

УДК 621.43.004.18

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ДВИГАТЕЛИ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ. МЕТОДЫ ФОРСИРОВАНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ

Стефановский А.Б., к.т.н.,

Гуйва С.Д., ст. преподаватель

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-13-06

Аннотация – в статье рассматриваются недостатки существующих двигателей внутреннего сгорания (ДВС), методы форсирования двигателей, а также альтернативные конструкции ДВС.

Ключевые слова – ДВС, кривошипно-шатунный механизм, поршень, удельная мощность, трение, КПД, двухтактный, четырехтактный, рабочий объем, степень сжатия, механические потери, наполнение цилиндров.

Постановка проблемы. Недостатки существующих двигателей внутреннего сгорания (ДВС), методы форсирования двигателей, а также альтернативные конструкции ДВС.

О недостатках существующих двигателей внутреннего сгорания (ДВС) известно всем - это и кривошипно-шатунный механизм, и большая масса, и достаточно тонкая настройка системы впуска/зажигания, глушителей (например, правильно настроенный резонансный глушитель повышает мощность ДВС до 30%), четырехтактность (из 4 ходов поршня только один является "рабочим", остальные 3 "холостыми") и многое другое. О достоинствах также хорошо известно - поршневые двигатели внутреннего сгорания являются самыми экономичными и простыми из всех типов двигателей. Разумеется, не считая "экзотических" двигателей, конструкция которых либо слишком сложна для производства (двигатель Стирлинга), либо которые из-за низкого качества современных материалов обладают недопустимо малым ресурсом (роторно-поршневые и некоторые другие).

Анализ последних исследований. Первый двигатель внутреннего сгорания изобретен в 1765 году. Вначале без сжатия смеси перед зажиганием, потом со сжатием, после чего конструкция ДВС практически не менялась. Причем КПД тоже остался на почти таком же низком

уровне (максимальный теоретический уровень КПД 70%, реально же в четырехтактных не более 35%, а в дизелях 41%).

Формулирование целей статьи (постановка задания). Видимо не надо объяснять, насколько важен двигатель в авиации, особенно сверхлегкой. Авиастроение во всем мире всегда, начиная еще с зары авиации, тормозилось отсутствием легких мощных двигателей. В качестве ориентира: для ультралевого самолета необходимая мощность не менее 7.35кВт. (10 л.с.), для парамотора –11-15кВт. (15..20 л.с.), для ранцевого вертолета - не менее 15кВт.(20 л.с.), а еще лучше 29кВт.(40 л.с.), для более менее сносного самолетика с закрытой кабиной - не менее 18-22кВт.(25..30 л.с.), для одноместного автожира –22-29кВт. (30..40 л.с.), для двухместного – 37-44кВт.(50..60 л.с.), для дельталета 18-37кВт.(25..50 л.с.). Ну и для двухместных самолетов, способных пролетать несколько тысяч км от одной заправки - не менее 44-59кВт.(60..80 л.с.). И еще несколько цифр: мощность вертолета Ми-8, вмещающего более 30 человек –1471кВт. (2000 л.с.), Ан-2 на 10 человек – 1103кВт. (2х750 л.с.). Автомобиль "Ока" обладает двигателем на 25кВт.(34 л.с.), "Нива" –51кВт.(70 л.с.примерно).

Основная часть. Основным параметром любого двигателя является удельная мощность, т.е. сколько килограмм массы двигателя соответствует каждому киловатту (кВт) выдаваемой им мощности. Например, для четырехтактных (обычный автомобильный двигатель) удельная мощность не более 1кВт/кг (1 л.с. равняется 736 Вт), т.е. для того чтобы получить мощность 15кВт.(20 л.с.), сам двигатель будет весить не менее 20 кг. Поэтому даже для самого легкого летательного аппарата - парамотора, силовая установка весит не менее 15..25 кг, так что о постоянно носимом на себе ЛА не идет и речи.

