластинчатые**. Схема лопастного компрессора приведена на рис. 4.21.

В корпусе с тщательно обработанными внутренними поверхностями вращается эксцентрично расположенный ротор, в прорезях которого располагаются плоские пластины-лопасти. В связи с возникновением при вращении ротора центробежных сил отпадает необходимость в установке под лопасти каких-либо пружин.

В результате эксцентриситета при вращении ротора между пластинами образуются полости переменного объема, что позволяет организовать процессы впуска, сжатия и вытеснения компримированного пара в магистраль высокого давления. Уплотнение меняющих свой объем полостей достигается обильной смазкой мест их сопряжения с поверхностями корпуса.

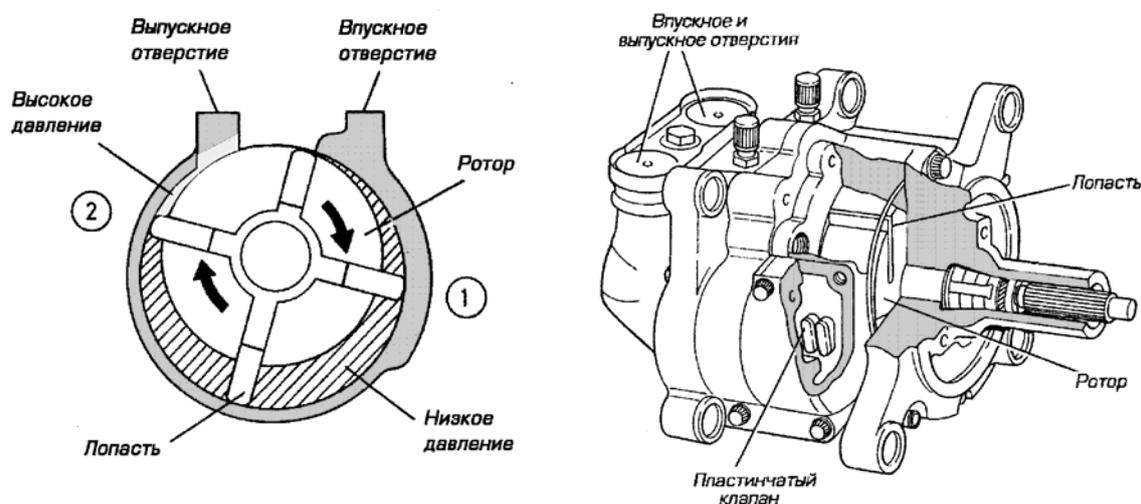


Рис. 4.21. Принцип действия и разрез лопастного компрессора

Впускное отверстие размещается в зоне, соответствующей увеличивающемуся объему полости, а выпускное – в зоне достижения полостями наименьшего объема. По достижении определенного давления открывается клапан 4, через который пар вытесняется в магистраль высокого давления. При этом позади линии контакта вращающегося ротора с поверхностью цилиндра происходит за-

полнение увеличивающегося объема «А» свежей порцией паров хладагента.

Определенное распространение нашли также пластинчатые компрессоры (рис. 4.22). При вращении в цилиндрическом корпусе 1 эксцентрично расположенного цилиндра 2 в полость А поступает порция паров хладагента. После перекачивания цилиндра 2 по пластине 3 и перекрытия им впускного патрубка объем поступившего в компрессор перегретого пара начинает уменьшаться (полость «Б»), и по достижении определенного давления открывается клапан 4, через который пар вытесняется в магистраль высокого давления. При этом позади линии контакта вращающегося ротора с поверхностью цилиндра происходит заполнение увеличивающегося объема «А» свежей порцией паров хладагента.

В связи с повышенными требованиями к точности обработки деталей ремонт пластинчатых компрессоров более сложен, чем ремонт компрессоров поршневых.

В последнее время в системах кондиционирования находят все большее распространение **спиральные компрессоры**, в которых поршневая группа заменяется спиральным узлом.

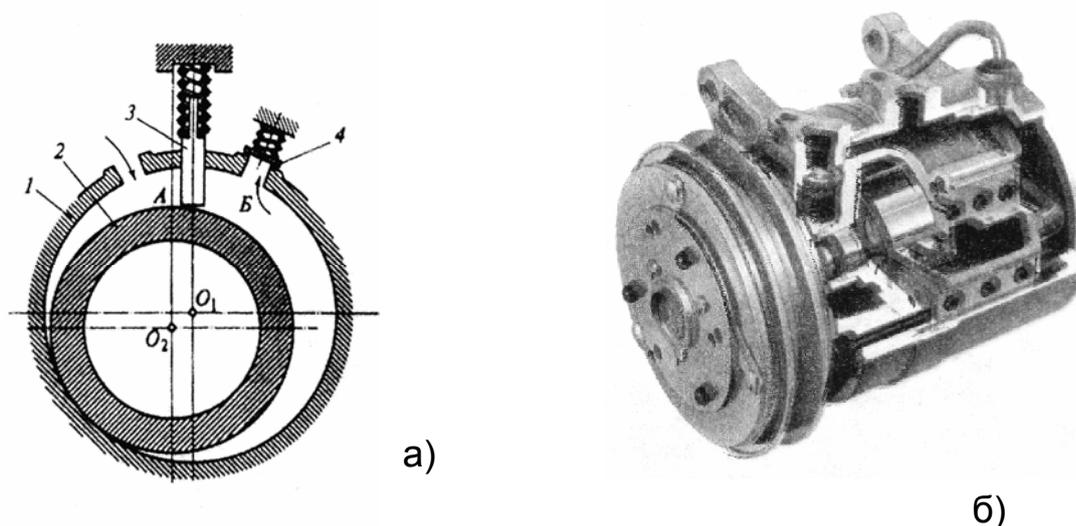


Рис. 4. 22. Принцип работы (а) и разрез (б) пластинчатого компрессора

Принцип действия спиральных компрессоров был предложен более 90 лет тому назад (запатентован французским инженером Леоном Круа в 1905 году), однако промышленное производство было налажено лишь в начале 80-х годов, когда фирма Sanden

разработала такой компрессор для автомобильной промышленности. Спиральные компрессоры предназначены для работы с озонобезопасными хладагентами.

