

УДК 629.331

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ
ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

М. С. Хрипченко, М. А. Лебедева

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный
лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова»

E-mail: kucenkomari@mail.ru

В мировом двигателестроении уже используются управляемые системы охлаждения, привод насосов которых осуществляется не от коленчатого вала, а от отдельного электромотора, управляемого с центрального контроллера ЭСУД. В качестве примера можно привести автомобили фирм «BMW» и наддувные модификации «Фольксваген-Гольф».

Необходимость новой разработки диктуется следующими соображениями. Выдвигаются жесткие требования к современному автомобилестроению по всему комплексу технико-экономических параметров, таких как мощность, экономичность, надежность и долговечность. Особо жесткие требования выдвигаются к экологическим показателям ДВС. В то же время очевидно влияние выбора оптимального температурного состояния двигателя для каждого эксплуатационного режима для достижения требуемых параметров. При этом режим работы системы охлаждения для каждого из режимов должен быть свой [1].

В настоящее время, при использовании типовых систем охлаждения с механическим приводом насоса системы охлаждения (в дальнейшем – помпы), возможности регулирования ограничены. Расходная характеристика помпы определяется геометрией ее крыльчатки и жестко привязана к частоте вращения коленчатого вала. Температура в системе охлаждения на рабочих режимах, за исключением пусковых, может изменяться в достаточно узких пределах и частично регулируется только вентилятором радиатора. Алгоритм управления вентилятором по принципу «включен-выключен» при постоянной частоте вращения его крыльчатки, дает весьма ограниченные возможности регулирования температуры. В частности, такой вариант системы охлаждения только в ограниченных пределах способен противостоять резкому увеличению тепловой нагрузки на определенных режимах работы двигателя, при повышенной температуре в подкапотном пространстве и т. д. [4]. Обычная система охлаждения представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Обычная система охлаждения

На пусковых режимах обычная система охлаждения также не способствует увеличению скорости прогрева двигателя, даже при наличии малого контура охлаждения. Причина этого – сравнительно высокие обороты двигателя на режимах прогрева, которые обеспечивают достаточно большой расход охлаждающей жидкости по контуру. Низкие температуры охлаждающей жидкости при достаточно высокой интенсивности конвективного теплообмена в контуре тормозят рост температур деталей камеры сгорания и головки блока цилиндров [10]. Поскольку современные нормы токсичности «Евро-4» и выше резко лимитируют содержание токсичных компонент на режимах холодного пуска, очевидна общая тенденция к ускорению темпа прогрева. Система охлаждения с механическим приводом практически не имеет резервов для решения этой задачи.

Кроме того, стандартная схема охлаждения с двумя контурами, достаточно сложна с гидравлической точки зрения, требует введения в нее дополнительных патрубков, термостата в качестве управляющего элемента. При этом создается гидродинамическое сопротивление, на преодоление которого расходуется часть мощности двигателя [7].

Все эти задачи позволяет решить интеллектуальная управляемая система охлаждения двигателя, включающая в себя электрическую помпу с электронным управлением, электрический вентилятор радиатора с переменной скоростью вращения крыльчатки, электронные жалюзи радиатора.

Интеллектуальная система охлаждения обеспечивает подвод охлаждающей среды к нагретым деталям двигателя и отвод от них в атмосферу лишней теплоты, при оптимальной степени охлаждения в требуемых пределах теплового состояния двигателя, при различных режимах и условиях работы [5].

Основной агрегат подобных систем – насос с регулируемым электроприводом. Разработку данного типа насосов ведут такие известные производители, как Valeo, Wahler, DANACorp., Delphi, EWP и др.

Управление системой охлаждения осуществляется самостоятельным блоком управления, интегрированным по интерфейсу в единую ЭСУД, и использующей для выработки управляющих сигналов информацию штатных датчиков системы управления двигателем.

Основные принципы управления системой охлаждения базируются на следующих положениях[9].

Режимы холодного пуска

Так, на режимах холодного пуска, система должна обеспечивать максимально быстрый темп выхода деталей камеры сгорания и катализатора на рабочие температуры. Для этого требуется минимизация интенсивности теплообмена в полостях охлаждения двигателя, возможно, уменьшенная до уровня свободной конвекции. Такой режим может быть обеспечен путем выключения помпы вплоть до достижения заданной температуры охлаждающей жидкости [3].

