

Разработанные КМ могут найти применение при получении мелкокристаллических лигатур для модифицирования алюминиевых сплавов, а также в качестве связки для абразивного инструмента.

*Исследования поддержаны грантом РФФИ 14-08-90011 и БРФФИ Т14Р-198.*

#### Литература

1. Марукович, Е.И. Модифицирование сплавов / Е.И. Марукович, В.Ю. Стеценко. – Минск: Беларус. навука, 2009. – 192 с.
2. Чернышова, Т.А. О модифицировании литых алюмоматричных композиционных материалов тугоплавкими наноразмерными частицами / Т.А. Чернышова, Л.И. Кобелева, И.Е. Калашников // *Металлы*. – №1. – 2009. – С. 79 – 87.
3. Калашников, И.Е. Алюмоматричные композиционные материалы с наполнителями из шунгитовых пород / И.Е. Калашников, В.В. Ковалевский, Т.А. Чернышова, Л.К. Болотова // *Металлы*, 2010. – №6. – С. 85 – 95.
4. Витязь, П.А. Аспекты создания наноструктурированных композиционных модификаторов для сплавов алюминия. / П.А. Витязь, А.И. Комаров, В.И. Комарова, А.А. Шипко, В.Т. Сенють // *ДАН Беларуси*. – 2011. – Т. 55. – №5. – С.91 – 96.

**УДК 629**

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

**И.В. Хомич**

Полоцкий государственный университет, Новополоцк

Работа двигателя внутреннего сгорания (ДВС) основана на сжигании топлива в ограниченном объеме, в результате чего выделяется теплота. В современном ДВС к.п.д. достаточно низкий – до 30%, поэтому основная (70%) часть тепловой энергии, которая не была преобразована в механическую, должна быть рассеяна и отведена от ДВС, т.к. двигатель работает эффективно достаточно в узком температурном диапазоне от +80 до +115 °С, который называется рабочей температурой.

В период сгорания горючей смеси температура в цилиндре достигает 2000 °С и более. Сильный нагрев может вызвать нарушения нормальных рабочих зазоров и, как следствие, усиленный износ, заклинивание и поломку деталей, а также снижение мощности двигателя, за счёт ухудшения наполнения цилиндров горючей смесью, самовоспламенения и детонации. Для обеспечения нормальной работы двигателя необходимо охлаждать детали, соприкасающиеся с горячими газами, отводя от них тепло в атмосферу непосредственно либо при помощи промежуточного тела (воды, низкозамерзающей жидкости). При чрезмерно сильном охлаждении рабочая смесь, попадая на холодные стенки цилиндра, конденсируется и стекает в картер двигателя, где разжижает моторное масло. Как

следствие этого, мощность двигателя уменьшается, а износ увеличивается. При понижении температуры масло густеет. Это является причиной того, что масло хуже подается в цилиндры и увеличивается расход топлива, уменьшается мощность. Поэтому система охлаждения должна ограничивать температурные пределы, обеспечивая наилучшие условия работы двигателя.

**Система охлаждения двигателя внутреннего сгорания** – совокупность устройств, обеспечивающих подвод охлаждающего хладагента к нагретым деталям двигателя и отвод от них в атмосферу лишней теплоты, которая должна обеспечивать оптимальную степень охлаждения и возможность поддержания в требуемых пределах теплового состояния двигателя при различных режимах и условиях работы.

К системе охлаждения предъявляются требования, которые согласно разработке фирмы «CumminsEngineCompanу» можно квалифицировать следующим образом:

- следует добиваться максимума от возможностей системы охлаждения, которая должна соответствовать спецификам двигателя, ни при каких условиях не должна быть превышена максимальная верхняя температура охладительного резервуара, приводимая в списке характеристик двигателя;
- система охлаждения должна иметь устройство для удаления поступающего воздуха и независимо от типа используемой системы деаэрации удалять воздух в то время, которое определено характеристикой двигателя;
- должна быть предусмотрена возможность для расширения охлаждающей жидкости на 4-6% от общего объема системы;
- при работе двигателя на больших оборотах и холостом ходу давление у входа в жидкостный насос должно быть больше, чем атмосферное, температура хладагента должна находиться в пределах 83-89 градусов Цельсия;
- должно выполняться условие относительных потерь жидкости из замкнутой системы, равных по меньшей мере минимально возможному опорожнению, указанному в характеристике двигателя;
- система охлаждения должна вентилироваться в процессе заполнения, а также должна существовать возможность ее заполнения со скоростью порядка 22, 7 л/мин приблизительно до 90% от ее емкости;
- системы охлаждения должны иметь устройства аварийной сигнализации в случае критического повышения температуры хладагента. Такой сигнал может быть как звуковым, так и визуальным.