Подвижная спираль компрессора (рис. 4.23) совершает орбитальное плоско – параллельное (без вращения) движение внутри неподвижной спирали, благодаря чему создается система серповидных объемов, заполненных газом. При этом центр подвижной спирали описывает окружность вокруг центра спирали неподвижной. По форме и размерам обе спирали абсолютно идентичны. Плоскопараллельное движение создается с помощью эксцентрикового вала и специального дополнительного устройства (например, системы из двух шпонок, скользящих во взаимно перпендикулярных пазах, так называемой муфты Олдхема), не позволяющего элементу проворачиваться в плоскости движения относительно центральной оси. При таком движении точки контакта перемещаются по профилю неподвижной спирали на  $360^\circ$  за один оборот эксцентрикового вала.

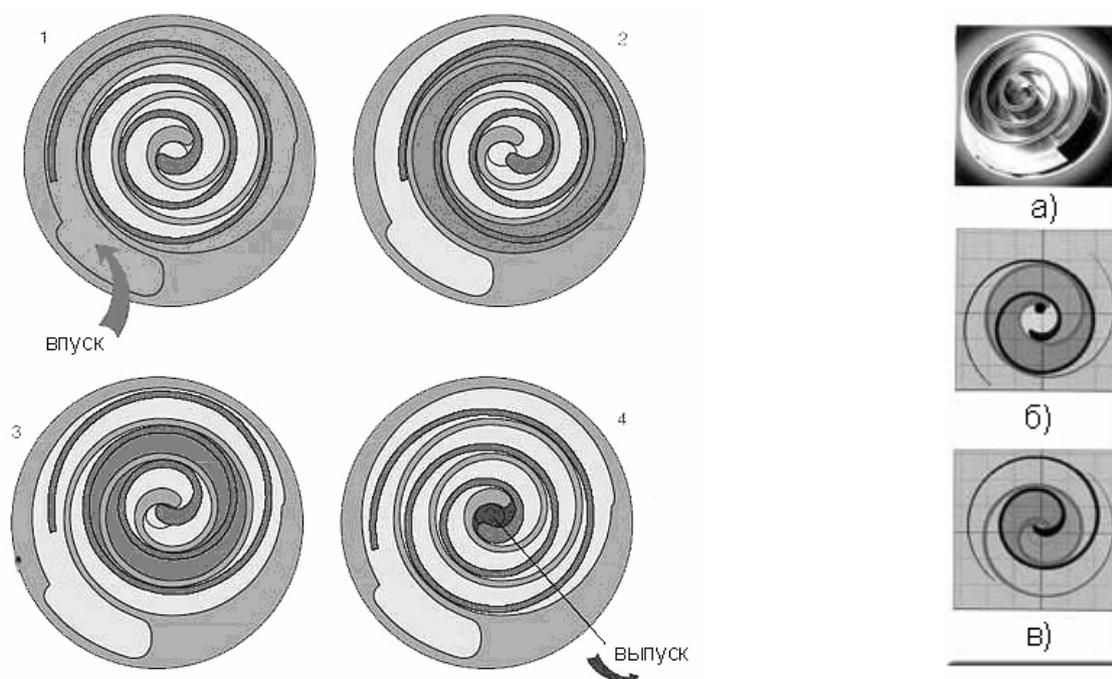


Рис. 4.23. Принцип действия спирального компрессора

При работе компрессора образованные спиральями серповидные объемы постепенно уменьшаются и перемещаются к центру.

Хладагент, захватываемый на периферии спиралью (позиция 1), сжимается порциями и перемещается к центру (позиции 2 ... 3). При этом его давление постепенно повышается. По достижении максимального давления хладагент через отверстие в неподвижной спирали (позиция 4) и обратный клапан поступает в магистраль высокого давления.

Максимальное сжатие имеет место после трех полных оборотов подвижного спирального элемента. При работе компрессора все три фазы – впуск, сжатие и вытеснение – протекают одновременно, поскольку на втором обороте в объем между спиральями входит очередная порция газа и, в то же время, уже сжатый газ вытесняется в магистраль высокого давления.

Неподвижная (а) и подвижная (б) спирали показаны на рис. 4.24.

