

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ ДВИГАТЕЛЯ

В.Г. Некрасов, М.К. Куанышев, А.К. Каукаров, А.Т. Мухтаров

В Казахстане развивается автомобильная промышленность. В настоящее время она идет по традиционному пути, организации сборочного производства. Такой путь позволяет решать вопрос автомобилизации с количественной точки зрения, т.е. увеличивать автомобильный парк. Но при этом качественные показатели зависят от производителей комплектующих изделий. Действующая «Стратегия индустриально-инновационного развития Республики Казахстан на 2003-2015 гг.» ставит задачу развития машиностроения, в том числе, транспортного и сельскохозяйственного машиностроения, производства конкурентноспособной продукции, переход на международные стандарты. В Казахстане имеются предприятия двигателестроения, поэтому двигатели нового поколения при определенных условиях для развивающейся автомобильной промышленности могут производиться в республике. В настоящее время в двигателестроении накоплен большой комплекс технических решений, повышающих качественные показатели двигателей внутреннего сгорания, но в силу различных причин они не все применяются на практике двигателестроения. В работе рассматривается вопрос о применении комплекса перспективных технических решений, применение которых позволит поднять конструируемые двигатели на новый качественный уровень. Изложенный подход представляет собой программу развития двигателестроительной отрасли республики.

Для повышения качественных показателей двигателя внутреннего сгорания, в первую очередь, увеличения топливной эффективности и снижения токсичности отработавших газов, требуется положительное влияние на все составляющие эффективности, а именно, на термический КПД, относительный КПД (определяющий потери тепла на охлаждение и совместно с термическим КПД определяющим индикаторный КПД), механический КПД. На рис. 1 приведена блок-схема мероприятий по совершенствованию ДВС. Подготовительные процессы в двигателе идут по обычной схеме, это сжатие, сгорание топлива. В результате в цилиндре возникает повышенное давление сгорания. Расширение в обычном двигателе происходит до давления, превышающего атмосферное, и равное

4-5 кг/см². При этом известно, что за счет охлаждения газов в цилиндре часть тепловой энергии газов теряется без совершения работы, а также не вся потенциальная энергия газов преобразуется в полезную работу. Известный метод турбокомпаундирования повышает эффективность двигателя, но турбокомпаундирование применимо для двигателей большой мощности с большим объемом газов. Для двигателей легковых автомобилей при их относительно небольшой мощности целесообразно применение других методов повышения индикаторного КПД.

Одним из таких методов, как альтернатива турбокомпаундированию, является продолженное расширение (1). Метод заключается в том, что в цилиндре при такте впуска производится впуск воздушного заряда, меньшего, чем полный объем цилиндра (наполнительный объем, например, 40 %, что определяется расчетом, от полного объема цилиндра). А расширение производится при использовании 100 % объема цилиндра, давление в конце расширения становится равным атмосферному, следовательно, преобразование потенциальной энергии газов (его давления) в полезную работу произошло более эффективно. Процесс продолженного расширения реализуется на двигателях только при соответствующей настройке системы газораспределения, точнее, установке фазы закрытия впускных клапанов, обеспечивающих обратный перепуск некоторой части газов во впускной коллектор.

Другое мероприятие повышения эффективности двигателя основано на снижении потерь тепловой энергии при расширении газов в цилиндре (2). Снижение потерь тепла достигается при помощи выполнения гильзы и головки цилиндра, а также поршня из сзромоникелевого сплава, что уменьшает потери тепла в цилиндре в три и более раз. А выполнение поршня в целом или его днища из такого сплава снижает потери тепла через поршень по сравнению с поршнями из алюминиевого сплава в 10 раз. В целом, применение материалов для выполнения цилиндра-поршневой группы с малой теплопроводностью повышает эффективность процесса преобразования энергии.

Кроме отмеченных мероприятий на повышение индикаторного КПД положительно влия-

ют такие технические решения, как высокая скорость сгорания, обеспечиваемая высоким давлением топлива при инжекции и его тонким распыливанием, также предварительным его подогревом (мероприятие 3), причем ударные нагрузки на поршень и кинематические узлы механизма преобразования движения исключаются при применении демпфирующей вставки в узле крепления поршня к штоку.