Наименьшей удельной мощностью (т.е. для создания мощности 15кВт.(20 л.с.) такие двигатели окажутся самыми тяжелыми) обладают четырехтактные двигатели - около 1 кВт/кг, двухтактные (двигатели мопедов, мотоциклов, парамоторов и т.д.) в 2 раза лучше - до 2 кВт/кг (т.к. каждый второй ход поршня является "рабочим", в отличие от четырехтактных, где только каждый четвертый), но из-за конструктивных особенностей (плохое сгорание смеси, малая степень сжатия и т.д.) двухтактники потребляют больше топлива. Т.е. двухтактный двигатель мощностью 15кВт.(20 л.с.) в 2 раза легче четырехтактного такой же мощности, но топлива потребляет немного больше. Еще лучше по показателю масса/мощность роторно-поршневой двигатель, но у него ресурс довольно мал, топлива потребляет больше четырехтактного, да к тому же сам является четырехтактным с не самой оптимальной камерой сгорания. Ну и самыми лучшими являются газотурбинные двигатели (ГТД). На каждый килограмм массы двигателя они выдают до 6 кВт, т.е. двигатель мощностью 15кВт.(20 л.с.) будет ве-

силь всего 3.3 кг (вместо 20 кг для четырехтактного!). Но зато эти двигатели прожорливей всех остальных вместе взятых. И кроме того требуют очень дорогой керамики для материала турбины.

Таким образом, самый экономичный двигатель - это двигатель, использующий силу давления расширяющегося газа до полного его расширения (при этом предварительно топливная смесь сжимается перед зажиганием), а не тот что использует давление струи газа на лопасти турбины. Платой за этот принцип является большая масса машины (поршни, массивный цилиндр и т.д.). Обычно для увеличения КПД ДВС стараются лучше сжечь топливо. Для этого используют по две свечи зажигания на цилиндр, компьютерное управление, специальную поверхность поршня и т.д. Если бы бензин сгорал в оптимальном режиме, то кол-во вредных выхлопов сократилось в несколько тысяч. Вся гарь и копоть, вырывающаяся из выхлопной трубы - это не сгоревшее топливо (это одна из причин, почему двухтактные двигатели потребляют больше бензина, обратите внимание, как дымят мотоциклы), а, следовательно, меньший КПД и меньшая мощность на выходе.

Это первый путь (полное сгорание смеси), остальные нацелены на изменение самой конструкции ДВС, основные принципы: большее сжатие, устранение кривошипно-шатунного механизма, разработка однотактного двигателя, простое вращательное движение, непрерывное горение.

Схема роторно-поршневого двигателя Ванкеля

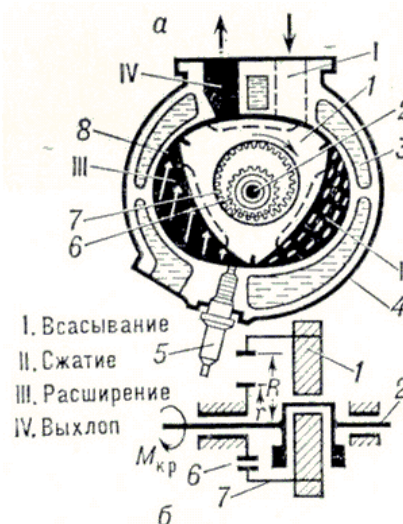


Рис 1. Роторно-поршневой двигатель Ванкеля

Наиболее известный альтернативный ДВС - это роторно-поршневой двигатель Ванкеля (Рис 1), изобретенный в 1957 году. Это четырехтактный двигатель (только каждый четвертый ход "рабочий"),

в котором ротор, напоминающий треугольник, вращается через планетарную передачу, попеременно увеличивающий и уменьшающий объем камеры между ротором и стенками (статором). Достоинства: более простая конструкция (требует на 35..40% меньше деталей, чем обычный двигатель), почти в 2 раза меньший вес при одинаковой мощности, более компактный, практически без вибраций. Недостатки: малый ресурс из-за плохих материалов уплотнения, больше расход топлива, не простое вращательное движение (сам Ванкель был недоволен планетарной концепцией и до конца жизни искал более простой вариант).

За рубежом некоторые фирмы оснащали серийные машины роторно-поршневым двигателем, ВАЗ выпускает двигатели Ванкеля мощностью 29кВт.(40 л.с.) и оснащает ими некоторые модели "девяток". Роторно-поршневые двигатели весьма перспективны для малой авиации. Необходимые мощности – 15-29кВт.(20..40 л.с.).

