

Колеснікова Тетяна Миколаївна, к.т.н., доцент, ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», tnk1403@ukr.net
Маслак Вадим Олександрович, студент, ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ БЕСШАТУННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ ДЛЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Достижения уровня развития автомобильных двигателей внутреннего сгорания (ДВС) позволяют по-новому поставить вопрос о применении двигателей нетрадиционных конструкций для дальнейшего снижения расхода топлива, уменьшения выбросов токсичных компонентов с отработавшими газами, а также улучшения показателей по вибрации и шуму. Такие нетрадиционные двигатели, как с переменной степенью сжатия, изменяемым рабочим объемом цилиндров, переменными фазами газораспределения создают перспективы повышения индикаторного КПД на частичных нагрузках, снижения механических потерь и тем самым в будущем смогут заменить ДВС с традиционным кривошипно-шатунным механизмом (КШМ).

В этих условиях возникает привлекательная возможность применения в поршневом двигателе нетрадиционного бесшатунного кривошипно-кулисного механизма (ККМ). Двигатели этой категории имеют синусоидальный закон движения поршня, в них присутствуют только силы инерции первого порядка, которые могут быть легко уравновешены с помощью противовесов.

Два опытных образца бесшатунных двигателей с ККМ объемом 1000 см^3 были изготовлены в США. Для производства этих ДВС было использовано до 90% стандартного технологического оборудования.

Большие работы по созданию бесшатунных двигателей с ККМ проводятся немецкой фирмой Ficht. В 1988 г. фирмой разработан двухтактный дизель с керамическими деталями: поршнем, кольцами и гильзой цилиндра. На протяжении 12 лет фирма Ficht разработала и начала производство двухцилиндрового дизеля мощностью 15 кВт. В этом же году фирмой разработан трехцилиндровый двигатель с ККМ объемом 1400 см^3 для легкового автомобиля. Как считает фирма, возможность внедрения такого двигателя в серийное производство в основном определяется стоимостью его изготовления.

Известны также разработки отдельных авторов. Так, австралийский изобретатель Collins в 1988 г. разработал трехцилиндровый двигатель объемом 1400 см^3 , который развивает мощность 65 кВт при 5000 мин^{-1} . Масса составляет 60 кг. Англичанин Вак David разработал двухтактный двухцилиндровый оппозитный двигатель с ККМ, который отличается компактностью конструкции и высокой степенью очистки цилиндров от отработавших газов.

В Донецком национальном техническом университете совместно с Приднепровской государственной академией строительства и архитектуры (Украина), начиная с 80-х годов прошлого столетия, ведутся под руководством д.т.н., проф. Мищенко Н.И. научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по созданию бесшатунного двигателя с ККМ.

В данной работе представлены некоторые результаты работ по данному бесшатунному двигателю с ККМ.

Особенности термодинамического цикла бесшатунного двигателя. В бесшатунном двигателе скорость изменения объема в конце такта сжатия существенно меньше, чем в обычном двигателе с КШМ. Поэтому теплоотвод в стенки увеличивается, значение показателя политропы сжатия уменьшается, приближая процесс сжатия к изотермическому. При этом уменьшается работа сжатия. Поскольку в бесшатунном двигателе с ККМ время нахождения поршня вблизи ВМТ больше, чем в ДВС с КШМ, то при одинаковом времени процесса сгорания доля потерянного хода на такте расширения в бесшатунном двигателе будет меньше. При этом, как показывают расчеты, в бесшатунном двигателе по сравнению с классическим обеспечивается на 2...4% лучшая топливная экономичность.

Следует также отметить, что в бесшатунном двигателе повышается эффективность сгорания вследствие увеличения продолжительности воздействия на рабочую смесь высоких давлений и температур в конце сжатия из-за большего времени пребывания поршня вблизи ВМТ.

