

УДК 629.621.43

В.Г. Некрасов, канд. техн. наук

ДВИГАТЕЛЬ ДЛЯ АВТОМОБИЛЯ МАЛОГО КЛАССА

Введение

Насыщение городов автомобильным транспортом, проблемы с парковкой автомобилей в деловых и спальных районах городов, ухудшение состояния атмосферы в городах, рост стоимости моторного топлива привели к тому, что автомобиль малого класса становится все более популярным. Это подтолкнуло автомобильные фирмы на увеличение выпуска таких автомобилей и совершенствование этого класса автомобилей.

Увеличивается производство автомобилей малого класса и в странах СНГ. Россия в "Концепции развития автомобильной промышленности" при общем росте объема производства автомобилей ставит задачу увеличения доли автомобилей малого класса. В связи с этим в России в дополнении к уже выпускающимся автомобилям малого класса ("Ока") на ЗМА КамАЗ и СеАЗ организуется производства таких автомобилей на заводе в Елабуге, возобновляет производство "Оки" ВАЗ ("Ока-2"), создана новая модель микроавтомобиля "Мишка" и начато его производство на ЗИЛе. В Украине на ЗАЗ продолжается выпуск "Таврии" и ее новых модификаций Nova и Slavuta. В Узбекистане действует сборочное производство автомобилей "Tico". В Казахстане завод "Искер" имеет соглашение с КамАЗом о сборочном производстве автомобилей "Ока".

В то же время в странах СНГ ощущается дефицит двигателей для автомобилей малого класса, что ограничивает возможность производства таких автомобилей. Проблемой расширения производства автомобилей малого класса является не только дефицит двигателей соответствующего класса, что явля-

ется чисто производственной проблемой, но и отсутствие качественного двигателя, отвечающего современным требованиям. Этот факт подчеркивался практически на всех последних автомобильных и двигательных выставках.

Качество двигателя – это высокие показатели топливной экономичности, удовлетворение экологическим требованиям, высокая надежность и большой межремонтный ресурс при минимальном техническом обслуживании. Требования высокой экономичности нашли уже воплощение в понятии "трехлитровый автомобиль", подразумевая под этим средний эксплуатационный расход топлива на 100 км. Экологические требования – это удовлетворение нормативам "Евро-3" и "Транспортные средства со сверх низкими выбросами" (США), а в перспективе и "Евро-4" (вводятся в ЕЭС с 2005 г.) и "Транспортные средства с нулевыми выбросами" (эмиссия токсичных компонентов в сумме менее 0,00... г/км).

Двигатель современного автомобиля должен иметь высокую надежность. При этом производство двигателей, хотя и должно использовать современные технологии, но такие, которые освоены в массовом масштабе и были бы сильны машиностроительным заводам с традиционными современными технологиями машиностроения.

Постановка задачи работы

Отсутствие на рынке стран СНГ двигателя для автомобиля малого класса, удовлетворяющего современным требованиям, послужило основанием того, что Национальная Инженерная Академия Республики Казахстан выступила с инициативой по раз-

работке двигателя для автомобиля малого класса нового поколения. Непосредственная работа в этом направлении (этап ОКР) началась с 2002 г. Но этому предшествовал достаточно большой период информационно-аналитических и расчетно-теоретических исследований (этап НИР) по двигателям малой мощности, поскольку в большинстве случаев имеющиеся конструкции двигателей такого типа далеко не соответствовали современным требованиям.

Технологическая схема двигателя

В соответствии с тенденциями в двигателестроении, высокие качественные показатели двигателя могут быть получены только при реализации ряда перспективных технических решений, увязанных в единый комплекс [4]. Основным принципом, используемым при конструировании двигателя, является сочетание бинарного (парогазового) цикла [15, 16] и двухступенчатого сгорания топлива в режиме неполного окисления в первичном двигателе (partial oxidation) с дожиганием продуктов неполного сгорания в камере вторичного сгорания перед паровым утилизатором [12, 13].

