

**МАШИНОСТРОЕНИЕ. ПРИБОРОСТРОЕНИЕ. ТРАНСПОРТ**

doi: 10.51639/2713-0576\_2022\_2\_2\_25

УДК 67.06

ГРНТИ 55.42.27

ВАК 05.05.04

**Классификация систем охлаждения двигателей внутреннего сгорания**

\* Гуцелюк Э. М., Гусев Ю. И., Картыгин А. В., Федосеенко Н. И.

*НФ БГТУ им. В. Г. Шухова, 353919, Россия, Новороссийск, Мысхакское шоссе 75*e-mail: \* [egutselyuk@nzt.ru](mailto:egutselyuk@nzt.ru), [Yrahik@mail.ru](mailto:Yrahik@mail.ru), [kartygin-a-v@nb-bstu.ru](mailto:kartygin-a-v@nb-bstu.ru),  
[fedoseenko-n-i@nb-bstu.ru](mailto:fedoseenko-n-i@nb-bstu.ru)

В данной статье была предпринята попытка классификации системы охлаждения двигателей внутреннего сгорания, которая необходима для поддержания оптимального температурного режима при работе деталей двигателя, выполняя одновременно ряд второстепенных функций:

- охлаждение масла в системе смазки;
- нагрев воздуха в системе отопления и кондиционирования;
- охлаждение отработавших газов.

*Ключевые слова:* система охлаждения, охлаждающая жидкость, двигатель, система.

Во исполнение Указа Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 года № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года Минтранс России разработан Национальный проект "Безопасные и качественные автомобильные дороги". Основываясь на нём, в Краснодарском крае создан Региональный проект "Программа дорожной деятельности в отношении автомобильных дорог общего пользования, объектов улично-дорожной сети на 2019–2024 годы" [1] Для реализации данных проектов требуется эксплуатация мощной дорожно-строительной техники. В современных дорожных машинах в качестве первичных двигателей наиболее широко применяют двигатели внутреннего сгорания (ДВС), в которых энергия, вырабатываемая при сгорании топлива, непосредственно преобразуется в механическую работу, тем самым выделяя большое количество тепла. Система охлаждения двигателя внутреннего сгорания позволяет избежать перегрева, который может вывести из строя силовую установку.

Назначение системы охлаждения двигателя внутреннего сгорания (ДВС) – недопущение повреждений деталей двигателя автомобиля в результате перегрева, охлаждение отработавших газов и масла в системе смазки. Система охлаждения двигателя внутреннего сгорания — это конструкционное решение, позволяющее поддерживать внутри ДВС оптимальную температуру. Одним из важных факторов работы ДВС является отвод излишек тепла в атмосферу и поддержания температуры на заданном уровне.

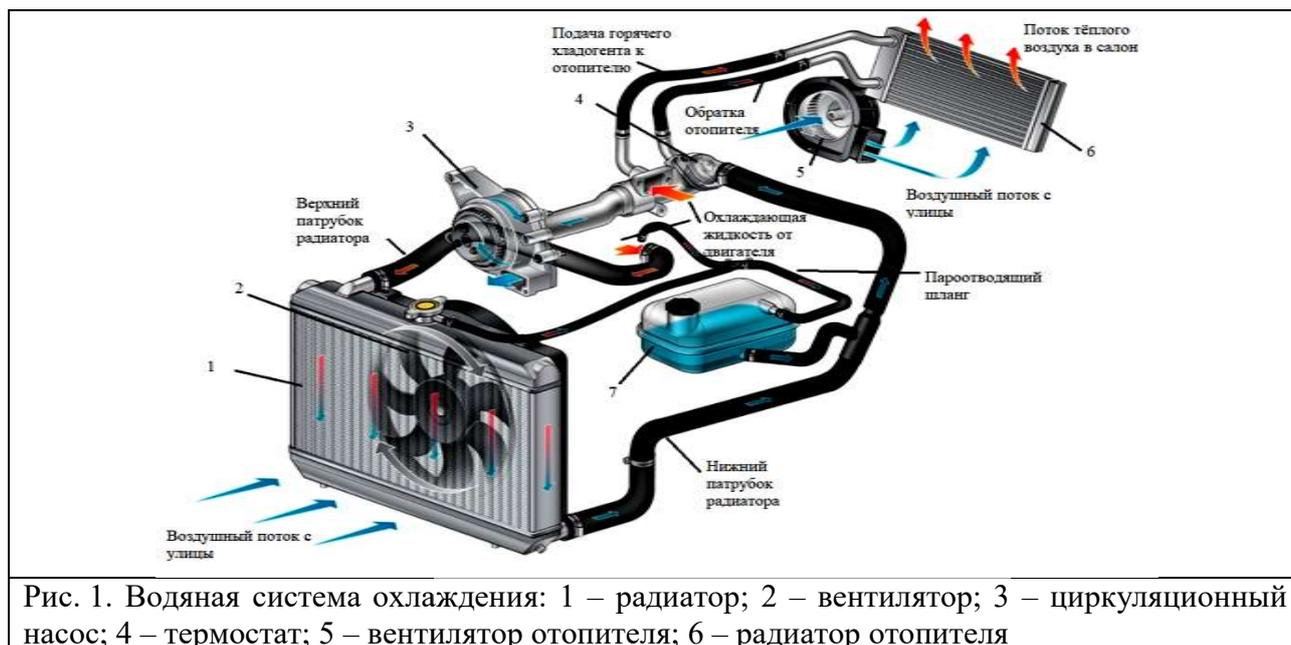
Системы охлаждения двигателей внутреннего сгорания делятся на два основных типа: жидкостные (водяные), воздушные.

