

УВЕЛИЧЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ФУНКЦИЙ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ДВС И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭТОЙ СИСТЕМОЙ

О.Г. Несиоловский (фото)

к.т.н., доцент, доцент кафедры технического сервиса

В.П. Дмитренко

к.т.н., доцент кафедры технического сервиса

И.М. Соцкая

к.т.н., доцент, заведующая кафедрой технического сервиса
ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, г. Ярославль

*Системы охлаждения
ДВС, автоматическое
управление тепловым
состоянием*

*Systems of cooling
of the internal combustion
engine, automatic control
of the thermal condition*

В настоящее время приоритетными направлениями развития современных транспортных дизелей являются:

- доводка показателей по токсичности до перспективных требований ЕВРО;

- улучшение экономических и эксплуатационных характеристик.

Решение различных технических задач внутри этих направлений происходит на фоне возрастающей конкуренции фирм-производителей, что приводит к ускорению разработки и внедрения конструкционных и технологических новшеств, поиску новых возможностей систем двигателей.

Современные дизели имеют степень форсирования до среднего эффективного давления $P_e = 15-18$ бар на номинальном режиме и $19-23$ бар на режиме максимального крутящего момента. Такие значения P_e обеспечиваются за счет высоких давлений впрыска топлива, применения турбокомпрессоров, имеющих высокие значения адиабатного КПД и оптимизированные характеристики в широком диапазоне изменения частоты вращения коленчатого вала двигателя, и применения воздухо-воздушных охладителей наддувочного воздуха с высокой тепловой эффективностью. Только в этом случае можно выполнить жесткие требования стандартов по токсичности отработавших газов.

Большие изменения претерпевает система охлаждения двигателей. Долгое время эта система выполняла практически одну функцию – охлаждение деталей двигателей. В настоящее время количество функций, выполняемых системой, возросло до того количества, когда требуется определенная их классификация.

Все современные функции можно разбить на две большие группы [1]:

- 1) охлаждение деталей, агрегатов и систем;
- 2) прочие функции.

В первой группе важнейшей остается функция охлаждения деталей двигателя (рис. 1). Совершенствование этой функции происходит в направлении уменьшения затрат мощности на привод жидкостных насосов и вентиляторов обдува радиатора. Это достигается за счет использования автоматических муфт и управляемого электропривода. Перспективным представляется использование микропроцессорных систем управления приводами насосов и вентиляторов, которые позволили бы минимизировать расходы мощности на привод и улучшить тепловые режимы деталей дизелей на частичных нагрузках, что в конечном итоге позволило бы существенно уменьшить расход топлива.

Охлаждение надувочного воздуха необходимо как с точки зрения повышения удельных показателей мощности, так и с точки зрения экологии.

Дополнительно к существующим воздушно-воздушным охладителям необходимо на двига-

тель установить водо-воздушный охладитель. Этот охладитель компактный, он легко встраивается в двигатель. Охлаждающий агент – жидкость системы охлаждения.

ОАО «Автодизель» разработал такой охладитель для двигателя 840-го семейства и много лет выпускает их.

Охлаждение рециркулируемых газов имеет важное значение с точки зрения уменьшения вредных выбросов. Перепуск части отработавших газов на впуск обеспечивает существенное снижение выбросов окислов азота. Перепуск осуществляется только на частичных режимах. Количество рециркулируемых газов регулируют в зависимости от режима работы, но в любом случае отработавшие газы должны охлаждаться до более низких температур.

Что касается охлаждения масла двигателя, то система с установкой масляного радиатора рядом с радиатором системы охлаждения и выпол-



Рисунок 1 – Классификация функций жидкостной системы охлаждения

нение отдельной радиаторной секции в масляном насосе сейчас практически не применяется. На большинстве двигателей масло охлаждается жидкостью системы охлаждения. Такой охладитель является компактным, он встраивается в систему смазки двигателя. Весь поток масла, нагнетаемого масляным насосом, проходит через этот охладитель. При прогреве холодного двигателя масло быстро прогревается.

В применяемых на многих современных двигателях аккумуляторных топливных системах температура топлива, перепускаемого в топливный бак, повышается до 140°C. Это топливо необходимо охлаждать.