Двигатель оптимизирован по мощности, что исключает его работу в нерасчетном режиме на автомобиле малого класса. Базой комбинированного двигателя является поршневой дизельный двигатель [6]. В состав двигателя включается утилизатор с паровой турбиной, работающий по циклу Ренкина [14]. Высокая степень сжатия, характерная для дизельного двигателя [6], и утилизация энергии в паровом утилизаторе [19] обеспечивают высокий термический КПД. Достижение экологических требований обеспечивается использованием в поршневой части богатой топлива - воздушной смеси, обеспечивающей образования малого количества оксидов азота [5, 7, 20]. Кроме того, продукты неполного сгорания, обра-

зующиеся в таком режиме в большом количестве, как окись углерода и водород [5] раскисляют малый проскок оксидов азота, снижая их содержание до минимума и обеспечивая их возможную эмиссию на порядок меньше, чем во всех известных двигателях [11]. Последующее дожигание продуктов неполного сгорания позволяет снизить до минимума содержание в продуктах сгорания токсичных окиси углерода и углеводородов [1]. Тепло отработанных газов, как и тепло дожигания используется для выработки полезной мощности в паровом утилизаторе [15, 16, 19].

Технические решения

Кроме отмеченных выше основных приемов для получения высоких показателей в конструкции двигателя применен комплекс технических решений второго уровня. В отличие от обычного дизельного цикла в конструируемом двигателе на всех режимах работы поддерживается постоянное значение коэффициента избытка воздуха. Количество воздуха в цикловом заряде регулируется при помощи цикла Аткинсона, заключающегося в перепуске в режиме частичной нагрузки двигателя излишнего воздуха во впускной коллектор после прохождения поршнем нижней мертвой точки [8]. Такой цикл реализуется благодаря применению гидравлической системы управления клапанами с регулируемой фазой закрытия впускного клапана, что снижает насосные потери и повышает механический КПД двигателя. В двигателе на всех режимах работы поддерживается постоянная степень сжатия, при этом степень расширения по мере снижения вырабатываемой мощности увеличивается. Следовательно, в режимах частичной нагрузки, как наиболее вероятной для городского автомобиля, реализуется продолженное расширение, при этом термический КПД в этом режиме работы возрастает, увеличивая эффективный КПД.

В двигателе благодаря применению бесшатунного механизма преобразования движения с линейно движущимся штоком поршней [2, 3] обеспечивается изолирование подпоршневого пространства цилиндра от картера и использование нижней части цилиндра в качестве воздушного компрессора для получения сжатого воздуха, используемого для дожигания продуктов неполного сгорания в камере вторичного сгорания парового утилизатора. При этом обеспечивается внутренне охлаждение цилиндра и тыльной стороны поршня воздухом, а также исключается необходимость иметь дополнительный компрессор для получения воздуха для дожигания горючих и токсичных продуктов неполного сгорания, также как и отдельную систему охлаждения. Отделение картера двигателя от горячего цилиндра исключает загрязнение масла продуктами сгорания и потерю смазывающих свойств за счет разложения масла при контакте с горячими поверхностями.

Гильза цилиндра и его головка выполняются из жаростойкой стали с низким коэффициентом теплопроводности. Это позволяет иметь температуру гильзы около 500°С, за счет этого исключить специальную систему охлаждения, что уменьшает потери тепла на охлаждение и повышает относительный КПД. Уплотнение поршня в цилиндре планируется "сухим" с использованием твердого антифрикционного материала и с упрочнением зеркала цилиндра напылением нитрида титана. Горячий цилиндр влияет на уменьшение содержания в продуктах неполного сгорания углеводородов, опасных как канцерогены. Бесшатунный механизм преобразования движения (механизм С.С. Баландина [2]), в сочетании с сухим уплотнением поршня в цилиндре обеспечивает повышенный механический КПД за счет линейного движения штока поршня и снижения потерь на

трение в цилиндропоршневой группе.

В системе дожигания продуктов неполного сгорания применяются методы интенсификации массообмена, а именно, высокая турбулизация газов в камере промежуточного дожигания при ее выполнении в виде циклонного аппарата [10], воздействие на газы ультразвука [9, 18] и обогащение воздуха озоном [17]. Это обеспечивает полное сгорание окиси углерода, углеводородов и сажи и максимальное снижение концентрации этих токсичных компонентов в продуктах сгорания с получением нейтральных диоксида углерода и паров воды и с последующим использованием тепла сгорания горючих компонентов в паровом утилизаторе.

Прогнозные показатели

Прогнозный эффективный КПД двигателя при номинальной мощности ожидается равным не менее 50 %, причем с возрастанием эффективности двигателя при пониженных нагрузках. Этому соответствует удельный расход топлива в режиме номинальной мощности 164...158 г/кВт·ч. При использовании такого двигателя на автомобиле малого класса первой группы (субкомпактного класса или микроавтомобиле) ожидаемый эксплуатационный расход топлива составит менее 3 л/100 км.