Другой вариант устранения кривошипно-шатунного механизма предложен А.С. Абрамовым в статье "В поисках двигателя идеальной схемы" в журнале "Моделист-Конструктор", №1, 1990 г. (Рис 2)

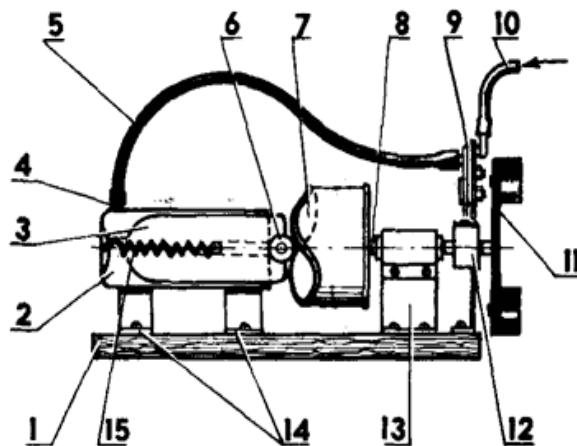


Рис 2. Механизм преобразования прямолинейного движения поршня во вращательное движение вала.

Здесь преобразование прямолинейного движения поршня во вращательное движение вала осуществляется за счет скольжения ролика, прикрепленного к поршню, по поверхности вала, напоминающей синусоиду.

Пневматический вариант двигателя Абрамова.

Еще одну схему альтернативного двигателя предложил Виктор Соколов в статье "Тепловой двигатель с круговым поступательным движением кольцевого поршня", размещенной в журнале "Двигатель". Принцип действия двигателя ясен из иллюстрации. Предполагается,

что такой двигатель будет в полтора раза экономичней существующих, обладать малым весом и простотой сборки (в 16 раз меньше деталей).

Тепловой двигатель с круговым поступательным движением кольцевого поршня.

Кроме того, одновременно с Ванкелем другой инженер, Баландин, предложил свою версию "Бесшатунника", в котором улучшились условия работы поршня, резко увеличился ресурс пары трения "поршневое кольцо - гильза цилиндра", но при этом слабым местом с точки зрения надежности оказался механизм преобразования линейного движения во вращательное.

Весьма привлекательной кажется схема роторного двигателя непрерывного горения. В этом двигателе ДВС камеры сжатия, сгорания и расширения рабочей смеси разнесены в пространстве, а процессы сжатия, сгорания и расширения совмещены во времени, что по идее должно обеспечить непрерывность сжигания рабочей смеси и, соответственно, повысить удельную мощность ДВС. По расчетам автора, масса двигателя мощностью 20 кВт не превысит 4 кг. Это на уровне лучших ТРД, при этом расход топливной смеси ориентировочно 57 г/сек.

Если говорить о роторных двигателях, то нельзя не упомянуть о "Винтовом двигателе внутреннего сгорания", опубликованном Е.Горловым, А.Коньшиновым и В.Спичкиным в журнале "Двигатель". В предложенной конструкции процесс сжатия смеси (воздуха или смеси воздуха и топлива) и сгорания происходит в подобию турбины, выполненной из элементов со сложной вогнутой конической сферовинтовой поверхностью. В такой турбине небольшие замкнутые объемы перемещаются вдоль оси двигателя слева направо (Рис3).

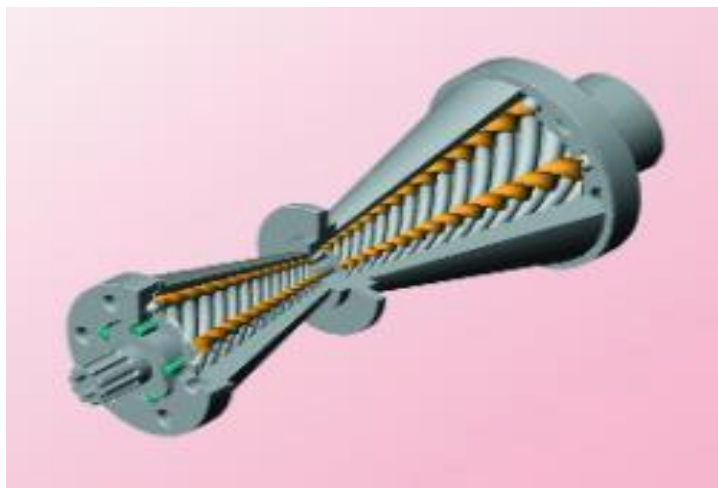


Рис 3. Винтовой двигатель внутреннего сгорания

В левой части при перемещении этих объемов они уменьшаются (происходит сжатие топливной смеси), в центре топливо поджигается, и дальше движется направо по расширяющимся объемам.