Помимо функций, связанных непосредственно с охлаждением, система охлаждения выполняет ряд других функций. В первую очередь это поддержание наилучшего с точки зрения экономичности теплового состояния дизеля. На частичных нагрузках двигатель, как правило, работает на пониженных тепловых режимах, что приводит к перерасходу топлива и повышенному износу трущихся деталей [2]. В этих случаях требуется уменьшить отвод тепла в систему и повысить температуры деталей цилиндро-поршневой группы до значений близких к номинальному режиму работы. Для осуществления таких действий необходимы автоматические системы управления тепловым режимом ДВС, предложенные ранее [3]. Эта автоматическая система может помочь в решении другой проблемы – холодном пуске двигателя. При холодном запуске особенно велик износ деталей, увеличен расход топлива и выбросы вредных веществ. Быстрый прогрев двигателя с помощью автоматической системы позволит довести экологические и экономические показатели при пуске до приемлемых значений за существенно более короткое время, чем без этой системы.

С помощью системы охлаждения можно утилизировать тепло, отводимое в нее от нагретых деталей. Наиболее часто используемый способ утилизации – обогрев салона автомобиля. Возможны и другие варианты утилизации.

Большое количество функций современных двигателей внутреннего сгорания (ДВС) требует более сложной архитектуры системы охлаждения (устройство второго контура для охлаждения систем двигателя), создание микропроцессорной системы управления и алгоритмов ее работы. Близкой к изложенным требованиям по своей «идеологии» является следующая система [4].

Вариант схемы системы показан на рисунке

1. Она, как видно, сложнее традиционной схемы, но значительно превосходит традиционную по эффективности. Во-первых, благодаря электронному блоку управления режимы работы такой системы точно соответствуют режимам работы двигателя. Во-вторых, механический КПД выше, чем обычной системы. В-третьих, двигатель после пуска гораздо быстрее выходит на рабочий температурный режим, поскольку отсутствие циркуляции жидкости при прогреве полное: не работает насос и термостат надежно отсекает «малый» ее круг от «большого».

В традиционных системах охлаждения с термомеханическим термостатом, насосом с механическим приводом и вентилятором оптимизировать тепловое состояние двигателя внутреннего сгорания практически невозможно из-за отсутствия управляющих взаимосвязей между этими тремя важнейшими узлами системы.

В начале 90-х годов прошлого века начаты разработки систем охлаждения, включающие интегрированные элементы электронной автоматики [5].

Задача предлагаемой системы охлаждения – обеспечение стабильного температурного режима ДВС и оптимизация режима его работы при переменном характере нагрузки.

Задача решается за счет того, что в системе охлаждения ДВС привод агрегатов (насосов, вентилятора) осуществляется при помощи индукторного электродвигателя.

Основным контролируемым параметром работы системы охлаждения является температура охлаждающей жидкости на выходе из двигателя, измеряемая с помощью датчиков температуры.

Обороты коленчатого вала, частота вращения вентилятора, температура охлаждающей жидкости, положение заслонки радиатора контролируются при помощи цифровых датчиков (на схеме не указаны).

Указанная совокупность контрольно-измерительных элементов, функциональных электронных устройств обеспечивает контроль соответствующих параметров и позволяет блоку управления 6, на основании полученных данных, осуществлять управление работой электропривода жидкостного насоса 9, вентилятора 4, заслонки 3, клапана термостата 8.

Возможность получения любой точной скорости вращения крыльчатки насоса обеспечивается при помощи управляемого индукторного электродвигателя – обратимой бесконтактной электрической машины синхронного типа.

Обязательным условием работы системы охлаждения является обеспечение оптимального температурного режима. Для этого электроприводом (рис. 2) жидкостного насоса 9 выводится на номинальную производительность, заслонки жалюзи 3 поворачиваются на угол 90° для более полного доступа потоков воздуха. Интенсивность циркуляции воздушных потоков обеспечивается электроприводом 7. При этом работа насоса и вентилятора бесступенчато регулируется контроллером 6 в зависимости от теплового состояния двигателя. Таким образом, достигается необходимый баланс между расходами жидкости и воздуха в системе охлаждения двигателя, что позволяет снизить затраты мощности на привод насоса. Соответственно обеспечивается экономия топлива при одновременном снижении углеводородов СН и оксида углерода СО.