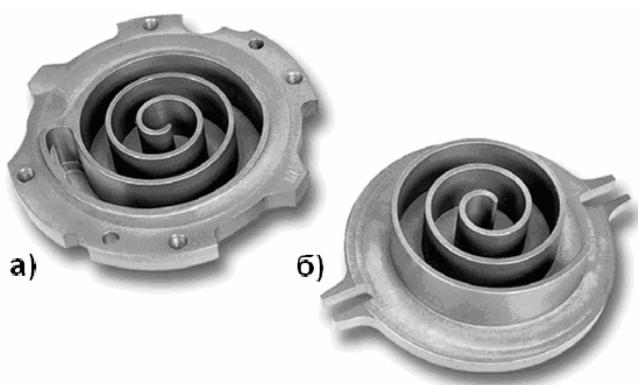


Рис. 4.24. Неподвижная (а) и подвижная (б) спирали компрессора

Взаимодействуя друг с другом, спирали имеют контакт при незначительных значениях давления, что позволяет минимизировать силу трения рабочих частей. В компрессорах «Performer» фирмы Danfoss используется механизм, обеспечивающий точное движение подвижной спирали без соприкосновения с неподвижной спиралью. Изготовление спиралей в этом случае предполагает микронные допуски (!), а уплотнение полостей с воздухом достигается за счет заполнения микронных зазоров пленкой масла. Это обстоятельство определяет долговечность компрессора, но вместе с тем и предъявляет жесткие требования к точности его изготовления.

К достоинствам спиральных компрессоров можно отнести:

➤ меньшее по сравнению с поршневым компрессором количество деталей (по крайней мере, наполовину),

- высокую надежность и устойчивость к перегрузкам,
- низкий уровень вибраций и шума,
- высокий коэффициент подачи (в связи с отсутствием объема «мертвого пространства»),
- нечувствительность к попаданию в зону сжатия механических примесей и жидкой фазы хладагента,
- компактность и малую массу, а также
- повышенную энергетическую эффективность.

Большое значение на эффективность работы компрессора оказывают утечки. В спиральных компрессорах утечки в осевом направлении обычно больше утечек радиальных (по торцам спиралей). Уплотнение спиралей в осевом направлении может достигаться пружинным элементом, вставляемым в верхнюю часть подвижной спирали.

Внешний вид и поперечный разрез спирального компрессора показаны на рис. 4.25.

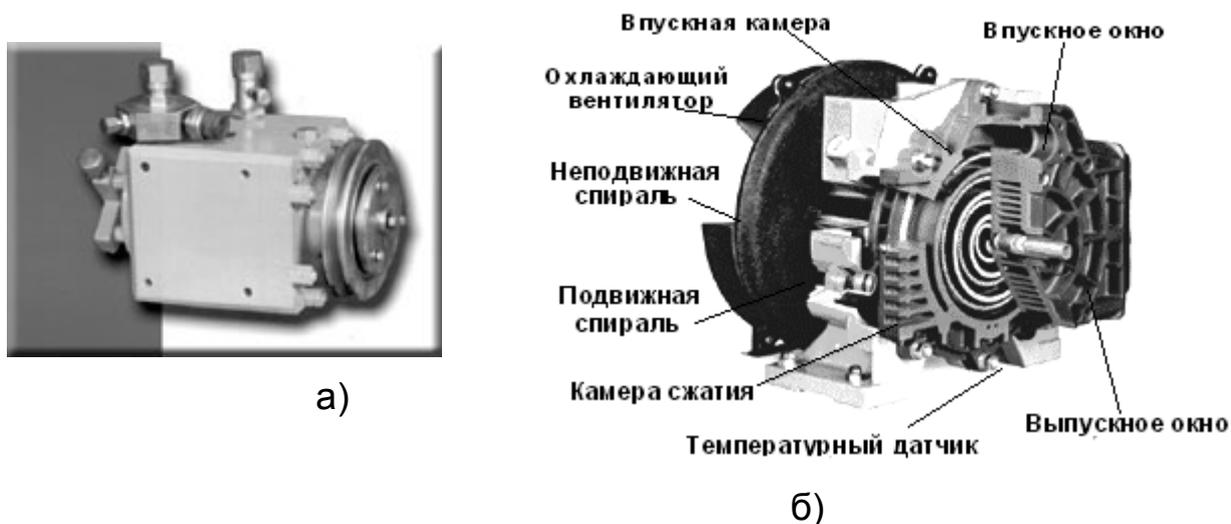


Рис. 4. 25. Внешний вид (а) и разрез (б) спирального компрессора

Еще одним достоинством спиральных компрессоров является практически почти полное отсутствие пульсаций в магистрали высокого давления, что объясняется постепенным сжатием паров хладагента в образуемых спиральями полостях.

К недостатком подобных компрессоров можно отнести повышенные требования к культуре их производства и невысокую ремонтпригодность. Вместе с тем, благодаря значительным преимуществам перед другими типами компрессоров, на рынке конди-

ционеров «удельный вес» компрессоров спиральных с каждым годом увеличивается.

## 5. ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОНДИЦИОНЕРОМ

Система кондиционирования работает при изменяющихся значениях параметров окружающей среды, при переменных режимах работы двигателя и при различных (задаваемых водителем или пассажирами) условиях кондиционирования воздуха. В связи с этим для согласования работы всех элементов кондиционера и достижения тем самым наибольшей эффективности его работы необходима некая система управления. Эта система должна отслеживать условия функционирования отдельных узлов и агрегатов и при необходимости вносить необходимые корректировки в их работу.

Как указывалось в предыдущем разделе, количество хладагента, прокачиваемого по контуру установки за единицу времени, может регулироваться ТРВ или капиллярной (расширительной) трубкой. Однако одного лишь изменения давлений в магистралях высокого и низкого давления оказывается недостаточным для оптимальной работы системы с минимальными затратами мощности на ее привод, а также для обеспечения надежного и безаварийного функционирования кондиционера.

