Перспективы развития бензиновых двигателей с продолженным расширением рабочего тела

Татарников А.П., Шустров Ф.А.

ЗАО "МПОТК"ТЕХНОКОМПЛЕКТ"

Цикл с продолженным расширением рабочего тела, реализованный в дифференциальном газовом двигателе Дж. Аткинсоном в 1884 году не получил широкого распространения из-за сложной кинематической схемы и сниженных энергетических показателей по сравнению с двигателем работающим по циклу Отто. В середине 20 в Р.Миллер реализовал цикл с продолженным расширением за счет позднего закрытия впускного клапана, наддува и охлаждения наддувочного воздуха [1]. Схема Миллера или Аткинсона-Миллера является более реальной для применения в серийно выпускаемых двигателях, так как не требует регулирования геометрической степени сжатия.

На сегодняшний день успешно реализовали данную концепцию в серийном производстве фирмы Toyota и Mazda. Двигатель 1NZ-FXE для гибридной силовой установки автомобиля Toyota Prius [2] работает по циклу с продолженным расширением. Двигатель рабочим объемом 1.5 л развивает мощность 42.7 кВт при 4000 мин-1, имеет геометрическую степень сжатия/расширения 13.5, однако бездетонационную работу двигателя обеспечивает система изменения фаз газораспределения, которая позволяет снижать фактическую степень сжатия на больших нагрузках до 9 для предотвращения детонации, а на частичных нагрузках уменьшать насосные потери для дополнительного снижения расхода топлива.

Mazda реализовала концепцию Аткинсона-Миллера на двигателе KJ для автомобиля Mazda Xedos 9. Двигатель V6 объемом 2.3 л с установленным приводным нагнетателем типа Lysholm развивает мощность 157 кВт при 5300 мин-1. Двигатель KJ разработан для постоянной работы по циклу Миллера имеет геометрическую степень сжатия 10, фактическая степень сжатия зависит от давления наддува и момента закрытия впускного клапана. Снижение энергоэффективных параметров двигателя в связи с работой по циклу с продолженным расширением рабочего тела было скомпенсировано установкой приводного нагнетателя и системы охлаждения наддувочного воздуха. Такое решение позволило добиться высокой мощности двигателя при сниженном расходе топлива. Одной из последних разработок фирмы Mazda в данной области является атмосферный двигатель MZR объемом 1.3 л мощностью 62 кВт анонсированный в 2007 году устанавливаемый на Mazda Demio. Двигатель оснащен системой изменения фаз газораспределения SVT для предотвращения детонации и снижения насосных потерь до 20%. По данным разработчиков автомобиль способен проехать 23 км на 1 л бензина при этом соответствует экологическому классу SU-LEV.

Помимо цикла Миллера существует концепция Отто-Аткинсона, которая предусматривает изменение геометрической степени сжатия за счет различных систем и механизмов. Концепция Отто-Аткинсона превосходит цикл Миллера по эффективным показателям и экономичности, однако создать надежную систему управления степенью сжатия с хорошим быстродействием пока не удается.

Исследования в данном направлении ведутся так же и российскими учеными. В рамках государственного контракта № 16.526.12.6007 от «08» июля 2011 г. при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации был разработан опытный образец двигателя с механотронной системой управления газообменом и сгоранием, который позволил экспериментально реализовать цикл с продолженным расширением рабочего тела. Применение цикла с продолженным расширением на опытном образце двигателя позволило снизить расход топлива на 15% и снизить уровень выбросов вредных веществ в отработавших газов.

Разработка двигателей внутреннего сгорания, работающих по циклу с продолженным расширением, позволит улучшить экологические показатели существующих двигателей, а так же обеспечить современные экологические нормы по выбросам вредных веществ.

1. Miller, R.H. «Supercharging and internally cooling for high output», ASME Transactions, Vol.69, стр. 453-464, 1947.
2. Yamaguchi J. «Toyota Prius», Automotive Engineering International, № 1, 1998.