Преимущество такого двигателя перед ТРД в том, что в сжимающихся/расширяющихся изолированных объемах можно "снять" больше энергии с топлива, чем в случае "удара" сильной струи раскаленного газа в обычную турбину. Кроме того, доступна меньшая частота оборотов вала, а следовательно, уменьшаются потери на редукторе (по сравнению с ТРД, где турбина может вращаться с частотой вплоть до 100000 об/мин и более, а на выходе необходимо 500...3000 об/мин).

К достоинствам конструкции винтового ДВС перед осепоршневым следует отнести следующие: отсутствие трения скольжения; теоретически неограниченную степень сжатия компрессора и, соответственно, степень расширения турбины; широкий рабочий диапазон оборотов двигателя, возможность работы при высокой частоте вращения; простоту конструкции; отсутствие несбалансированных масс, низкий уровень шума; небольшие массу и габариты; возможность работы на любых видах жидких и газообразных топлив; возможность введения в зону горения реагентов для улучшения характеристик; высокую удельную мощность и коэффициент полезного действия двигателя.

Проведенные расчеты показали, что шестикамерный ДВС со степенью сжатия-расширения 20, при работе на смеси метан-воздух способен развить мощность до 125 кВт при частоте вращения выходного вала 7000 об/мин. При этом его длина составит 460 мм, максимальный диаметр по турбине - 199 мм, а к.п.д. будет в пределах 60...70 %.

Недостатком является сложность технологии изготовления элементов (из-за материала и требуемой точности).

Двигатель Курочкина

Другая схема, немного похожая по принципу действия на винтовой двигатель внутреннего сгорания, описана Курочкиным в журнале "Моделист-Конструктор" в статье "Маленький двигатель с большим будущим". Двигатель Курочкина тоже представляет собой своеобразную смесь турбины и двигателя внутреннего сгорания, в котором рабочий процесс аналогичен тому, что происходит в газотурбинном двигателе (ГРД), но используется не кинетическая энергия струи, а потенциальная энергия давления газа на рабочие лопатки ротора (как в ДВС). Принцип действия: центробежный вентилятор засасывает сквозь мелкоячеистую сетку воздух, закручивает его и подает в зону сепарации. В этой зоне единый поток воздуха разделяется: одна его часть вместе с отброшенной к периферии пылью поступает в радиатор

на охлаждение двигателя и затем выходит наружу; другая же часть, очищенная, через впускное окно направляется в рабочие полости (проточную зону), где происходят процессы, типичные для двухтактных ДВС. Выпуск происходит через специальное окно в глушитель, где отработанный газ смешивается с охлаждающим воздухом из радиатора и выбрасывается в атмосферу сквозь кольцевой диффузорный выхлопной аппарат.

Двигатель получается очень компактным и с невероятной удельной мощностью: термос весом в 15 кг (включая электростартер, фильтр и глушитель!) развивает мощность в 51кВт.(70 л.с.)! При этом показатель экономичности примерно равен соответствующему показателю дизельного двигателя, что в 1,22 раза лучше четырехтактного карбюраторного и роторного "ванкеля" и в 1,9 раза — двухтактного поршневого. Кроме того, при равной мощности габаритный объем двигателя в 70 раз меньше дизельного, в 20 раз — четырехтактного и в 10—12 раз — роторного или двухтактного поршневого ДВС. Меньше и его масса (металлоемкость): соответственно в 30, 10 и 4 раза. Т.е., например, при установке этого двигателя на средний автомобиль, средний расход топлива на 100 км будет меньше 3 литров.

Еще существует схема компактного "аксиально-поршневого" двигателя, в котором цилиндры расположены не в ряд и не "звездой", а вокруг выходного вала так, чтобы оси вала и цилиндров были параллельны. Здесь тоже существует проблема преобразования линейного движения во вращательное (или через скольжение штока поршня по поверхности профилированной шайбы как в плунжерном насосе, либо штоки опираются на жестко связанные с качающейся шайбой коромысла, вращающие вал двигателя).