Кроме того, режимы прогрева при начатом движении требуют минимизации теплоотвода с ребер радиатора системы охлаждения, что может достигаться соответствующим положением створок электронных жалюзи радиатора. Увеличение открытия створок жалюзи происходит по мере повышения температуры в контуре охлаждения.

Реализация подобного алгоритма прогрева позволяет полностью отказаться от малого контура охлаждения, следовательно, полностью исключается необходимость использования термостата. Уменьшение количества гидравлических звеньев в системе охлаждения повышает ее надежность и снижает массогабаритные показатели двигателя.

Режимы эксплуатации по городскому циклу [4].

При работе двигателя в области режимов городского цикла требуется обеспечение минимальных параметров содержания токсических компонент в отработавших газах при сохранении заданных показателей экономичности, надежности и ресурса двигателя.

Достаточно широкий диапазон изменения частоты вращения коленчатого вала двигателя в этих условиях обуславливает большие изменения тепловых потоков, нагружающих систему охлаждения. При этом в спектре режимов преобладают самые неблагоприятные с точки зрения тепло напряжённости двигателя – с малой частотой вращения коленчатого вала при высокой нагрузке на него [7]. В этой зоне большие тепловые потоки от камеры сгорания накладываются на сравнительно низкую интенсивность теплообмена в полостях охлаждения (из-за малой частоты вращения крыльчатки помпы).

Повышенные тепловые нагрузки следует компенсировать регулированием температуры охлаждающей жидкости в радиаторе путем дополнительного обдува ребер охлаждения управляемым вентилятором, а также повышением скорости вращения крыльчатки помпы [3].

Важной задачей является определение оптимальной для данного режима уровня температуры охлаждающей жидкости в контуре охлаждения. В этой зоне режимов допустимо и даже желательно обеспечить работу двигателя при максимально высоких температурах деталей камеры сгорания с выполнением ограничений по отсутствию кипения в полостях системы охлаждения, требований надежности работы деталей поршневой группы и головки блока цилиндров, при сохранении допустимого расхода масла на угар, а также с учетом возможного быстрого выхода на режимы внешней скоростной характеристики и обеспечения без детонационной работы двигателя на ней [7].

Повышение температур деталей на этих режимах позволяет существенно повысить качество сгорания топливовоздушной смеси в цилиндрах двигателя из-за уменьшения размера зоны пристеночного (медленного) сгорания [4]. Это, в свою очередь, способствует резкому уменьшению выхода остаточных углеводородов (СН) при некотором росте выхода оксидов азота.

Кроме того, умеренное повышение температуры рабочей зоны цилиндров, поршней и поршневых колец способствует снижению мощности механических потерь, что, в совокупности с ростом индикаторного К.П.Д. из – за ограничения потерь тепла в систему охлаждения и повышения полноты сгорания, обеспечивает снижение эксплуатационных расходов топлива.

Наиболее эффективным алгоритмом с точки зрения надежности работы деталей ЦПГ было бы поддержание одинаковой температуры цилиндров вне зависимости от режима работы двигателя (в области городского цикла). Это также может быть обеспечено гибким алгоритмом управления комплексом

«помпа-вентилятор-жалюзи» [2].

Очевидно, что важнейшей задачей, решаемой на стадии реализации вышеуказанного алгоритма, является определение пороговых значений температур с учетом требований надежности, расхода масла на угар и ресурса работы двигателя.

Режимы максимальной мощности.

Особенностями работы двигателя на этих режимах является высокая степень как механической, так и тепловой нагруженности. Для обеспечения надежной работы узлов трения (подшипников коленчатого вала и поршневых колец) на этих режимах требуется снижение температур деталей, в первую очередь – поршневой группы и цилиндров, ниже уровня температур, заданных для режимов городского цикла. Однако особенности расходных характеристик помп с механическим приводом показывают, что при частотах вращения выше 4000 об/мин, наблюдается стабилизация расхода охлаждающей жидкости, то есть при дальнейшем росте оборотов двигателя не наблюдается аналогичного роста расхода в системе охлаждения [5].

Следовательно, в зоне режимов максимальной мощности требуется увеличение производительности помпы свыше той, которая обеспечивается помпой с механическим приводом, и, кроме того, снижение температуры за счет повышения эффективности работы радиатора. Это может быть обеспечено как соответствующей регулировкой работы вентилятора радиатора (обычно не включаемого на этих режимах), так и работой электронных жалюзи.