Жидкостная (водяная) – система охлаждения ДВС

Жидкостная (водяная) – система охлаждения ДВС предназначена для охлаждения двигателя внутреннего сгорания, осуществляет отвод теплоты от деталей двигателя через водяные каналы и передачу её в окружающую среду (рис. 1).

Жидкостная (водяная) система охлаждения — это совокупность устройств, обеспечивающих подвод охлаждающей среды к нагретым деталям, имеющая в своем составе:

- радиатор;
- вентилятор;
- циркуляционный насос;
- термостат;
- вентилятор отопителя;
- радиатор отопителя..



#### Радиатор охлаждения

Радиатор предназначен непосредственно для отдачи (отвода) тепла в атмосферу и охлаждения жидкости внутри жидкостных каналов ДВС (рис. 2). Он представляет собой конструкцию из медных, алюминиевых трубок, спаянных и крепящихся на двух бачках. Изготавливается из металла (меди, алюминия), допускает компоновку металла и пластика. Современные радиаторы изготавливаются чаще всего с алюминиевой сердцевинкой и с бачками из армированного пластика.

Такие радиаторы обладают более высокими показателями коррозионной стойкости и теплопроводности.

Радиатор должен монтироваться в отсеках, которые лучше всего обдуваются потоком воздуха. Лучшее решение – зона в подкапотном пространстве автомобиля (к такому конструктивному решению нередко прибегают даже в том случае, когда ДВС имеет заднее расположение). У некоторых транспортных средств радиаторы устанавливаются возле боковых стенок технических отсеков.

#### Вентилятор радиатора

Вентилятор радиатора (Рис.3) обеспечивает снижение температуры охлаждающей жидкости за счет увеличения скорости и расхода потока воздуха, проходящего через рассекающие решетки радиатора.

Вентилятор крепится в установленный на рамке радиатора кожух, способствуя увеличению скорости потока воздуха, проходящего через рассекающую решетку радиатора. Вентилятор

радиатора состоит из четырех и более лопастей, расположенных на общем шкиве. Для увеличения подачи воздуха лопасти устанавливаются под углом к плоскости вращения. Вентилятор радиатора может иметь различные виды привода: механический, гидромеханический, электрический.

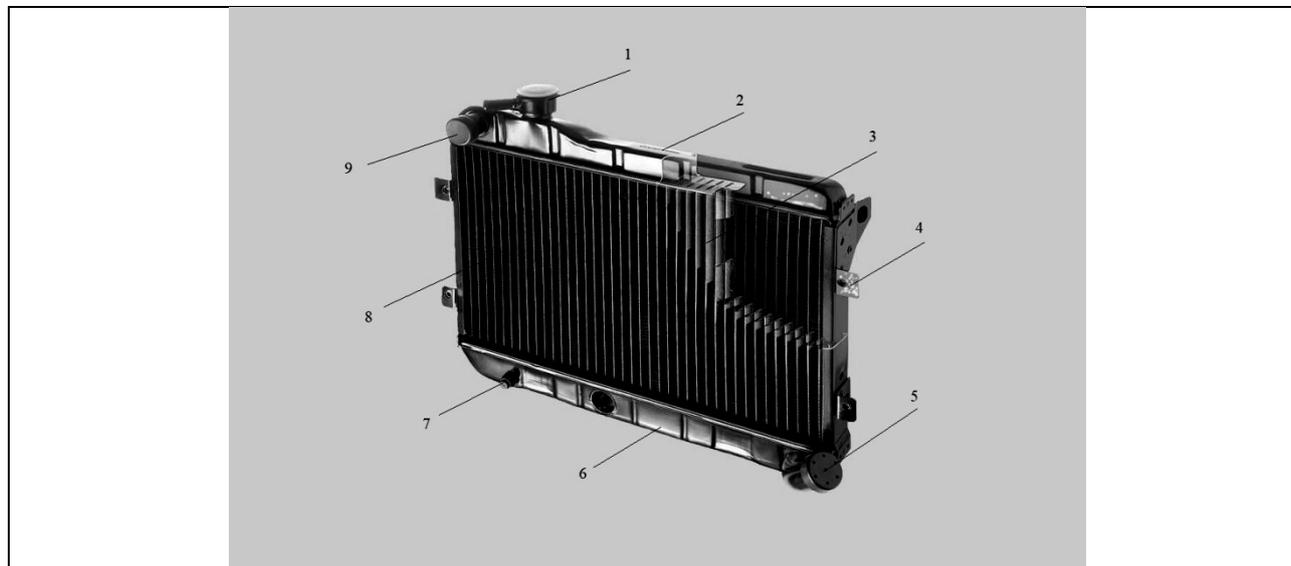


Рис. 2. Устройства радиатора водяной системы охлаждения: 1 – заливная горловина; 2 – верхний бачок радиатора; 3 – медные (алюминиевые трубки); 4 – крепление радиатора; 5 – нижний отводной патрубок; 6 – нижний бачок радиатора; 7 – кран слива ОЖ; 8 – сетка рассеивающих пластин; 9 – верхний подводной патрубок



Рис. 3. Вентилятор радиатора: 1 – лопасти; 2 – импеллер (лопаточная машина, заключённая в кольцо); 3 – болт крепления вентилятора; 4 – ступица шкива

### Привод вентилятора

Привод вентилятора – элемент системы охлаждения двигателей внутреннего сгорания, узел, обеспечивающий передачу крутящего момента от коленчатого вала двигателя (через промежуточные элементы) на крыльчатку вентилятора охлаждения радиатора (рис. 4).