Камера сгорания конструируется с использованием волновых процессов за счет ее конфигурации (Патент Казахстана, мероприятие 4), что также положительно отражается на термическом и индикаторном КПД.

Большое влияние на суммарную эффективность двигателя оказывают технические решения, положительно влияющие на

повышение механического КПД двигателя. Так, кривошипно-кулисный механизм преобразования движения (мероприятие 5) имеет число кинематических пар, равное числу пар в кривошипно-шатунном механизме, только используется две пары скольжения и одна вращательная. При этом коленчатый вал и кривошипный подшипник используются стандартные, а кулиса имеет две пары скользящих элементов продольного и поперечного движения. Кривошипно-кулисный механизм имеет несколько положительных следствий, поршень крепится к кулисе при помощи линейно движущегося штока, это позволяет отделить горячий цилиндр от масляного картера, выполнить в подпоршневом объеме воздушный компрессор для получения сжатого воздуха (9а, подробнее см. ниже).



Рис. 1. Блок-схема совершенствования двигателя за счет оптимизации параметров и положительного влияния на все составляющие эффективного КПД: термического, относительного (индикаторного), механического, а также применения воздушного утилизационного цикла

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ ДВИГАТЕЛЯ

В то же время отделение поршня от картера требует решения вопроса уплотнения поршня в цилиндре без применения жидкой смазки. Этот вопрос решен выполнением компрессионных колец из твердого антифрикционного материала – меднографита (7). Такой узел снижает потери на трение в цилиндро-поршневой группе, устраняет угар масла, исключает старение масла и потерю им смазывающих свойств в картере двигателя.

Механизм газораспределения в двигателе применяется усовершенствованного типа. При его конструировании возможно применение различных вариантов: многоклапанный, гильзовый (в сочетании с клапанным), золотниковый, последний целесообразно выполнять в виде вращающейся гильзы цилиндра (мероприятие 6). Основным требованием для механизма газораспределения является низкое гидравлическое сопротивление. Вращающийся цилиндр является развитием золотникового типа устройств. Он также обеспечивает реализацию продолженного расширения, так как при дизельном цикле, принятом для рассматриваемых ДВС требуется фиксированная фаза закрытия впускных органов, что не усложняет систему газораспределения.

Механизм преобразования движения расположен в масляном картере при хороших условиях смазки. Кроме этого, подшипники скольжения и вращения выполняются безыносного типа с использованием процесса возбуждения избирательного атомарного переноса (мероприятие 8). Этот процесс выявлен и хорошо исследован, но до настоящего времени не применяется в двигателестроении. Процесс основан на применении пар трения с использованием меди, причем вкладыши для подшипников выполняются геометрически подобными стандартным, а шейки валов обмедняются по специальной технологии.

Применение кривошипно-кулисного механизма с линейно движущимся штоком поршня позволяет использовать подпоршневой объем в качестве воздушного компрессора для утилизации тепла отработавших газов (мероприятие 9). Даже при применении продолженного расширения, что позволяет полностью использовать потенциальную энергию газов, температура газов при выпуске в расчете на номинальную мощность двигателя составляет около 500°C , т.е. не вся термическая энергия газов после сгорания топлива используется. Воздух после сжатия в под-

поршневом компрессоре (см. выше, 9а) подается в газоздушный теплообменник, где нагревается за счет тепла отработавших газов. При открытии впускных окон он под давлением поступает в цилиндр, совершая выработку полезной работы. После прохождения поршнем нижней мертвой точки избыточное количество воздуха сбрасывается в выпускную систему, в цилиндре остается только наполнительный объем воздуха, соответствующий циклу с продолженным расширением. Таким образом, обычный такт наполнения, совершаемый с затратой выработанной мощности, в рассматриваемом случае совершается с выработкой полезной работы, совершенной за счет тепловой энергии отработавших газов.