В принципе, поддержание необходимой температуры в салоне автомобиля может производиться путем управления работой компрессора. В связи с этим все системы кондиционирования можно подразделить на постоянно включенные с переменной производительностью компрессора, и на работающие циклично, с компрессором, включающимся по мере необходимости. Переменная производительность поршневого компрессора с наклонной (косой) шайбой обеспечивается его управляющим клапаном (см. раздел 4.2.6).

Не следует полагать, что постоянно включенные компрессоры не имеют муфты сцепления. Она имеется во всех системах и обеспечивает выключение компрессора при отключении системы кондиционирования, а также служит для выключения компрессора в

целях безопасности при возникновении технической необходимости – в случае недопустимого повышения или понижения давления. В современных автомобилях с блоком электронного управления и относительно небольшой мощностью двигателя отключение компрессора может производиться, например, при маневрировании на малых частотах вращения коленчатого вала, при недопустимо высоких его оборотах, при полном открытии дроссельной заслонки (в целях получения максимальной мощности), а также и в некоторых иных случаях. Для этой цели предусматриваются отдельные датчики – полного открытия или закрытия дроссельной заслонки, уровня разрежения во впускном тракте, датчик усилителя тормозов и пр.

К числу основных элементов систем управления компрессором можно отнести реле по давлению (высокому и низкому), реле температуры окружающего воздуха и реле тройного действия. Различают реле давлений одинарного и двойного действия. Последние одновременно контролируют как низкое, так и высокое давление хладагента. В системах с капиллярной трубкой предусматривается циклический выключатель по давлению хладагента. Кроме того, в кондиционере может быть предусмотрен датчик перегрева, по сигналам которого происходит отключение компрессора.

Очень низкие температуры окружающей среды могут привести к поломке компрессора в связи с ухудшением условий его смазки. В связи с этим работа кондиционера имеет смысл лишь при вполне определенных условиях, и в автомобильных системах кондиционирования предусматривается выключатель, отключающий компрессор при слишком низких температурах окружающего воздуха. Выключатель обычно размещается перед решеткой радиатора, что позволяет более точно отслеживать температуру набегающего потока воздуха.

Слишком низкое давление хладагента в системе может быть следствием его утечек, а также переохлаждения хладагента или же образования в магистрали пробок, возникших вследствие засора. В свою очередь, переохлаждение хладагента может вызываться чрезмерным понижением давления в магистрали низкого давления.

Таким образом, понижение давления свидетельствует о возникновении нештатной ситуации. Чтобы при этом система кондиционирования не выходила из строя, датчик низкого давления отключает компрессор, предотвращая тем самым его поломку (в первую очередь – в результате ухудшения условий смазки). Если после отключения давление в системе вновь возрастает, компрессор включается опять.

В системах с терморегулирующим вентилем реле низкого давления обычно устанавливается на ресивере (см. рис. 4.13). В системах с капиллярной трубкой – на аккумуляторе (рис. 4.14).

При перегреве конденсатора, или же при образовании пробки в магистрали высокого давления компрессор также должен отключаться. В указанном случае срабатывает и обесточивает муфту компрессора специальный датчик высокого давления. Обычно он устанавливается на корпусе компрессора.

На рис. 5.1 показаны схемы двойного реле давления. В нем объединены реле высокого и низкого давления. В случае падения давления в системе ниже 0,206 МПа контакты А реле размыкаются под действием перемещающей направляющую 1 пружины 3. Точно также контакты Б размыкаются штифтом диафрагмы 2 в случае превышения величины давления 3,140 МПа. Таким образом, поддержание необходимого давления обеспечивается замыканием-размыканием последовательно соединенных контактов А и Б.

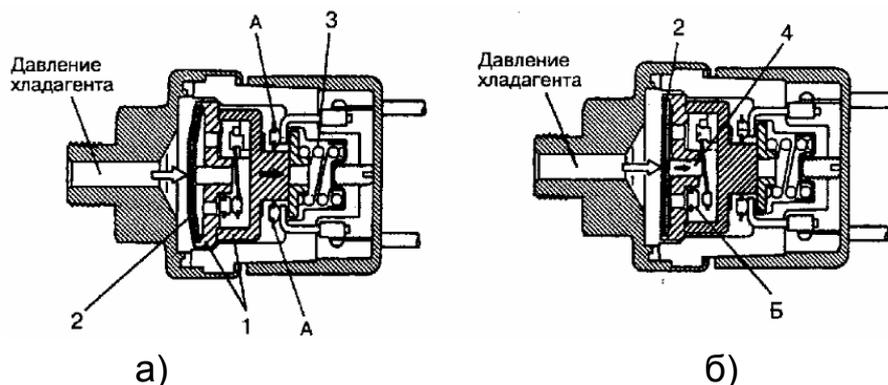


Рис. 5.1. Реле давления двойного действия:

А – контакты реле низкого давления; Б – контакты реле высокого давления; 1 – направляющая с контактами; 2 – металлическая диафрагма; 3 – пружина; 4 – штифт диафрагмы; а) включение реле низкого давления (при  $p \geq 0,206$  МПа); б) включение реле высокого давления (при  $p \geq 3,140$  МПа)

В корпусе реле тройного действия дополнительно устанавливаются контакты для управления вентилятором в зависимости от

давления хладагента. Диаграммы срабатывания реле давлений при управлении компрессором и вентилятором конденсатора показаны на рис. 5.2.