Кроме того, известен "двигатель Стирлинга" с двумя поршнями в одном цилиндре (есть также две разновидности с двумя цилиндрами). Этот двигатель работает за счет разности температур в рабочем теле, причем источник тепла может быть любым, вплоть до тепла рук. Двигатель Стирлинга в 4..5 раз экономичней двигателей внутреннего сгорания на мощностях до 1 кВт. Однако по общему удобству использования пока уступает традиционным схемам (необходимо эффективно снимать тепло в одном и не менее эффективно охлаждать в другом месте). Предлагалось также подключить к штоку поршня дополнительно колено для управления длиной штока и следовательно ходом поршня, теоретически это могло бы дать лучшие условия для сгорания смеси.

Но еще интереснее варианты улучшения двухтактных двигателей, чтобы устранить необходимость добавлять масло в бензин, которое ухудшает условия горения, понижает мощность и т.д. Предлагается использовать впрыск топлива в двухтактный двигатель, что по идее

может повысить экономичность двухтактного до уровня четырехтактного.

Методы форсирования двигателей.

Когда имеется в виду мощность двигателя, необходимо не забывать о том, что эта величина является расчетной. Реальная величина механической энергии, выдаваемой двигателем внутреннего сгорания, измеряется в крутящем моменте при определенных оборотах. Произведение крутящего момента и оборотов, при которых он измерен, и называют мощностью.

Практические методы повышения мощности двигателя:

1. Увеличение рабочего объема двигателя.
2. Увеличение степени сжатия.
3. Уменьшение механических потерь.
4. Оптимизация процессов горения смеси.
5. Увеличение наполнения цилиндров.

Рассмотрим каждый из перечисленных методов по отдельности.

Увеличение рабочего объема двигателя.

Увеличить рабочий объем двигателя можно: заменив колен.вал на другой с большим ходом, увеличив диаметр цилиндра или то и другое одновременно. Не надо забывать, что при изменении объема двигателя, необходимо увеличить объем камеры сгорания - для компенсации увеличения объема цилиндра.

Для ВАЗовских двигателей, используемых на заднеприводных автомобилях существуют колен.валы с ходом 66, 80, 84, 86, 88 мм.

Для ВАЗовских двигателей, используемых на переднеприводных автомобилях существуют колен.валы с ходом 60.6, 71, 74.8, 75.6, 78, 80, 84 мм.

При установке колен.вала с большим ходом необходимо доработать (либо заменить) шатуны или поршни.

К расточке цилиндров блока на значительную величину (2мм.) нужно подходить осторожно. Например, при расточке серийного блока ВАЗ 21083 с 82мм. до 84 мм. у двигателя наблюдается повышенный расход масла. Это происходит за счет потери жесткости блока. В этом случае лучше использовать специальную толстостенную отливку блока. Такие блоки ВАЗ выпускает мелкими сериями.

Увеличение объема двигателя приводит к увеличению максимального крутящего момента, но при этом происходит снижение оборотов максимальной мощности. Это происходит из-за уменьшения механического КПД. Если повышение объема происходит за счет увеличения диаметра цилиндров, то возрастает площадь контакта между стенками цилиндра и поршнем с поршневыми кольцами. Как следствие повышается трение. Если повышение объема происходит за счет

увеличения хода колен.вала, то возрастает средняя скорость поршня, что приводит к тем же результатам.

В любом случае повышение объема приводит к падению общего КПД двигателя.

Увеличение степени сжатия.

Термический КПД.

Увеличение степени сжатия (степени расширения) является эффективным способом повышения КПД двигателя.

При работе двигателя, особенно на высоких оборотах, геометрический объем камеры сгорания уменьшается. Это происходит из-за: выбирания зазоров, термического расширения поршня, динамического удлинения шатуна. Так, на гоночном безпрокладочном моторе при сборке поршень не доходил до плоскости головки 0.85мм. После эксплуатации двигателя на 9000 об.мин на поршне и плоскости головки присутствовали явные следы контакта.