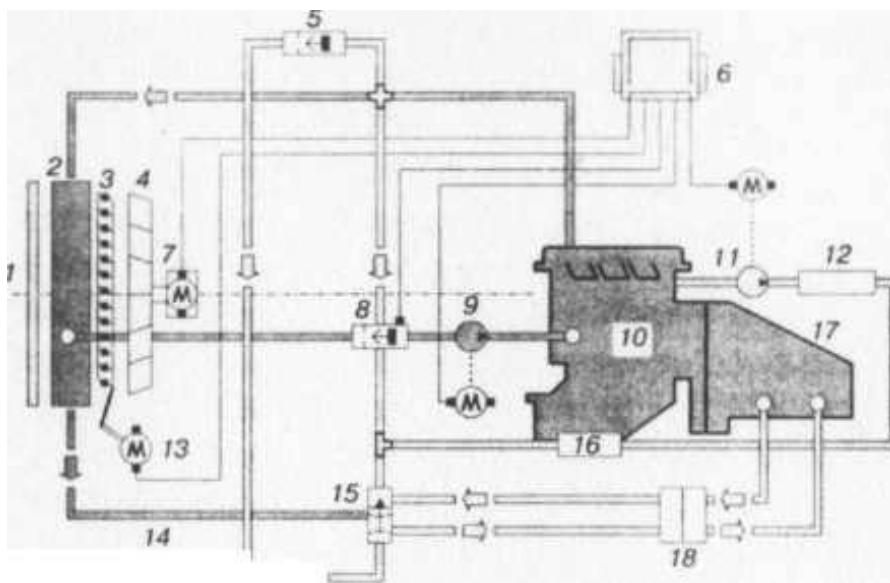
В настоящее время предлагаются системы охлаждения нескольких источников тепла, существующих на современных автомобилях, при этом они не обязательно относятся к двигателю [6]. Любая машина, будь то тепловой или электрический двигатель, электрогенератор или иной силовой преобразователь, в процессе работы выделяет избыточную теплоту. Причем ее количество тем больше, чем больше мощность маши-

ны. Поэтому, чтобы машина не перегревалась со всеми вытекающими отсюда последствиями, для надежности ее оснащают системой охлаждения. Типичный пример тому – система охлаждения автомобильного ДВС.

Однако конструкции систем охлаждения тепловых машин непрерывно усложняются. Скажем, в систему охлаждения автомобильного ДВС давно уже включен радиатор отопителя, а сейчас к ней все чаще подключают бортовой кондиционер. На автомобилях же с комбинированными (гибридными) силовыми установками речь уже идет об охлаждении не только ДВС, но и электрогенераторов, тяговых электродвигателей и различных гидроприводов. Причем со временем положение будет только усложняться. То есть контурность систем охлаждения будет только возрастать, в их состав будут включаться все новые и новые подсистемы, отличающиеся друг от друга по тепловыделению и гидравлическому сопротивлению. Значит, усложнится и задача расчета таких систем.

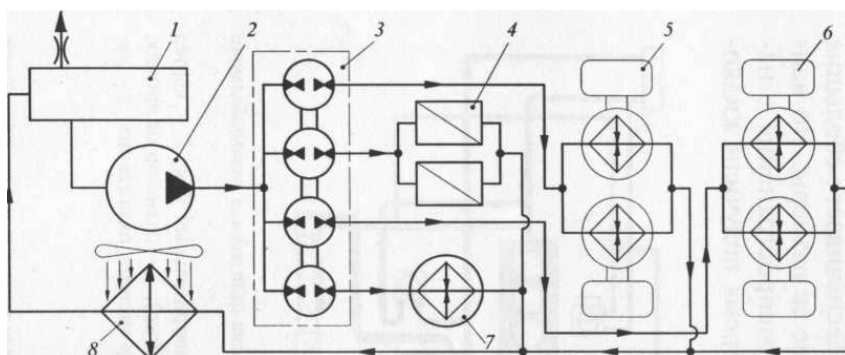
Тем не менее, решить ее, по мнению авторов, все-таки можно. И один из путей такого решения – использование объемных делителей потока охлаждающей жидкости.