Реле низкого давления выключает компрессор при понижении давления ниже 0,196 МПа и включает его при давлениях выше 0,226 МПа.

Реле высокого давления выключает компрессор при давлениях более 3,14 МПа и вновь включает его при падении давления до 0,59 МПа.

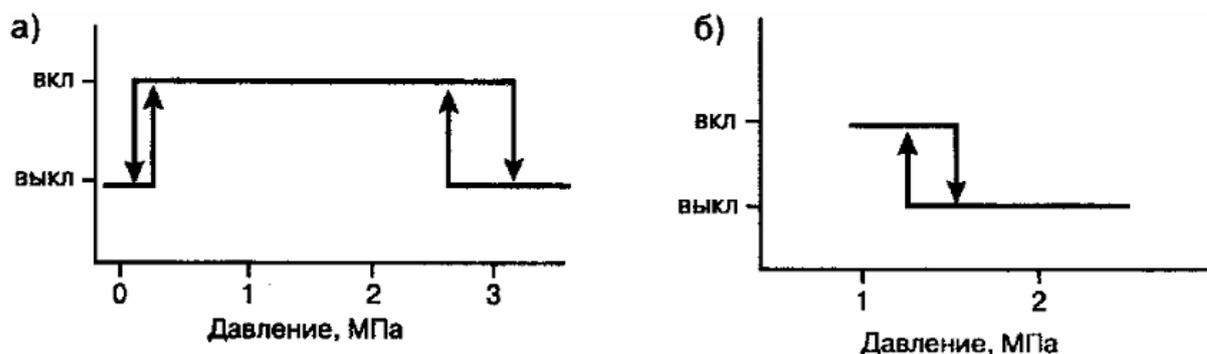


Рис. 5.2. Диаграмма срабатывания реле тройного действия:

- а) включение и выключение компрессора (по давлению);
- б) управление вентилятором конденсатора

Вентилятор конденсатора включается при давлениях выше 1,225 МПа и отключается при повышении давления выше 1,52 МПа, гарантируя тем самым оптимальный обдув, обеспечивающий необходимый теплосъем поверхностей теплообменника. Обычно реле управления вентилятором по давлению устанавливается при использовании компрессоров с переменной производительностью.

На некоторых автомобилях устанавливается центральный выключатель, при включении которого вентилятор функционирует при любых условиях работы системы.

На американских и некоторых моделях старых английских автомобилей с постоянно включенным компрессором используется регулирование температуры хладагента в испарителе. Для этой цели на выходе из испарителя устанавливается клапан-дроссель. Он поддерживает в испарителе определенное давление, чем обеспечивается и соответствующая этому давлению температура насыщения хладагента.

На автомобилях Крайслер применяется способ регулирования температуры в испарителе, аналогичный описанному. Однако давление в испарителе поддерживается клапаном, устанавливаемом непосредственно на входе в компрессор.

На некоторых автомобилях датчик низкого давления может заменяться контактным датчиком перегрева, связанным с плавким предохранителем. Датчик размещается на входе хладагента в компрессор. При превышении допустимого значения температуры хладагента контакты датчика замыкаются, в результате чего включенный в цепь муфты сцепления плавкий предохранитель перегорает, и кондиционер отключается вплоть до устранения неисправности и замены предохранителя.

На ряд систем устанавливаются термостатические выключатели, отключающие компрессор, если температура поверхностей испарителя выходит за определенные пределы. Иногда указанный температурный диапазон может изменяться пассажирами автомобиля.

В системах с капиллярными трубками температура поддерживается периодическим включением-выключением компрессора, которое обеспечивается циклическим выключателем. Поскольку температура хладагента в испарителе зависит от его давления, выключатель располагается на магистрали низкого давления и обеспечивает работу компрессора при колебаниях давления хладагента в определенном диапазоне. Кроме того, в случае экстремально низких температур окружающей среды давление в системе падает, и выключатель обесточивает муфту компрессора.

Существуют и иные клапаны и устройства, используемые для управления работой кондиционера. Их описание приводится в специальной литературе.

## 6. СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

На заре автомобилизации в жаркое время года проблема удушающей жары в салоне решалась путем создания открывающихся тем или иным способом стекол и различного типа форточек. Одна-

ко от морозов зимой приходилось спасаться в основном использованием теплого белья, одежды или меховых и шерстяных пологов.

В течение длительного времени отопление салона использовалось лишь на дорогах автомобилях или на автомобилях специального назначения. Так, на предназначенных для медицинских служб отечественных автомобилях ГАЗ-55 отсек для больных подогревался теплым воздухом, нагревавшимся в специальном кожухе вокруг выпускного трубопровода. Подобная система была далека от совершенства. Существенно более эффективной оказалась системы с подогревом воздуха, проходящего через небольшой радиатор отопителя, подключенного к контуру системы охлаждения. При этом подогретый воздух мог подаваться и в зону ветрового стекла, благодаря чему при езде оно оставалось чистым. Забор воздуха осуществлялся расположенным перед ветровым стеклом небольшим воздухозаборником с поднимающимся лючком.

