

КОНЦЕПЦИЯ МНОГОТОПЛИВНОГО АВТОМОБИЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ С УСИЛИТЕЛЕМ КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА

В.И. Богданов, д.т.н., главный специалист; ОАО НПО «Сатурн»

Предложена концепция построения и конструкция автомобильного двигателя, в котором процессы сжатия, сгорания топлива и расширения осуществляются в различных агрегатах. Конструктивное исполнение каждого агрегата отработаны в уже действующих двигателях и установках. Двигатель работает по циклу с подводом тепла при постоянном объеме. Усилитель крутящего момента исключает необходимость использования коробки передач.

В настоящее время разработчиками автомобильных двигателей проявляется повышенный интерес к концепции двигателей с выносной многотопливной камерой сгорания. Так, в [1] описан созданный двигатель, который имеет выносную камеру сгорания, отдельные цилиндры для сжатия и отдельные цилиндры большей размерности для расширения, то есть он выполнен по схеме газотурбинного двигателя (ГТД): компрессор—камера сгорания—расширительная машина. Эти нововведения обеспечивают многотопливность, повышенную экономичность и возможность работы на сжатом воздухе для радикального решения экологических проблем загрязнения выхлопными газами больших городов.

После публикации прошло 5 лет, однако нет сообщений, что этот двигатель потеснил существующую технику. Известно, что новая техника в рыночных условиях вытесняет старую, если ее эффективность (ее определяют в комплексе топливная экономичность, масса, цена) становится выше на ~25%. Вероятно, в данном случае этого не произошло. Здесь также следует отметить, что высокоэкономичные дизели не смогли вытеснить бензиновые двигатели из-за большей массы и цены.

Роторно-поршневые двигатели (например, двигатель Ванкеля) имея хорошие массогабаритные характеристики, уступали в экономичности, поэтому нашли достаточно узкое применение на некоторых типах автомобилей. В двигателе Ванкеля пониженная экономичность объясняется неоптимальной формой рабочего объема (в виде длинной щели) и большой скоростью его изменения в процессе сгорания. Созданный же в Японии керамический двигатель с малыми тепловыми потерями для автомобиля также не обеспечил прорыв в повышении

эффективности. Здесь организация всего рабочего процесса в одном цилиндре с горячими керамическими стенками отрицательно сказалась на подготовительных процессах: ухудшилось наполнение, увеличилась работа сжатия. Таким образом, судя по публикациям, разнесение процессов сжатия, сгорания и расширения по разным узлам становится перспективным в двигателях внутреннего сгорания. Однако созданные по этой схеме газотурбинные двигатели, обладая хорошими тяговыми и массогабаритными характеристиками, получили ограниченное распространение в автомобилях с мощностью порядка 1000 л. с. Основные причины — высокая стоимость лопаточных машин (компрессора, турбины) и проблемы получения необходимых значений параметров, КПД при их малой размерности.

Вместе с тем накопленный огромный научно-технический задел (НТЗ) по всем типам двигателей при оптимальном сочетании их достижений в перспективном двигателе нового типа мог бы обеспечить более чем 25 %-ный рывок в повышении эффективности. При формировании концепции перспективного двигателя было принято, что совершенствование двигателя должно идти во всех направлениях: экономичность, массогабаритные характеристики, стоимость, тяговые характеристики. При этом для двигателя мощностью до 100 л. с. были исключены из рассмотрения лопаточные и поршневые машины: первые — по причинам, приведенным выше; вторые — за более чем 100-летнюю историю поршневых двигателей из них «выжато» почти все.

В большей степени поставленным требованиям отвечают роторно-поршневые машины, что и определило облик предлагаемого перспективного двигателя. Учитывая, что при улучшении массогабаритных характеристик двигателя растет относительная масса коробки переключения передач, была поставлена задача исключить ее. Безусловно это положительно скажется и на стоимости двигателя.

На рис. 1 представлена схема предлагаемого к рассмотрению перспективного двигателя мощностью до 100 л. с., конструкторские решения которого по отдельности отработаны в реальных двигателях и установках.