Механический привод вентилятора представляет собой постоянный привод от коленчатого вала посредством ременной передачи. Недостатком данного привода являются существенные затраты мощности двигателя на вращение вентилятора. Поэтому в настоящее время механический привод вентилятора почти не применяется.

### Гидромеханический привод вентилятора

Гидромеханический привод — это устройство, предназначенное для приведения в движение машин и механизмов с помощью гидравлической энергии (рис. 5).

Гидромеханический привод вентилятора может быть с вязкостной или гидравлической муфтой. Вязкостная муфта имеет постоянный привод от коленчатого вала. Работа

вискомуфты вентилятора охлаждения основана на действии биметаллического датчика. Он находится в передней части вентилятора. Этот элемент реагирует на температуру, которая поступает через радиатор системы охлаждения. При низкой температуре чувствительный датчик заставляет клапан сжиматься. Это приводит к сохранению масла внутри вискомуфты в пределах резервуара. Муфта на вентиляторе деактивируется и продолжает вращаться лишь на 20 % от интенсивности вращения мотора. При повышении температуры до рабочего уровня датчик расширяется и заставляет клапан вращаться. Это приводит к перемещению масла по камере к внешним краям. Активизируется сцепление с вентилятором и скорость вращения муфты увеличивается с 20 % до 80 %.

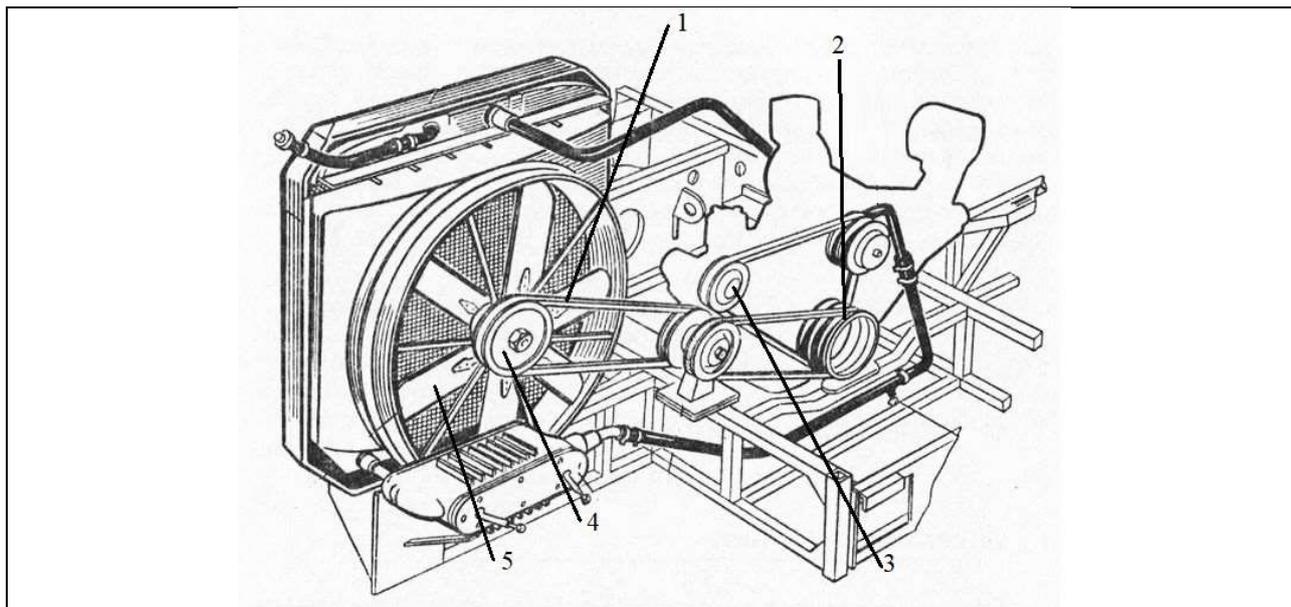


Рис. 4. Механический привод вентилятора: 1 – ремень привода вентилятора; 2 – шкив коленвала; 3 – натяжной ролик; 4 – шкив вентилятора; 5 – вентилятор