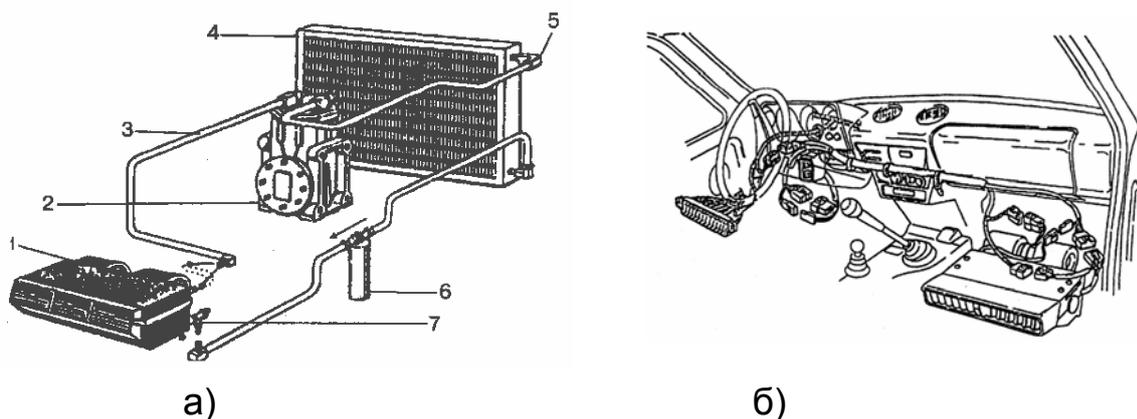


Рис. 6.1. Кондиционер подвесного типа (а) и установка блока охлаждения на автомобиле ВАЗ-2121 «Нива» (б):

- 1 – блок охлаждения воздуха; 2 – компрессор; 3 – магистраль низкого давления; 4 – конденсатор; 5 – магистраль высокого давления;
- 6 – ресивер-осушитель; 7 – ТРВ

Лишь существенно позже появились более удобные системы отопления и вентиляции, в которых температура подаваемого в салон воздуха регулировалась смешением проходящего через радиатор отопителя горячего воздуха с воздухом холодным. В подобных малоинерционных системах существенно снижалось гидравлическое сопротивление воздуху в режиме вентиляции, поскольку в этом случае он миновал радиатор отопителя. В подобных системах уже предусматривался и режим рециркуляции, при котором исключалась подача в салон воздуха из окружающей среды, и нагревал-

ся лишь циркулирующий по контуру воздух, поступающий в отопитель из салона.

Первые используемые на автомобилях кондиционеры устанавливались в них по заказу, а потому состояли из отдельных блоков, которые размещались там, где удавалось найти для них место. Такие кондиционеры назывались подвесными. Их конденсатор мог устанавливаться не только перед радиатором, но и на крыше. Так называемый блок охлаждения включал в себя испаритель с терморегулирующим вентилем, вентилятор с электродвигателем, решетки для изменения направления потока охлажденного воздуха и блок управления. Этот блок устанавливался внутри салона под приборной панелью или же на крыше. На представительских автомобилях блок обычно размещался в багажнике, поскольку он предназначался для подачи охлажденного воздуха в заднюю, отделенную стеклом от передней, часть салона.

Регулирование температуры производилось вручную, а для поддержания температуры использовался механический термостат, включавший и выключавший компрессор. Подобные кондиционеры были полностью обособлены от системы отопления и вентиляции. Пример подобной системы приведен на рис. 6.2.

Наличие отдельных вентиляторов в системах кондиционирования и вентиляции, а также отдельных воздуховодов и органов управления приводило к усложнению и удорожанию автомобиля, а потому оказалось логичным появление систем кондиционирования, совмещающих функции отопления, вентиляции и охлаждения подаваемого в салон воздуха. В этом случае появлялась возможность при конструировании автомобиля заблаговременно предусмотреть место для отдельных агрегатов и блоков универсальной системы.

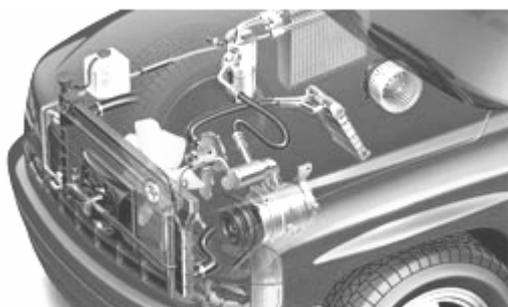


Рис. 6.2. Система кондиционирования

Так появились климатические системы, позволяющие с помощью соответствующей автоматики в любую погоду устанавливать и поддерживать желаемые значения

не только среднеинтегральных температур воздуха в салоне, но и организовывать подачу воздуха при различных температурах в отдельные зоны салона. В **моноблоке** системы объединяются вентилятор, отопитель, блок охлаждения, заслонки и жалюзи с приводными механизмами и фильтр очистки обрабатываемого воздуха. Климатическая система представляет собой единый агрегат, обеспечивающий как подогрев, так и охлаждение подаваемого в салон воздуха. Предусмотрены функции понижения влажности и фильтрация воздуха, обдува и устранения запотевания стекол. При необходимости система может также работать в режиме рециркуляции.

В результате обработки сигналов, поступающих от ряда датчиков как внутри салона, так и вне его, блок электронного управления подогревает либо охлаждает подаваемый в салон воздух. Значения желаемой температуры задаются с помощью расположенного на приборной панели контроллера. В зависимости от положения ряда заслонок, степени открытия жалюзи и скорости вращения вентилятора изменяются температура и скорость потока подаваемого в салон воздуха. При этом, прежде чем попасть на радиатор отопителя, весь воздух в режиме отопления проходит через матрицу испарителя, где при охлаждении теряет избыточную влагу, и только потом поступает в салон (рис. 6.3, а).