Основными его элементами являются расширительная машина (основной расширитель) 1 с выносными золотниковыми камерами сгорания нового типа 2. Ротор расширителя и золотники

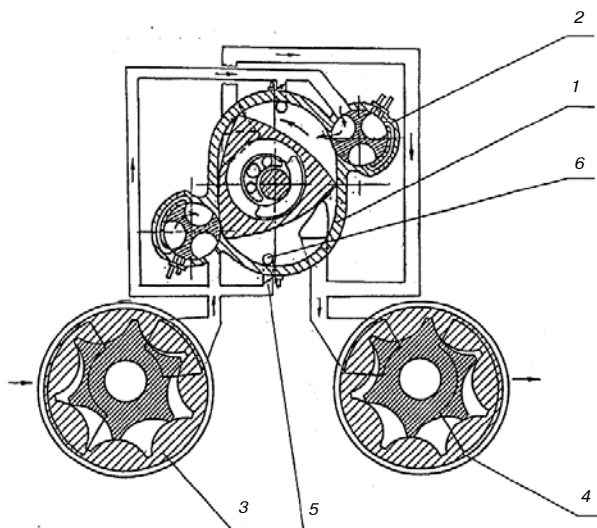


Рис. 1 Схема двигателя

камер сгорания кинематически связаны для их согласованной работы. Основной расширитель выполнен на базе известного серийно освоенного двигателя Ванкеля; с него снимается мощность. Выносная золотниковая камера сгорания, созданная в ОАО «НПО «Сатурн»» (г. Рыбинск) [2], успешно прошла испытания. Благодаря ей должны быть решены проблемы сгорания, существующие в двигателе Ванкеля. В камере с помощью пламеперебрасывающего канала может быть организован дежурный факел для повышения качества сгорания. Компрессор 3 с приводом 4 (агрегат наддува) выполнены в виде так называемых героторных машин и связаны они с основным расширителем через обгонную муфту только на запуске. Такая конструкция героторных машин отработана в опытном двигателе, созданном в Техасском университете США [3]. Кроме того, в состав рассматриваемого двигателя входит усилитель крутящего момента (УКМ), состоящий из устройства подачи воздуха через управляемые заслонки 5 в рабочие полости основного расширителя.

Работает двигатель по циклу ГТД с подводом тепла при постоянном объеме — самому термодинамически эффективному для двигателей внутреннего сгорания. Даже при степени повышения давления воздуха в компрессоре $\pi_k = 6$ и освоенных КПД основных узлов экономичность двигателя может быть на уровне дизельной. Следует отметить, что делались неоднократные попытки реализовать этот цикл в ГТД традиционного исполнения — с лопаточными машинами. Однако низкий КПД турбины, работающей в пульсирующем потоке газа, не позволил реализовать его преимущества. В данном двигателе эта проблема решена согласованной работой золотника и ротора расширителя.

Принцип работы камер сгорания совместно с основным расширителем показан на рис. 2. Аг-

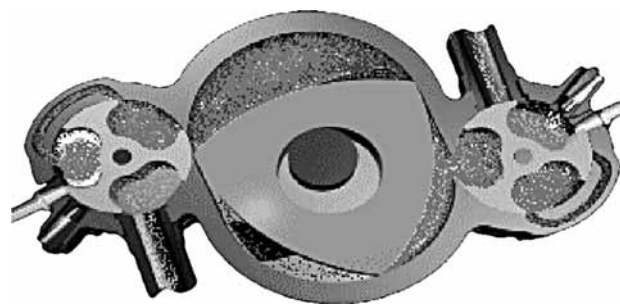


Рис. 2 Иллюстрация работы поршневой расширительной машины совместно с камерами сгорания

регат наддува обеспечивает подачу сжатого воздуха в камеры сгорания.

Возможность работы в широком диапазоне изменения коэффициента избытка воздуха α (как у дизеля), наличие УКМ на валу двигателя позволит исключить коробку переключения передач или качественно упростить ее. УКМ работает следующим образом. На малой частоте вращения вала двигателя (страгивание с места, разгон) в камеры сгорания подается избыточное топливо ($\alpha \approx 0,4-0,8$) и открываются заслонки 3 (см. рис. 1) для подачи воздуха в рабочие полости основного расширителя. В процессе сгорания переобогащенной топливовоздушной смеси образуется химически высокоактивное горючее. В определенном положении ротора, когда давление газов в рабочих полостях будет несколько меньше, чем за компрессором, открываются окна 6 в корпусе и воздух поступает в расширитель, дожигая горючее при постоянном давлении. Цикл работы двигателя в упрощенной $P-V$ диаграмме (давление—рабочий объем двигателя) с включенным 2 и отключенным 1 УКМ показан на рис. 3. Включение и отключение УКМ производится автоматически в зависимости от скорости движения автомобиля и положения ручки управления мощностью двигателя. При включенном УКМ на режимах страгивания и разгона агрегат наддува работает на максимальной частоте вращения. Возможен и дроссельный режим работы УКМ (при плавном разгоне) с ранней отсечкой топлива 3 (рис. 3).

Включение муфты сцепления производится автоматически при достижении определенных значений частоты вращения вала двигателя.