Прогнозные экологические показатели должны удовлетворять нормативам «Евро-3» и «Транспортные средства со сверхнизкими выбросами» (ТССНВ, США) и приближаются к требованиям «Евро-4» (вводятся в странах ЕЭС с 2005 г.) и «транспортные средства с нулевыми выбросами» (ТСНУВ) (суммарные выбросы токсичных компонентов менее 0,00...г/км).

На опытный образец двигателя в полном объеме выполнена конструкторская документация.

В настоящее время опытный образец рассмот-

ренного двигателя выполняется на одном из предприятий ВПК в Казахстане. В 2005 г. планируется провести доводку опытного образца двигателя и выполнить его стендовые испытания.

Список литературы:

1. Азарова Ю.В., Кузнецова Н.Я. Новое об относительной агрессивности углеводородов // *Автомобильная промышленность*. – 1999. – № 3. – С. 14 – 16. 2. Баландин С.С. Бесшатунные двигатели внутреннего сгорания. – М.: Машиностроение, 1972. – 176 с. 3. Будкин А. Не шатун, а шток // *За рулем*. – 1999. – № 11. – С. 168 – 169. 4. Великанов Д.П. Научно-технические проблемы транспортной энергетики // *Совершенствование транспортной энергетики: Сб. науч. тр.* – М.: Наука, 1988. – С. 11 – 43. 5. Воинов А.Н. Сгорание в быстроходных поршневых двигателях. – М.: Машиностроение, 1977. – 274 с. 6. Современные автомобильные двигатели и их перспективы / М.А. Григорьев, В.Т. Желтяков, Г.Г. Тер-Мкртчян, А.Н. Терехин // *Автомобильная промышленность*. – 1996. – № 6. – С. 10 – 14. 7. Гусаров А.П. Оксиды азота - основная забота разработчиков АТС // *Автомобильная промышленность*. – 1992. – № 8. – С. 13 – 15. 8. Дмитриевский А. Как обойтись без дросселя // *За рулем*. – 1999. – № 1. – С. 53 – 54. 9. Источники мощного ультразвука / Под ред. Л.Д. Розенберга. – М.: Наука, 1967. – 378 с. 10. Калишевский Л.Л., Кацнельсон Б.Д., Кнорре Г.Ф. Циклонные топки. – М.: ГЭИ, 1958. – 216 с. 11. Патент РФ № 2113890. Способ очистки дымовых газов от оксидов азота / О.Н. Кулиш, С.А. Кужетаева, Т.В. Зайцева, В.П. Герасимова, Н.Г. Гладкая, Г.С. Аكوпова. 12. А.с. СССР 1809141.

*Способ преобразования теплоты топлива в полезную механическую энергию в цикле с многоступенчатым подводом теплоты к рабочему телу / В.М. Масленников, В.Я. Штеренберг. 13. Модернизация паротурбинных установок путем газотурбинных надстроек с частичным окислением природного газа / В.М. Масленников, В.М. Батенин, В.Я. Штеренберг, Ю.А. Выскубенко, Э.А. Цалко // *Теплоэнергетика*. – 2000. – № 3. – С. 39 – 46. 14. Некрасов В.Г. Плюс цикл Ренкина // *Автомобильная промышленность*. – 1997. – № 2. – С. 13 – 16. 15. Селиверстов Р.М. Утилизация тепла в судовых дизельных установках. – Л.: Судостроение, 1973. – 354 с. 16. Сырмай А.Г. Основные направления энергетики морского флота // *Совершенствование транспортной энергетики: Сб. науч. тр.* – М.: Наука, 1988. – С. 89 – 123. 17. Цыганков С.Г. Влияние добавок озона на характеристики тепловозного двигателя 10Д100 // *Новое в охране труда, окружающей среды и защите человека в чрезвычайных ситуациях: Сб. науч. тр.* – Алматы, 2002. – С. 87 – 88. 18. Шапко В.Ф., Дунь С.В. Звуковые колебания уменьшают выброс сажи // *Автомобильная промышленность*. – 1998. – № 4. – С. 18 – 19. 19. Шокотов Н.К. О располагаемых резервах повышения КПД дизеля 6ЧН26/34 и карбюраторного двигателя ЗИЛ-130 в случае применения на них систем утилизации. // *Двигатели внутреннего сгорания: Сб. науч. тр.* – Харьков, Вища шк., 1984. – Вып. 40. – С. 18 – 23. 20. Якубовский Ю. *Автомобильный транспорт и защита окружающей среды*. – М.: Транспорт, 1979. – 198 с.*