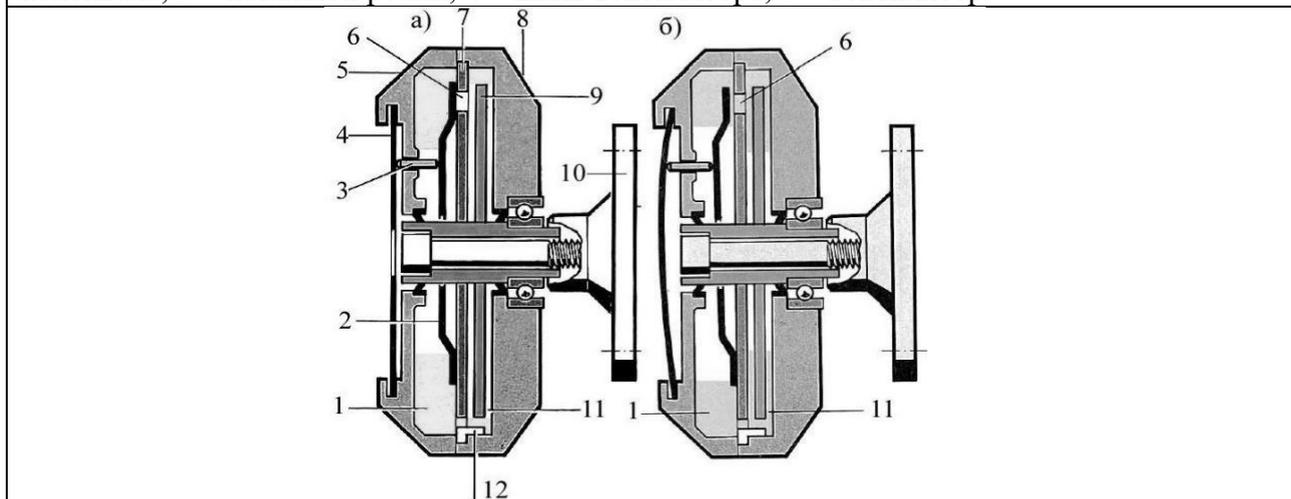


Рис. 5. Вентилятор радиатора: 1 – лопасти; 2 – импеллер (лопаточная машина, заключённая в кольцо); 3 – болт крепления вентилятора; 4 – ступица шкива

При движении ТС с постоянной скоростью вращение дисков равномерное и не сопровождается перемешиванием масла между ними. При возникновении разницы между скоростями вращения валов (ведомого и ведущего) диски также начинают работать в разных режимах. Это приводит к увеличению вязкости силиконовой жидкости. В таком состоянии она оказывает воздействие на передачу крутящего момента. При возникновении большой

разницы между скоростями вращения дисков жидкость становится практически твёрдой, что приводит к блокированию вискомуфты [2].

#### Электрический вентилятор охлаждения

Активное развитие и внедрение электронных устройств управления и контроля различных систем в процессе работы двигателя привело к появлению вентилятора радиатора с электрическим приводом (рис. 6).

Данный привод имеет отдельный электродвигатель и собственную систему управления. Контроллер позволяет задавать интенсивность работы крыльчатки и гибко изменять скорость и длительность вращения вентилятора на основе показаний температурного датчика. Датчик измеряет показания температуры охлаждающей жидкости в ДВС. Такое решение не только повысило эффективность, но и позволило добиться более равномерного охлаждения двигателя в сравнении с системами, которые основаны на использовании вискомуфты [2].

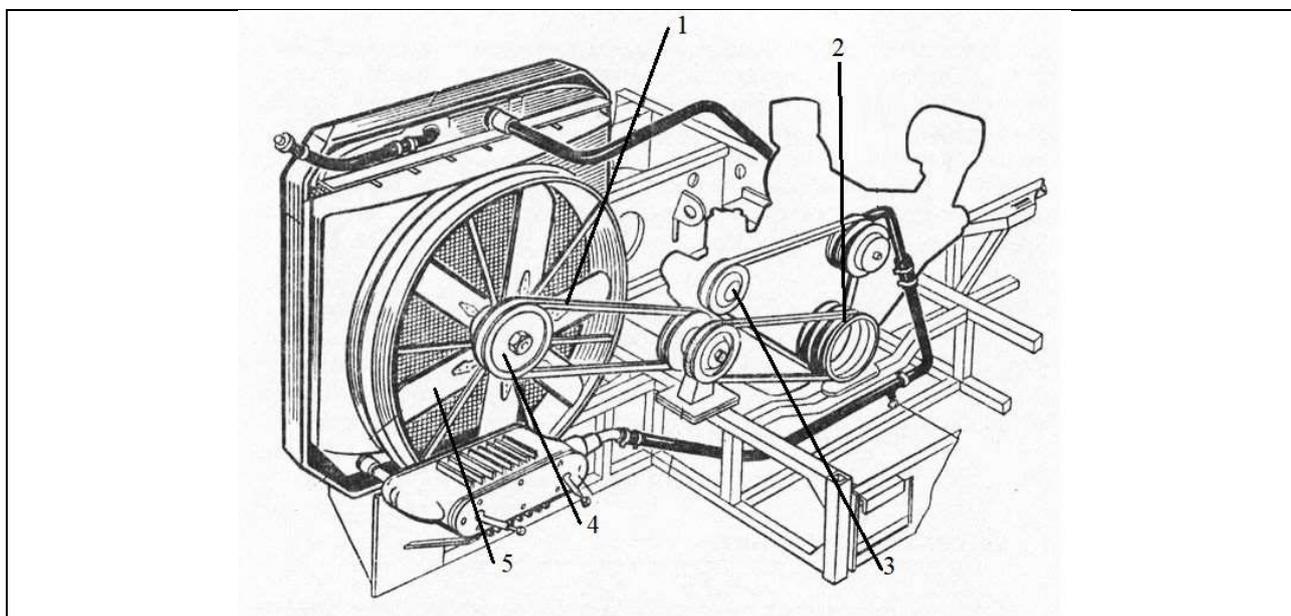


Рис. 6. Электрический вентилятор охлаждения: 1 – вентилятор; 2 – место крепления кожуха радиатора; 3 – кожух радиатора; 4 – электродвигатель; 5 – соединительная клемма проводки электродвигателя