Для более полной реализации потенциальных возможностей двигатель имеет следующие особенности конструктивного исполнения:

1. Для качественного улучшения массогабаритных характеристик уплотнения в рабочих полостях двигателя выполнены лабиринтными. Их эффективность подтверждена при испытаниях золотниковой камеры сгорания в ОАО «НПО «Сатурн»» и опытном двигателе с героторными

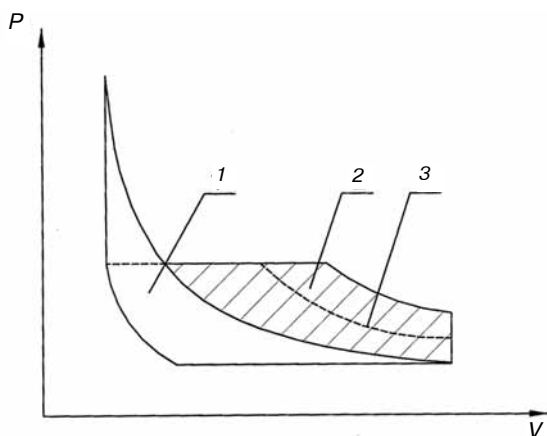


Рис. 3. P – V диаграмма рабочего процесса двигателя

машинами в Техасском университете. Это позволяет увеличить частоту вращения роторных машин до 18 000 об/мин и тем самым приблизиться к авиационным значениям удельной массы ~0,5 кг/л. с. и менее.

2. Здесь целесообразно использование конструкционной керамики в горячей части — камере сгорания и роторных расширителях. В отличие от керамической турбины в золотнике и роторах напряжения на порядок меньше, а значительно меньший коэффициент теплового расширения керамики обеспечит стабильность зазоров в лабиринтных уплотнениях и позволит сделать их минимальными, а значит более эффективными. Высокая рабочая температура керамики до 1500 °С качественно упростит систему охлаждения.

3. Выносная камера сгорания благодаря золотнику в процессе сгорания не связана с расширителем, поэтому октановые и цетановые числа топлив здесь не имеют значения. Высокая температура поверхности стенок, возможность организации дежурного факела пламени обеспечит сгорание как традиционных топлив разных видов, так и топлив растительного происхождения. Это потребует соответствующего исполнения топливной аппаратуры. Как и в аналоге [1], благодаря выносной камере двигатель может работать и от сжатого воздуха (от баллонов).

4. Благодаря небольшому p_k и лабиринтным уплотнениям двигатель должен иметь малый момент раскрутки роторов на запуске, что позволяет по аналогии с ГТД совместить функции электростартера и электрогенератора в одном узле.

В настоящее время широкое распространение получили переднеприводные автомобили. Предлагаемый двигатель благодаря своей компактности может быть размещен на переднем мосту и быть с ним единым узлом, универсальным для многих типов автомобилей.

Литература

1. Сухов А. Выхлоп чище воздуха // За рулем. — 2001. — № 2.
2. Богданов В.И., Кувтырев Д.В. Система запуска дизелей в условиях севера на базе пульсирующего турбостартера // Двигателестроение. — 2003. — № 4.
3. Чернышов Д. «StarRotor» — еще одна попытка // Двигатель. — 2004. — № 6.

ЮБИЛЕЙ!

Виктору Карловичу Румбу 60 лет

20 октября 2006 г. исполнилось 60 лет

Виктору Карловичу Румбу, профессору, заведующему кафедрой судовых ДВС и дизельных установок Санкт-Петербургского Государственного Морского Технического Университета, члену редакционной коллегии журнала «Двигателестроение»

Вся профессиональная, научная и преподавательская деятельность Виктора Карловича Румба связана с судовыми двигателями. Получив первые профессиональные навыки на судах рыболовного флота, он впоследствии стал инженером-механиком, закончил аспирантуру Ленинградского кораблестроительного института.

С 1989 года В.К. Румб возглавил кафедру судовых ДВС и дизельных установок. Под его руководством кафедра продолжила традиции подготовки специалистов-дизелистов, были открыты новые специальности; поддерживаются и развиваются связи с дизелестроительными предприятиями. Он автор более 100 учебно-методических и научных работ. Виктор Карлович подготовил пять кандидатов технических наук.

Профессиональную деятельность В.К. Румб совмещает с общественной работой в Российском научно-техническом обществе им. академика А.Н. Крылова и Российском Морском Регистре судоходства.

За заслуги в профессиональной и общественной деятельности В.К. Румб награжден государственными наградами.

Редакция журнала «Двигателестроение» и сотрудники кафедры ДВС ГМТУ поздравляют Виктора Карловича с юбилеем и желают крепкого здоровья, бодрости духа и дальнейших творческих успехов