Влияние на экологические характеристики также обусловлено конструкцией двигателя. Инжекция топлива производится при повышенном давлении, при этом топливо предварительно подогревается, что приводит к быстрому сгоранию топлива. Процесс сгорания в двигателе производится двухстадийный. Инжекция топлива начинается при достижении степени сжатия 15-16, но когда поршень еще не достиг своей верхней мертвой точки. Поэтому в камере сгорания находится только примерно половина воздушного заряда, остальная часть находится между головкой цилиндра и днищем поршня и отделена от камеры сгорания специальным выступом на поршне. При инжекции топлива происходит воспламенение и сгорание при недостатке окислителя (богатой смеси), при таком процессе образуется минимальное количество оксидов азота. При своем движении к верхней мертвой точке поршень вытесняет воздух из объема между головкой и днищем поршня, вдувая воздух в камеру сгорания через тангенциальные щели, что турбулизирует объем газов в камере сгорания и обеспечивает полным количеством окислителя топливо в камере сгорания. При этом сгорают продукты неполного сгорания, окись углерода и углеводороды. Сброс избыточного воздуха при наполнении цилиндра в режиме продолженного расширения также создает условия для дожигания горючих компонентов, которые не успели сгореть в цилиндре. Отсутствие жидкой смазки в цилиндре исключает появление в газах бензпирена. Медные трубки газоздушного теплообменника с окисной пленкой меди выполняют функции низкотемпературного катализатора для дожигания продуктов неполного сгорания топлива. В целом процесс сгорания предполагает низкое

содержание токсичных компонентов в отработавших газах.

Прогнозные показатели топливной экономичности рассматриваемого двигателя ожидаются на уровне 150-160 г/кВт.ч, что на 30 % экономичнее достигнутых сегодня. Экологические показатели ожидаются обеспечиваемыми нормативы «Евро-4» и в перспективе «Евро-5».

Таким образом, предложен комплекс мероприятий для совершенствования и оптимизации ДВС. Рассмотренные технические решения научно обоснованы и апробированы в различных опытных и промышленных установках и в комплексе являются основанием для создания двигателя нового поколения, отличающегося повышенными качественными показателями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Погарская Н. Казахстанский автомобиль-объективная реальность // Промышленность Казахстана. – 2002. – № 4.
2. Казахстанский автомобиль - миф или реальность? // Аргументы и факты. – Казахстан. – 2005. – № 18.
3. Дьяченко В.Г. Дизель или двигатель с искровым зажиганием? // Двигатели внутреннего сгорания. – Харьков. –2004. – № 1.
4. Мищенко Н.И. Нетрадиционный мало-размерные двигатели внутреннего сгорания. Т.1. Теория, разработка и испытание нетрадиционных двигателей внутреннего сгорания. – Донецк, 1998.
5. Некрасов В.Г. Легковое автомобилестроение стран СНГ. Поиски и решения // Автомобильная промышленность. – М., 2002. – № 8. – С.1-2.
6. Некрасов В.Г. Создание автомобильного двигателя в Казахстане // Вестник Национальной Инженерной Академии Республики Казахстан. – Алматы. – 2004. – № 1. – С.136-141.
7. Некрасов В.Г. Казахстанский двигатель для казахстанского автомобиля. // Промышленность Казахстана. – Алматы.–2004.–№ 6.–С. 52-54.
8. Некрасов В.Г. Двигатель для автомобиля малого класса // Двигатели внутреннего сгорания. – Харьков.-2004. – №2. – С. 10-13.
9. Некрасов В.Г. Силовой агрегат микроавтомобиля // Двигатели внутреннего сгорания. – Харьков. – 2005. – № 2. – С. 58-62.
10. Некрасов В.Г. Крейцкопф – радикальное средство повышения механического КПД поршневого двигателя // Автомобильная промышленность. – 2002. – № 11. – С.13-15.
11. Некрасов В.Г. Цилиндр комбинированного двигателя перспективных АТС // Автомобильная промышленность. – 2005. – № 10. – С. 9-12.
12. Некрасов В.Г. Утилизация теплоты – альтернатива высокой степени сжатия и адиабатному процессу // Автомобильная промышленность. – 2005. – № 1. – С. 19-21.
13. Некрасов В.Г. Механизм преобразования движения поршневого двигателя // Вестник машиностроения. – 2005. – №8. – С.83-86.
14. Некрасов В.Г. Виртуальный шатун // Автомобильная промышленность. – 2006. – № 1. – С. 25-26.
15. Некрасов В.Г. Комплекс технических решений для создания автомобильного двигателя нового поколения // Труды XII конференции “Trans&MOTOAUTO’05+”, 2005, София, Болгария, Т.2, Техника и технологии. – С. 142, 145.