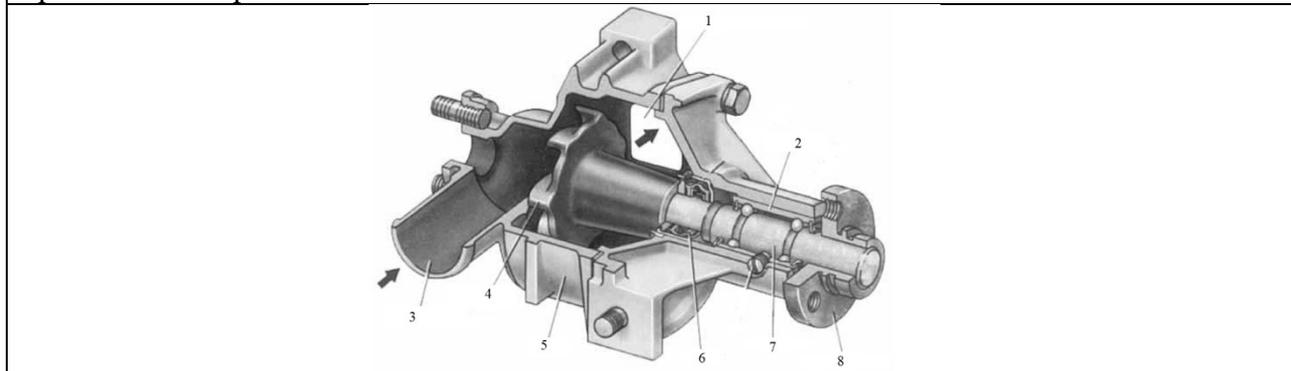


Рис. 7. Водяная помпа: 1 – канал в рубашку охлаждения; 2 – подшипник; 3 – отвод от радиатора охлаждения; 4 – крыльчатка; 5 – корпус; 6 – сальник; 7 – вал насоса; 8 – ступица насоса

#### Водяная помпа

Водяная помпа — обеспечивает циркуляцию жидкости в системе охлаждения автомобиля (рис. 7).

Конструктивно помпа состоит из рабочего колеса, закрепленного на валу со шкивом. Данное колесо имеет название «крыльчатка». Крыльчатка выполнена так, что имеет специальные лопасти особой формы. Вся конструкция собрана в отдельном корпусе. Корпус помпы изготавливают из чугуна, а также можно встретить изделия из литого алюминия или магниевых сплавов. В корпусе помпы имеются каналы, по которым реализован подвод и отвод охлаждающей жидкости к крыльчатке.

Главной задачей помпы системы охлаждения является создание избыточного давления для обеспечения принудительной циркуляции жидкости в контурах. Действием помпы ускоряется процесс теплообмена между узлами двигателя и охлаждающей жидкостью. По назначению помпа автомобильного двигателя может быть:

- основной. Такой насос выполняет непосредственную перекачку жидкости в системе охлаждения.
- дополнительной. Устанавливается не на всех автомобилях и может использоваться для вспомогательного охлаждения в регионах с очень жарким климатом, снижения температуры отработавших газов, охлаждения турбонагнетателя в моторах с турбонаддувом, дополнительного охлаждения двигателя после остановки. В отличие от основного насоса, дополнительный приводится в работу индивидуальным электродвигателем [3].

#### Термостат

Термостат предназначен для распределения потока охлаждающей жидкости (ОЖ) в системе охлаждения двигателя внутреннего сгорания (рис. 8).

Термостат активно используется в системе жидкостного охлаждения ДВС с 1922 года, когда появились первые и относительно мощные установки с большим выделением тепла в процессе работы. После того, как мотор выходит на оптимальную рабочую температуру, становится необходимым поддерживать этот показатель в строгих рамках до самого момента остановки двигателя, а в ряде случаев и некоторое время после прекращения работы ДВС.

В системах охлаждения автомобилей используют два вида термостатов. Существуют решения с твёрдым или жидкостным наполнителем. Гелиевый термостат для автомобильной жидкостной системы охлаждения двигателя был изобретен французом по имени Серж Варнье в 1963 году. Компания Vernet специализируется на производстве термостатов и сегодня, а продукция этого бренда пользуется заслуженным авторитетом на рынке автозапчастей для различных марок автомобилей по всему миру. Решение с одним клапаном отличается простотой конструкции и связанной с этим надежностью. Автопроизводители по всему миру отдают предпочтение такому виду конструкции и оборудуют большинство своих автомобилей именно таким устройством. Двигатель может быть оборудован различными вариантами исполнения терморегулятора, среди которых отмечают:

- термостат с одним или двумя клапанами (одно и двух клапанный);
- термостат с электронным управлением.

#### Термостат с электронным управлением

Электронные термостаты устанавливаются на современные двигатели для более точного регулирования температурного режима в тех либо иных условиях работы двигателя (рис. 9).

Его работа основана на действии нагревательного сопротивления, которым командуют «мозги» (контроллер) авто, т.е. на него подается напряжение.