Механические потери. На основе экспериментальных исследований разработана модель механических потерь двигателя с различной кинематикой и переменной степенью сжатия, которая учитывает комплексную связь составляющих механических потерь с параметрами рабочего процесса и конструкцией двигателя. Составляющие механических потерь включают: потери на трение поршня, поршневых колец, коленчатых валов и ползунов; потери на привод синхронизирующих шестерен и вспомогательных механизмов; потери на газообмен.

Сравнительная оценка механических потерь позволила установить, что в бесшатунном двигателе по сравнению с классическим:

- общие механические потери меньше на 20...35%;
- потери на трение поршня без колец меньше в среднем в 9 раз и не зависят от нагрузки двигателя и зазора между поршнем и цилиндром. Эти потери слабо зависят от частоты вращения коленчатого вала;
- потери на трение в группе ККМ больше, чем в КШМ на 30...40%;
- потери на газообмен меньше на 6...12% при оптимальных фазах газораспределения.

Двигатель с переменной степенью сжатия. На протяжении последних десяти лет при участии автора разработан бесшатунный двигатель с переменной степенью. Бесшатунный двигатель разработан на базе серийно выпускаемого двигателя Opel с рабочим объемом 1500 м³ и номинальной степенью сжатия 9. Двигатель четырехтактный, четырехцилиндровый с электронным впрыском топлива.

В данной работе получена сравнительная оценка влияния степени сжатия на показатели бесшатунного и классического двигателей. Расчеты были проведены на совмещенных математических моделях рабочего цикла и механических потерь для нагрузочных и скоростных характеристик двигателей при оптимальных значениях величины степени сжатия на частичных режимах.

Полученные данные показывают, что при регулировании степени сжатия на частичных режимах топливная экономичность бесшатунного двигателя по сравнению с классическим в среднем лучше на 5...10%.

Двигатель с модульным отключением цилиндров. Термин «модульное» отключение цилиндров обуславливается тем, что автомобильный двигатель в этом случае разделяется на несколько независимых частей (секций, модулей), которые вступают в работу по мере повышения нагрузки. Каждый модуль подразумевает возможность остановки поршня (поршней) при сохранении рабочего процесса в других модулях (цилиндрах). Полное отсутствие в отключенных цилиндрах потерь на трение между поршнем и цилиндром, а также потерь на газообмен (за счет остановки поршня), определяют существенное преимущество модульного способа отключения цилиндров по сравнению с другими системами отключения цилиндров (отключение топливоподачи, остановка клапанов и др.).

Следует отметить, что несмотря на очевидное преимущество модульного способа отключения цилиндров, на сегодня не найдена конструкция такого двигателя, способная для серийного производства. Практически все исследователи отмечают, что при отключении цилиндров путем остановки поршня расход топлива снижается на 27...36%, однако использование модульных двигателей обязательно приводит к ухудшению массо-габаритных показателей и увеличению стоимости силовых установок, а также нарушению уравновешенности двигателя.

Одним из возможных конструктивных вариантов двигателя, который позволяет без существенных усложнений применять модульную конструкцию, является бесшатунный двигатель с ККМ.

В настоящее время разработан и выполнен в металле экспериментальный образец бесшатунного двигателя с модульным отключением цилиндров. Механизм отключения цилиндров имеет электро-гидравлический привод. Время срабатывания механизма составляет 0,05...0,15с. Механизм обеспечивает отключение цилиндров с любым алгоритмом остановки поршней.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований четырехцилиндрового двигателя показывают, что, например, при частоте вращения 2800 мин^{-1} и двух работающих цилиндрах экономия топлива составляет 29,61%. Установлено, что независимо от количества работающих цилиндров экономия топлива возрастает с увеличением частоты вращения коленчатых валов.

Проведенные исследования свидетельствуют о целесообразности применения модульного отключения цилиндров в бесшатунном двигателе с ККМ. Такой вывод не вызывает сомнений, если учитывать намного более простую по сравнению с известными двигателями реализацию модульного принципа отключения цилиндров в двигателе с ККМ.