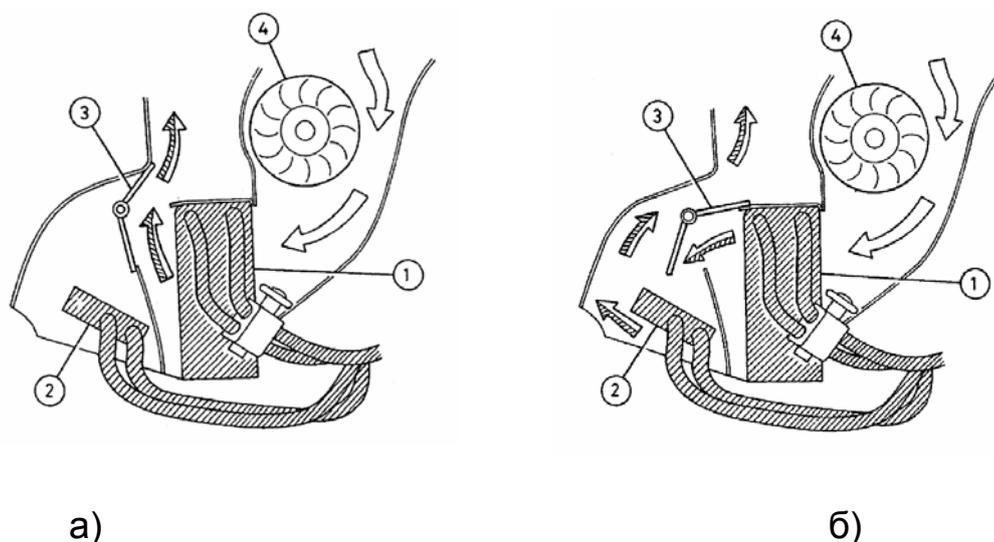


Рис. 6.3. Работа системы в режиме а) отопления (максимальный нагрев) и б) – охлаждения (максимальное охлаждение): 1 – испаритель; 2 – матрица отопителя; 3 – заслонки и жалюзи; 4 – вентилятор

При охлаждении воздуха он подается в салон, минуя радиатор отопителя (рис. 6.3, б). Получение необходимой температуры воздуха достигается смешением потоков подогретого и охлажденного воздуха.

Для удобства обслуживания климатическая система имеет предназначенные для диагностики разъемы.

## ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

### Вопросы к главе 1:

1. Чем вызваны затруднения с пуском двигателя при минусовых температурах?
2. Как можно завести автомобиль в морозную погоду при отсутствии специальных средств?
3. Какие типы устройств используются для подогрева воздуха на входе в цилиндры? Каковы их основные недостатки?
4. Что представляют собой устройства для подогрева топлива и масла?
5. Для чего в зимний период необходим подогрев аккумуляторов? Что собой представляют подогреватели аккумуляторов?
6. Каковы основные принципы работы предпусковых подогревателей двигателя?
7. Что собой представляют современные тепловые аккумуляторы?
8. Каков принцип работы современного жидкостного предпускового аккумулятора?
9. Каково назначение пусковых жидкостей? Что они собой представляют и как используются?
10. Для чего используются подогреватели воздуха и как они работают?
11. Что собой представляют подогреватели омывающей жидкости и подогреватели сидений?

### Вопросы к главе 2:

1. Для чего используется наддув двигателя?
2. С какой целью используются промежуточные охладители наддувочного воздуха?
3. Какие принципы охлаждения наддувочного воздуха используются на ДВС?
4. К чему сводятся основные достоинства и недостатки охладителей типа «вода-воздух»?

5. Каковы основные достоинства и недостатки охладителей «воздух-воздух»?
6. В каких местах обычно устанавливаются на автомобиле промежуточные охладители наддувочного воздуха?

#### Вопросы к главе 3:

1. Что собой представляли первые устройства для понижения температуры воздуха в салоне автомобиля?
2. Каким образом включались и выключались первые автомобильные кондиционеры?
3. Каков принцип работы компрессорных воздушных установок?
4. К чему сводятся преимущества использования легкокипящих жидкостей в качестве рабочих тел холодильных установок и кондиционеров?
5. Что называется холодильным коэффициентом установки?
6. На чем основан принцип работы кондиционеров с вихревыми трубками? Каковы их основные достоинства и недостатки?
7. С какой целью в пароконпрессорных установках используется перегрев пара?
8. Из каких процессов складывается цикл пароконпрессорного кондиционера?

#### Вопросы к главе 4:

1. Из каких основных агрегатов состоит автомобильный кондиционер?
2. К чему сводится отличие двух основных схем пароконпрессорных кондиционеров?
3. Что представляет собой конденсатор? Каково его назначение?
4. Для чего используется испаритель? Где он устанавливается?
5. Какие дросселирующие элементы используются в автомобильных системах кондиционирования?
6. Что собой представляет и как работает терморегулирующий вентиль?
7. Каково назначение и где устанавливаются ресивер-осушитель и аккумулятор кондиционера?
8. Какие типы компрессоров используются в составе систем кондиционирования? Каким образом осуществляется их привод?
9. Каким образом изменяется производительность компрессоров с наклонной (косой) шайбой?
10. На чем основан принцип работы лопастных и пластинчатых компрессоров?
11. Каковы основные достоинства спиральных компрессоров?

Вопросы к главе 5:

1. Какие основные элементы обычно включает в себя система управления кондиционером?
2. Что собой представляет и как работает реле давления двойного действия?