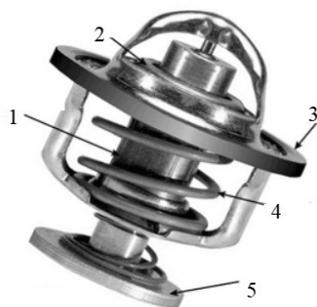


Рис. 8. Термостат: 1 – цилиндр с воском; 2 – основной клапан; 3 – корпус; 4 – пружина; 5 – клапан малого круга

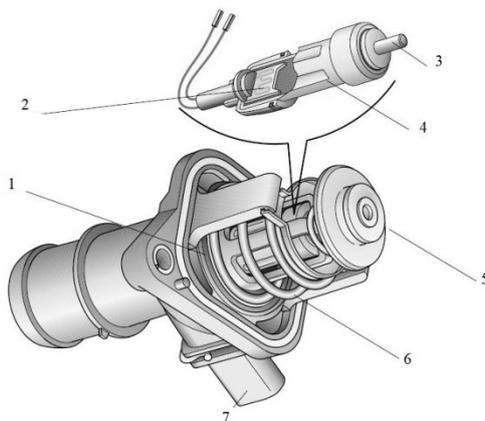


Рис. 9. Водяная помпа: 1 – канал в рубашку охлаждения; 2 – подшипник; 3 – отвод от радиатора охлаждения; 4 – крыльчатка; 5 – корпус; 6 – сальник; 7 – вал насоса; 8 – ступица насоса

Когда осуществляется запуск двигателя, термостат в этот момент находится в закрытом состоянии и перекрывает доступ ОЖ к большому кругу (рис. 10А). Охлаждающая жидкость циркулирует по такому маршруту, который заставляет её выходить из блока цилиндров и немедленно возвращаться обратно. Такая особенность работы системы охлаждения обеспечивает максимально эффективный прогрев силового агрегата и последующий его выход на оптимальный для его работы под нагрузкой температурный режим в кратчайшие сроки.

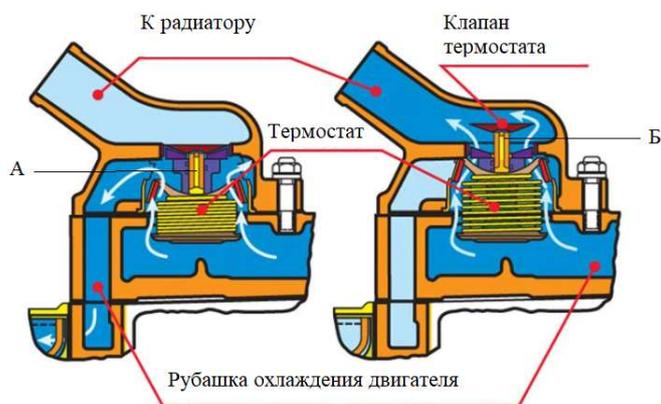


Рис. 10. Схема работы термостата

При максимально допустимом увеличении температуры охлаждающей жидкости термостат открыт полностью, позволяя охлаждающей жидкости проходить через радиатор в полном объеме (рис. 10Б). Термостат полностью открывается при температуре около 95...105 °С. Когда двигатель автомашины работает в различных режимах, происходит постоянное изменение степени открытия термостата.

#### Патрубки системы охлаждения

Назначение патрубков — подведение в систему или отвод из нее жидких веществ в определенном диапазоне температур (рис. 11).

Патрубки играют очень важную роль в работе системы охлаждения, по ним поток жидкости в ней циркулирует принудительно, подавая охлаждающую жидкость от ДВС к радиатору охлаждения. Термостат распределяет объём и направление охлаждающей жидкости, а патрубки доставляют жидкость в радиатор и выводят из него. Несмотря на вспомогательную функцию, при их повреждении, двигатель может прийти в негодность. Патрубки в системе охлаждения изготовлены из резины, это снижает их стоимость и не передаёт вибрацию от двигателя на радиатор. Все патрубки делятся на подводные и отводные, их функции понятны из названия. Подводные – подают горячую жидкость в радиатор, а отводные – отводят из него уже охлажденную жидкость. Оба типа патрубков работают в разных температурных режимах, первые получают максимальную температуру, из-за чего быстрее изнашиваются, резина высыхает и соответственно менять их нужно чаще



Рис. 11. Патрубки системы охлаждения

#### Армированный патрубок

Армированный патрубок называют так потому, что внутри его имеется сетка из синтетической ткани, не дающая патрубку лопнуть при высоком гидравлическом давлении и температуре.

#### Охлаждающая жидкость

Основная функция охлаждающей жидкости — охлаждение двигателя внутреннего сгорания. Однако, кроме задачи по охлаждению силового агрегата, в ее функции входят:

- защита системы охлаждения от активных процессов коррозии, а также накипи;
- поддержание каналов в чистоте; продление срока службы некоторых узлов автомобиля.

Многие по привычке называют охлаждающую жидкость тосолом. Некоторые считают, что существуют два вида продукта: тосол и антифриз. Следует сразу расставить точки: тосол является разновидностью антифриза, разработанным отечественными специалистами еще во времена СССР. Его можно отнести к охлаждающим жидкостям первого поколения.

Наиболее популярен у потребителя антифриз, который представляет собой смесь на основе этиленгликоля. Интересен тот факт, что сам по себе этиленгликоль, являющийся прозрачной, ничем не пахнущей жидкостью, начинает кипеть при 197 °С, а замерзает — при –12 °С.

В нашей стране на охлаждающие жидкости действует ГОСТ 28084-89 [4]. Для жидкостей зарубежного производства существуют стандарты ASTM и SAE, которые классифицируют продукцию по условиям эксплуатации и составу (табл. 1) [5].