Возьмем, например, систему (рис. 3), состоящую из четырех контуров силового преобразо-



- 1 – решетка радиатора; 2 – радиатор охлаждения; 3 – заслонка; 4 – вентилятор; 5 – термостат;
- 6 – электронный блок управления; 7 – электропривод вентилятора; 8 – термостат с электронным управлением; 9 – насос системы охлаждения с индукторным электродвигателем; 10 – двигатель внутреннего сгорания; 11 – электромотор и насос; 12 – управление нагревателем; 13 – шаговый двигатель;
- 14 – низкотемпературный контур; 15 – низкотемпературный регулятор; 16 – масляный радиатор;
- 17 – трансмиссия; 18 – радиатор трансмиссионного масла.

Рисунок 2 – Схема системы охлаждения с электроприводным насосом



1 – расширительный бак; 2 – насос; 3 – объемный делитель потока охлаждающей жидкости;
4 – силовой преобразователь; 5, 6 – тяговой электродвигатель; 7 – электрогенератор;
8 – радиатор с вентилятором.

Рисунок 3 – Схема многоконтурной системы охлаждения

вателя 4, тяговых электродвигателей 5 и 6 и электрогенератора 7. Работает такая видоизмененная схема следующим образом.

Насос 2 забирает охлаждающую жидкость из расширительного бака 1 и подает ее в объемный делитель 3, который делит ее пропорционально на объемы, необходимые для надежного охлаждения каждого из источников теплоты. В нашем случае это коллекторы силовых преобразователей 4, тяговых электродвигателей 5, 6 и генератора 7. Проходя этот коллектор, потоки так же, как и в одноконтурной системе, нагреваются, а затем объединяются в обратном трубопроводе и направляются в радиатор 8, где и охлаждаются потоком воздуха, нагнетаемого вентилятором. Охлажденная таким образом жидкость поступает в насос, и цикл повторяется.

Применение объемного делителя потока позволяет перераспределять расходы жидкости по

контурам наилучшим образом, причем без повышения мощности циркуляционного насоса.

Выводы

По анализу приведенного материала можно сделать следующие выводы:

1. Функционал систем охлаждения современных двигателей существенно расширился и не только на системы и агрегаты самого ДВС, но и на системы и агрегаты транспортного средства.

2. Система охлаждения часто имеет сложную многоконтурную архитектуру и состоит из множества элементов.

3. Для управления подобными системами требуется автоматика, основанная на микропроцессорной технике.

4. Для многоконтурных систем целесообразно применять объемный делитель потока охлаждающей жидкости.

Литература

1. Несиоловский, О.Г. Функциональные возможности систем охлаждения современных дизелей [Текст] / О.Г. Несиоловский, В.П. Дмитренко // Современные проблемы совершенствования работы железного транспорта: сб. науч. тр. – М.: РОАТ, 2012. – С. 96–97.

2. Кригер, А.Л. Жидкостное охлаждение автомобильных двигателей [Текст] / А.Л. Кригер, М.Е. Дискин, А.Л. Новенников, В.И. Пикус. – М.: Машиностроение, 1985. – 176 с.

3. Несиоловский, О.Г. Принципы проектирования и общее устройство системы управления тепловым состоянием ДВС [Текст] / О.Г. Несиоловский, И.Е. Чекалёв // Наука-Технология-Ресурсосбережение: материалы международ. научно-практ. конф.– СПб. – Киров: КГСХА, 2009. – Вып. 6. – С. 146–149.

4. Алиев, А.Я. Электроприводной насос системы охлаждения поршневого двигателя с индукторным электродвигателем [Текст] / А.Я. Алиев, О.М. Айдемиров, С.А. Алиев // Автомобильная промышленность. – 2008. – № 7. – С. 15–16.