Примером решения данных требований может послужить разработка концерна DaimlerAG, который начал в 2012 г. выпускать бензиновые 4-цилиндровые двигатели M270 и M274 рабочим объемом 1,6 и 2 л. При разработке данных двигателей особое внимание было уделено системе охлаждения. Интенсивность циркуляции охлаждающей жидкости и ее темпе-

ратура регулируются электроникой в зависимости от режима работы. При холодном пуске и последующем прогреве циркуляция жидкости через двигатель полностью отсутствует, поэтому он быстро приобретает рабочую температуру. Работа термостата также регулируется электроникой, которая изменяет его характеристику в зависимости от режимов работы двигателя. Сдерживание роста температуры отработавших газов обогащением смеси используется только при движении автомобиля со скоростями свыше 200 км/ч. Охлаждающие каналы в головке цилиндров расположены в два этажа. Нижние каналы заужены для повышения скорости охлаждающей жидкости в них. В частности, ширина каналов, проходящих между свечами зажигания и форсунками, уменьшена до 3 мм. Благодаря этому обеспечивается интенсивное охлаждение этих компонентов, а также перемычек между клапанами. Каналы второго этажа имеют относительно большие сечения, поэтому охлаждающая жидкость движется в них медленно, не создавая излишнюю нагрузку на насос.

Система охлаждения должна обеспечивать заданную температуру охлаждающей жидкости на всех скоростных и нагрузочных режимах двигателя. При этом затраты мощности двигателя на привод вентилятора и водяного насоса должны быть наименьшими.

Затраты мощности на работу системы охлаждения можно оценить таким понятием, как удельный расход

$$\varepsilon = N_{CO} / N_E,$$

где  $N_{CO} = N_B + N_{B.H.}$  – соответственно мощность на привод вентилятора и водяного насоса;

$N_E$  – эффективная мощность, развиваемая двигателем.

При прочих равных условиях система более совершенна, чем меньше удельный расход мощности. Современные системы охлаждения транспортных средств расходуют около 2-3% максимальной мощности двигателя.

В настоящее время широкое распространение находят двухконтурные жидкостные системы охлаждения. Управление ими может быть обычным или электронным.

Привод вентилятора может осуществляться:

- ременной передачей (ЗиЛ – 431410);
- непосредственным зацеплением шестерен (ЯМЗ – 236, ЯМЗ – 238);
- муфтой вязкостного трения (Д– 260.1);
- электромагнитной муфтой (двигатели ЗМЗ, ЗиЛ);
- гидромуфтой (ЯМЗ – 740).

Жидкостные насосы подразделяются на насосы, имеющие механический привод с частотой вращения, пропорциональной частоте вращения коленчатого вала, и насосы с электрическим приводом, в которых частота вращения не зависит от частоты вращения коленчатого вала.

**Вывод:** Температурный режим ДВС оказывает большое влияние на расход топлива и токсичность отработавших газов. По этому совершенствованию системы охлаждения современных двигателей уделяется большое внимание.

### Литература

1. Якубович, А.И. Системы охлаждения двигателей тракторов и автомобилей / А.И. Якубович, Г. М. Кухаренок, В.Е. Тарасенко. – Минск: БНТУ, 2011. – 254 с.
2. Савич, Е.Л. Легковые автомобили / Е.Л. Савич. – Минск: Новое знание, М.: ИНФРА, 2013. – 758 с.
3. Cummins Engine Company (Rev. 9/82) Printed in U.S.A. Bulletin 3382685, Inc.– Columbus, Indiana 47201.
4. Богданов, Ю.В. Термодинамика инжекторного ДВС / Ю.В. Богданов // Автомобиль и сервис. – 2014. – №4 – С.18 – 21.

УДК 621.793.620.172

## ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОЙ ОБРАБОТКОЙ СТАЛЬНЫХ ГАЗОТЕРМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

М.И. Черновол<sup>1</sup>, Т.В. Ворона<sup>1</sup>, В.И. Жорник<sup>2</sup>, М.А. Белоцерковский<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Кировоградский национальный технический университет, Украина

<sup>2</sup>Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, Минск

**Актуальность исследований.** Качество сельскохозяйственных машин (с-х) в значительной мере определяется ресурсом их работы, который обусловлен износостойкостью деталей, являющейся важной эксплуатационной характеристикой. Износ деталей приводит к нарушению агротехнических требований, и как следствие – к уменьшению урожайности. В результате изнашивания изменяются свойства деталей, силы трения, увеличиваются зазоры, нарушается герметичность, а также возникают изменения в структуре материала. Анализ многочисленных исследований показал, что одним из наиболее эффективных способов борьбы с износом является нанесение износостойких покрытий на рабочие поверхности деталей. В с-х машиностроении изготовление деталей с износостойкими покрытиями ограничено, что является одной из причин их недостаточного ресурса. Наиболее перспективным методом повышения срока службы деталей сельскохозяйственной (почвообрабатывающей, зерноуборочной, кормоуборочной, перерабатывающей и др.) техники является формирование на рабочих поверхностях деталей износостойких покрытий из наиболее доступных и дешевых материалов в сочетании с низкостоимостными технологиями их