Таблица 1

## Охлаждающие жидкости

Классификации антифриза (тосола)	Цвет антифриза (тосола) Температурный диапазон	Рекомендуемый срок годности в Российских условиях	Основа
Тосола раннего производства	Синий. –40 Замерзание +100°С Кипение°	2 года	Моноэтиленгликоль. Не соответствует международным стандартам
G-11	Зеленый. –40 Замерзание +108°С Кипение°	1...3 года	Этиленгликоль. Неорганические содержат силикаты
G-12	Красный. –41 Замерзание +109°С Кипение°	3...5 лет	Этиленгликоль Органические не содержат силикаты. Пакет присадок содержат карбоксилатные соединения
G-13	Оранжевый. (Желтый) –40 Замерзание +135°С Кипение°	3...5 лет	Пропиленгликоль Органические не содержат силикаты

## Воздушные системы охлаждения

Воздушная система охлаждения двигателя пользовалась огромной популярностью после Второй мировой войны, когда у людей не было денег на покупку дорогих автомобилей. Простая и надежная система, построенная на принудительном обдуве разогретого блока цилиндров потоком воздуха, отлично зарекомендовала себя на маломощных микролитражах европейского производства, мототранспорте.

Воздушная система охлаждения имеет два вида – с естественным обдувом (рис. 12) и принудительным обдувом (рис. 13).

Основным элементом воздушной системы охлаждения являются рёбра охлаждения на цилиндрах.

В воздушной системе охлаждения отвод теплоты от стенок камер сгорания и цилиндров двигателя осуществляется принудительно потоком воздуха, создаваемым мощным вентилятором. Эта система охлаждения является самой простой, так как не требует сложных деталей и систем управления. Интенсивность воздушного охлаждения двигателей существенно зависит от организации направления потока воздуха и расположения вентилятора. Объем воздуха, подаваемого вентилятором в систему охлаждения, составляет примерно 30 куб.м в минуту. Это обеспечивает нормальную работу двигателя невысокой мощности и небольшого объема в температурных пределах от –40 до +40 градусов.

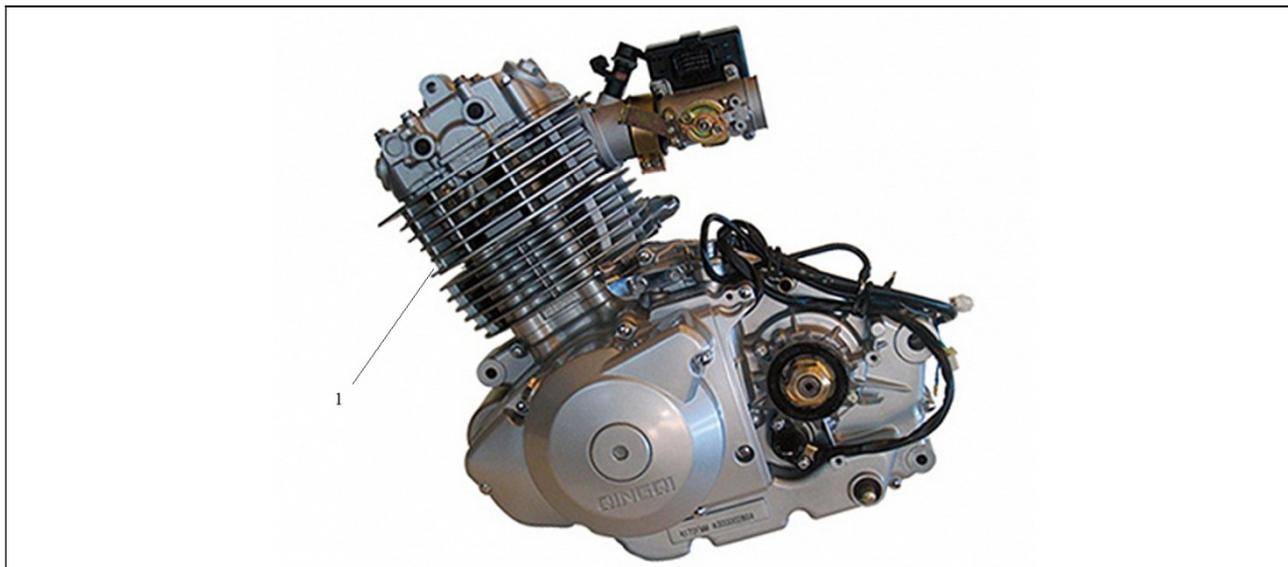


Рис. 12. Двигатель мотоцикла с воздушной системой охлаждения естественным способом: цилиндр с рёбрами охлаждения