5. Карелин, Д.Л. Многоконтурные системы охлаждения на основе объемного делителя потока [Текст] / Д.Л. Карелин, В.М. Гуреев, В.Л. Мулюкин // Автомобильная промышленность. – 2014. – № 5. – С. 13–15.

6. Драгомиров, С.Г. Настоящее и будущее систем электронного управления автомобильными двигателями [Текст] / С.Г. Драгомиров // Автотракторное электрооборудование. – 2003. – № 3. – С. 3–6.

References

1. Nesiolovskij, O.G. Funkcional'nye vozmozhnosti sistem ohlazhdenija sovremennyh dizelej [Tekst] / O.G. Nesiolovskij, V.P. Dmitrenko // *Sovremennye problemy sovershenstvovanija raboty zheleznogo transporta: sb. nauch. tr.* – M.: ROAT, 2012. – S. 96–97.
2. Kriger, A.L. Zhidkostnoe ohlazhdenie avtomobil'nyh dvigatelej [Tekst] / A.L. Kriger, M.E. Diskin, A.L. Novennikov, V.I. Pikus. – M.: Mashinostroenie, 1985. – 176 s.
3. Nesiolovskij, O.G. Principy proektirovanija i obshhee ustrojstvo sistemy upravlenija teplovym sostojaniem DVS [Tekst] / O.G. Nesiolovskij, I.E. Chekalev // *Nauka-Tehnologija-Resursosberezhenie: materialy mezhdunarod. nauchno-prakt. konf.* – SPb. – Kirov: KGSNA, 2009. – Вып. 6. – S. 146–149.
4. Aliev, A.Ya. Jelektroprivodnoj nasos sistemy ohlazhdenija porshneвого dvigatelja s indukturnym jelektrodvigatelem [Tekst] / A.Ya. Aliev, O.M. Ajdemirov, S.A. Aliev // *Avtomobil'naja promyshlennost'.* – 2008. – № 7. – S. 15–16.
5. Karelin, D.L. Mnogokonturnye sistemy ohlazhdenija na osnove ob#emnogo delitelja potoka [Tekst] / D.L. Karelin, V.M. Gureev, V.L. Mulyukin // *Avtomobil'naja promyshlennost'.* – 2014. – № 5. – S. 13–15.
6. Dragomirov, S.G. Nastojashhee i budushhee sistem jelektronного upravlenija avtomobil'nymi dvigateljami [Tekst] / S.G. Dragomirov // *Avtotraktornoe jelektrooborudovanie.* – 2003. – № 3. – S. 3–6.

ОБЪЯВЛЕНИЕ

В издательстве ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА в 2015 г. вышла монография
**«ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ
ФАКТОРОВ И УСЛОВИЙ ВОСПРОИЗВОДСТВА В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ»**
/ Н.В. Парахин, А.И. Голубева, П.И. Дугин, Т.И. Дугина, В.Н. Галин, А.Н. Дугин,
В.И. Дорохова, Л.Н. Иванихина, М.Г. Сысоева, А.М. Суховская;
под общей редакцией академика РАН, д.с.-х.н., профессора Н.В. Парахина,
Заслуженного деятеля науки РФ, д.э.н., профессора П.И. Дугина.

В монографии системно рассматриваются важнейшие условия и факторы воспроизводства в сельском хозяйстве, проблемы собственности, интересов, институциональных процессов трансформации, денежных потоков, производительности труда и различных категорий издержек производства. Рассмотрены вопросы формирования и эффективности функционирования важнейших отраслевых кластеров сельского хозяйства и регулирование денежных потоков.

Монография будет полезна научным и практическим работникам агробизнеса, аспирантам, студентам вузов.

УДК 631.15; ББК 65.32; ISBN 978-5-98914-153-1; 516 стр.

ПО ВОПРОСАМ ПРИОБРЕТЕНИЯ ОБРАЩАТЬСЯ ПО АДРЕСУ:
150042, Г. ЯРОСЛАВЛЬ, ТУТАЕВСКОЕ ШОССЕ, 58, ФГБОУ ВО ЯРОСЛАВСКАЯ ГСХА

e-mail: e.bogoslovskaya@yarcx.ru