Режимы резкого сброса оборотов двигателя.

Эти режимы характеризуются пиковой тепловой нагрузкой на двигатель, когда, за счет тепловой инерции, тепловой поток в систему охлаждения резко увеличивается, а прокачка жидкости через систему охлаждения в случае использования помпы с механическим приводом становится минимальной.

Большая часть помп с механическим приводом не справляется с подобным увеличением тепловой нагрузки, что может приводить к перегревам двигателя вплоть до его «закипания» [8].

В управляемой системе охлаждения это обстоятельство легко компенсируется повышением расхода охлаждающей жидкости электрической помпой при обнаружении факта опасного роста температуры охлаждающей жидкости в контуре. Тем самым существенно повышается степень надежности двигателя в целом, а также минимизируются износы, связанные с работой двигателя в

условиях повышенных температур [10].

Режимы эксплуатации двигателя при низких температурах окружающей среды.

При эксплуатации автомобиля в условиях отрицательных температур окружающей среды, особенно при малых пробегах между периодами пуска-остановки, характерных для городского цикла эксплуатации, температура охлаждающей жидкости может быть существенно ниже оптимальной. Это влечет за собой существенный рост токсичности отработавших газов и расхода топлива [4].

Помпа с механическим приводом в данном случае не обеспечивает адаптации системы охлаждения под условия холодного климата. Предлагаемый вариант позволяет минимизировать ухудшение показателей двигателя, вызванное его эксплуатацией в условиях низких температур, путем оптимизации расходной характеристики помпы, а также снижением интенсивности обдува радиатора с использованием электронных жалюзи [5].

Режим предпускового подогрева.

Для ускорения пускового прогрева двигателя предусматривается режим предпускового подогрева, который обеспечивается встроенным нагревателем и возможностью прокачки охлаждающей жидкости через контур охлаждения электрической помпой при выключенном двигателе.

Таким образом, проведя анализ использования интеллектуальной системы охлаждения, можно сделать вывод, что вышеперечисленные алгоритмы оптимального управления системой охлаждения двигателя возможно реализовать только путем разработки и серийного внедрения предлагаемой системы.

Библиографический список

1 Авдеев, М. В. Технология ремонта машин и оборудования [Текст] / М. В. Авдеев, Е. Л. Воловик, И. Е. Ульман. – М. : Агропромиздат, 2010. – 273 с.

2 Боровских, Ю. И. Устройство, техническое обслуживание и ремонт автомобилей [Текст] / Ю. И. Боровских // Учебник для средних профессиональных-технических училищ. – М. : "Высшая школа", 2012. – 129 с.

3 Двигатели ЗИЛ-130 : Руководство по капитальному ремонту. Часть I, II. – М. : КТБ авторемонтного производства, 2013. – 127 с.

4 Дюмин, И. Е. Современные методы организации и технологии ремон-

та автомобилей [Текст] / И. Е. Дюмин, В. А. Какуевичкий, А. С. Силкин. – Киев : Техника, 2009. – 519 с.

5 Крамаренко, Г. В. Техническое обслуживание автомобилей [Текст] / Г. В. Крамаренко, И. В. Барашков. – М. : Транспорт, 2014. – 138 с.

6 Лауш, П. В. Практикум по техническому обслуживанию и ремонту машин [Текст] / П. В. Лауш. – М. : Агропромиздат, 2015. – 83 с.

7 Липкинд А. Г., Гринберг П. И., Ильин А. И. Ремонт автомобиля ЗИЛ-130. – М. : Транспорт, 2014. – 57 с.

8 Маслов, М. П. Качество ремонта автомобилей [Текст] / М. П. Маслов. – М. : Транспорт, 2010. – 187 с.

9 Ремонт автомобилей. Учебник для автотранспортных техникумов [Текст] / Под редакцией кандидата юридических наук С. И. Румянцева. – 2-е издание переработанное и дополненное с иллюстрациями и таблицами. М. : Транспорт, 2012. – С. 40-41.

10 Технология ремонта автомобилей [Текст] / Под редакцией Л. В. Дехтеринского. – М. : Транспорт, 2009. – 129 с.

11 Техническое обслуживание и ремонт машин [Текст] / Под общей редакцией И. Е. Ульмана. – М. : Агропромиздант, 2011. – 258 с.