Вопросы к главе 6:

1. Каково назначение климатической системы?
2. Что собой представляют климатические системы подвешного типа?
3. Что собой представляет и как работает климатическая система автомобиля при низких и высоких температурах окружающего воздуха?

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Количество автомобилей, выпускаемых в мире различными фирмами, с каждым годом возрастает. При этом к экономическим, экологическим и мощностным характеристикам автомобилей предъявляются все более жесткие требования.

По мере совершенствования автомобильной техники и технологий ее производства появляется возможность оснащения транспортных средств устройствами и оборудованием, повышающим их безопасность и уровень комфорта пассажиров. Рассмотренные в данном учебном пособии устройства далеко не исчерпывают перечень того оборудования, которым оснащается современный автомобиль. Более детальное описание отдельных устройств и агрегатов можно найти в специальной литературе и в инструкциях соответствующих производителей.

В данном пособии рассмотрены наиболее широко используемые для этого в настоящее время устройства, такие как различного рода подогреватели, обогреватели и кондиционеры.

## Литература

1. Альтгацзен, А.Л. Кондиционеры и климатические системы легковых автомобилей / А.Л.Альтгацзен, С.А.Ласточкин. – М.:Атласы автомобилей, 2002.
2. Алексеев, Г.Н. Общая теплотехника : учеб. пособие для вузов / Г.Н.Алексеев. – М.: Высш.шк., 1980.
3. Степанов, С.Т. Евдокушин С.П. Автомобильные кондиционеры : руководство / С.Т. Степанов, С.П. Евдокушин. – М.: «Легион Автодата», 2001.
4. Рэндл, Стив. Автомобильные кондиционеры: руководство / Стив Рэндл. – СПб: Алфамер Пабблишинг, 2002
5. Двигатели внутреннего сгорания : учебник [для вузов] / под ред. проф. В.Н.Луканина. Кн. 1. – М.: Высш. шк., 2005.
6. Двигатели внутреннего сгорания : учебник [для вузов] / под ред. проф. В.Н.Луканина. Кн. 2. – М.: Высш. шк., 2005.
- 7.Теплотехника : учебник [для вузов] / под ред. проф. В.Н.Луканина. – М.: Высш. шк., 2005.
8. Холодильные машины : учебник [для вузов] / под ред. проф. А.С.Тимофеевского, – СПб: Политехника, 1997

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Введение</b>  | <b>3</b>  |
| <b>1. Устройства для подогрева</b>                         | <b>4</b>  |
| 1.1. Устройства для облегчения холодного пуска двигателя   | 4         |
| 1.1.1. Устройства для прогрева воздуха на входе в цилиндры | 7         |
| 1.1.2. Устройства для предпускового прогрева масла         | 10        |
| 1.1.3. Устройства для предпускового прогрева топлива       | 11        |
| 1.1.4. Устройства для подогрева аккумуляторов              | 13        |
| 1.1.5. Предпусковые подогреватели                          | 14        |
| 1.1.6. Устройства для подачи пусковой жидкости             | 24        |
| 1.1.7. Воздушные отопители                                 | 24        |
| 1.1.8. Подогрев омывающей жидкости и сидений               | 27        |
| <b>2. Промежуточные охладители наддувочного воздуха</b>    | <b>31</b> |
| <b>3. Автомобильные кондиционеры</b>                       | <b>36</b> |
| 3.1. Краткий обзор истории холодильной техники             | 36        |

|  |           |
|--|-----------|
| 3.1.1. История создания автомобильных кондиционеров                        | 42        |
| 3.2. Принципы устройства и схемы кондиционеров и холодильных установок     | 43        |
| 3.2.1. Кондиционеры с вихревой трубкой                                     | 44        |
| 3.2.2. Циклы компрессорных воздушных холодильных установок и кондиционеров | 46        |
| 3.2.3. Парокомпрессорные кондиционеры и холодильные установки              | 48        |
| <b>4. Автомобильные парокомпрессорные кондиционеры</b>                     | <b>51</b> |
| 4.1 Основные схемы парокомпрессорных кондиционеров                         | 53        |
| 4.2. Основные детали и агрегаты парокомпрессорных кондиционеров            | 54        |
| 4.2.1. Конденсатор   | 54        |
| 4.2.2. Испаритель  | 55        |
| 4.2.3. Вентиляторы системы кондиционирования                               | 57        |
| 4.2.4. Дросселирующие элементы   | 58        |
| 4.2.5. Ресивер-осушитель и аккумулятор                                     | 63        |
| 4.2.6 Компрессор   | 65        |
| <b>5. Элементы системы управления кондиционером</b>                        | <b>76</b> |
| <b>6. Системы кондиционирования воздуха</b>                                | <b>80</b> |
| Вопросы для самоконтроля   | 84        |
| <b>Заключение</b>  | <b>86</b> |
| Литература   | 87        |

Учебное издание

Леонид Михайлович Матюхин

## ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА АВТОМОБИЛЕЙ

Учебное пособие

Редактор Ю.К.Фетисова

Тем. план 2009 г., п. 42

---

Подписано в печать 20.01.2010 г.

Формат 60X84 /16

Печать офсетная

Усл. печ л. 5,4

Уч.-изд. л. 4,5

Тираж 300 экз.

Заказ

Цена 55 руб.

---

Ротапринт МАДИ. 125319, Момква, Ленинградский просп., 64