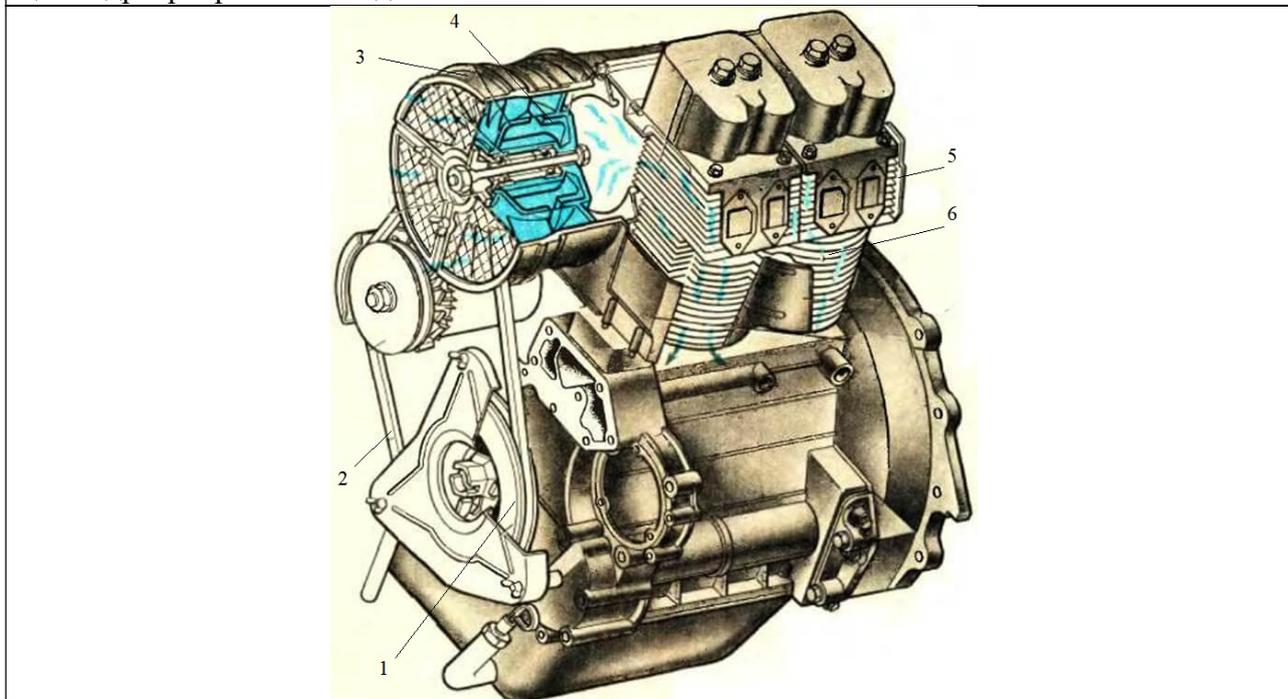


Рис. 13. Автомобильный двигатель с принудительной воздушной системой охлаждения: 1 – шкив коленвала; 2 – ремень привода вентилятора; 3 – вентилятор принудительного охлаждения; 4 – направляющее устройство; 5 – головка цилиндра с рёбрами охлаждения; 6 – цилиндр с рёбрами охлаждения

Воздушная система охлаждения уменьшает время прогрева двигателя, обеспечивает стабильный отвод теплоты от стенок камер сгорания и цилиндров двигателя, более надежна и удобна в эксплуатации, проста в обслуживании, более технологична при заднем расположении двигателя.

Однако, воздушная система охлаждения увеличивает габаритные размеры двигателя, создает повышенный шум при работе двигателя, сложнее в производстве и требует применения более качественных горюче-смазочных материалов. Теплоёмкость воздуха мала, что не позволяет равномерно отводить от двигателя большое количество тепла и, соответственно, создавать компактные мощные силовые установки.

Несмотря на некоторые недостатки данного вида охлаждения, оно широко используется на мототранспорте и компактной дорожно-строительной технике, где нецелесообразно применять двигатели с жидкостной системой охлаждения.

Двигатели внутреннего сгорания стали неотъемлемой частью жизни человека, а, следовательно, они должны удовлетворять потребностям потребителей. Правильной эксплуатацией, конструктивным исполнением и удобной компоновкой необходимо добиваться удлинения сроков эксплуатации любой техники, оснащенной данными видами двигателей.

### **Конфликт интересов**

Авторы статьи заявляют, что у них нет конфликта интересов по материалам данной статьи с третьими лицами на момент подачи статьи в редакцию журнала, и им ничего не известно о возможных конфликтах интересов в настоящем со стороны третьих лиц.

### **Список литературы**

1. <https://rio-nb-bstu.science/ojs/index.php/vestnik-molod/article/view/22>
2. <http://krutimotor.ru/ventilyator-sistemy-oxlazhdeniya/>
3. <https://avtocity365.ru/ustrojstvo-i-ekspluatatsiya-avtomobilya/ustrojstvo-i-printsip-raboty-sistemy-ohlazhdeniya-dvigatelya/>
4. <https://drivertip.ru/osnovy/ustrojstvo-printsip-raboty-viskomufty-ventilyatora.html>
5. <https://seite1.ru/zapchasti/nasos-sistemy-oxlazhdeniya-dvigatelya-pompy-ustrojstvo-vidy-i-princip-rabotyfoto/.html>
6. <https://docs.cntd.ru/document/1200020221>
7. <https://vipwash.ru/sistema-ohlazhdeniya/tosol-vidy-markirovka-srok-godnosti-otlichiya-ot-antifriza>

### **Classification of internal combustion engine cooling systems**

Gytselyuk E. M., Gysev Yu. I., Kartygin A. V., Fedoseenko N. I.

*Novorossiysk Branch of Belgorod V G Shukhov State Technology University  
353919, Russia, Novorossiysk, Myskhakskoe shosse 75*

In this article, an attempt was made to classify the cooling system of internal combustion engines, which is necessary to maintain an optimal temperature regime during the operation of engine parts, while simultaneously performing a number of secondary functions:

- oil cooling in the lubrication system;
- air heating in the heating and air conditioning system;
- exhaust gas cooling.

*Keyword:* cooling system, coolant, engine, system.