Степень сжатия зависит от фаз газораспределения (запаздывания закрытия впускного клапана) и угла открытия дроссельной заслонки. Так, на серийных двигателях угол зажигания при частичных нагрузках превышает 40 градусов. Это возможно благодаря низкому наполнению цилиндров и как следствию понижению степени сжатия. Чем выше наполнение, тем выше степень сжатия. Существует понятие - динамическая степень сжатия. У большинства двигателей, дорожных и гоночных, динамическая степень сжатия находится в диапазоне от 7 до 10 и зависит от октанового числа используемого бензина. Очень высокая геометрическая степень сжатия спортивных двигателей в первую очередь объясняется применением распред. валов с широкими фазами. Установка на двигатель модифицированного распред. вала с широкими фазами позволяет несколько увеличить геометрическую степень сжатия. Повышение степени сжатия с переходом на бензин с более высоким октановым числом приводит к увеличению мощности во всем диапазоне оборотов.

Уменьшение механических потерь. Механический КПД.

Механические потери двигателя складываются из:

- потери на трение;
- насосные потери;
- потери на привод вспомогательного оборудования.

Наиболее значительная часть потерь вызвана трением в цилиндре. Потери зависят от площади трущихся деталей, жесткости и количества поршневых колец, толщины масляной пленки и средней скорости поршня.

При превышении средней скорости поршня выше 20 м./сек. резко возрастают потери на трение и нагрузки на детали КШМ. Поэтому

на высокофорсированных двигателях для увеличения механического КПД необходимо уменьшать ход поршня.

Для уменьшения потерь на трение в паре поршень - цилиндр, необходимо использовать сборные маслосъемные кольца, также целесообразно несколько увеличить зазор между поршнем и цилиндром. Облегчение шатуна, особенно верхней головки, уменьшает боковое давление на поршень, с этой же целью нужно использовать по возможности более длинный шатун, что благоприятно скажется на уменьшении потерь на трение. Теоретически необходимо подогнать по весу и отбалансировать все детали КШМ.

Для уменьшения потерь на трение в гоночные моторы (ВАЗ 21083) устанавливаются новые поршни со значительно уменьшенной площадью юбки, одним компрессионным кольцом, высотой 1.2мм. и сборным маслосъемным кольцом высотой 2мм. Также используются специально изготовленные шатуны Н-образного сечения, которые длиннее серийного на 12 мм. и намного жестче и легче.

Сравнение масс деталей КШМ серийного и гоночного двигателей представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение масс деталей КШМ серийного и гоночного двигателей

автомобиль	шатун	поршень	палец	кольца	общая масса
серийный	674	382	103	35	1194
гоночный	496	234	53	12	795

Для уменьшения трения в шейках колен.вала, хонингованием увеличивается на 0.02мм.(от номинального размера) внутренний диаметр нижней головки шатуна и постелей колен.вала. Падение давления масла при этом не происходит. Также контролируется легкость вращения распред.вала.

При наполнение цилиндров воздухом возникает перепад давлений между цилиндрами двигателя и атмосферой. Двигатель в этой части цикла работает как насос и на его привод расходуется часть мощности. Чем меньше аэродинамическое сопротивление впускной системы, тем меньше потери энергии. Следовательно уменьшение сопротивления в головке приводит не только к увеличению наполнения, но и к уменьшению насосных потерь. Таким же образом благотворно сказывается установка распределительных валов с более широкими фазами.

Уровень масла в поддоне серийного двигателя находится в непосредственной близости от вращающегося коленвала. При боковых и линейных ускорениях автомобиля масло попадает на противовесы и шейки коленвала и тормозит его вращение. Применение системы "сухой картер", когда масло откачивается из поддона в отдельную емкость, позволяет увеличить мощность двигателя, особенно при высоких оборотах.

Часть энергии двигателя используется на привод вспомогательного оборудования, такого как: привод механизма ГРМ, водяной насос, генератор и т.д. Для форсированных двигателей, используемых на высоких оборотах, целесообразно увеличить передаточное отношение привода водяного насоса и генератора. При установке кондиционера и гидроусилителя руля эффективная мощность двигателя снижается.

Оптимизация процессов горения смеси.

Характеристики ДВС в конечном счете зависят от процессов происходящих в камере сгорания, где происходит преобразование тепловой энергии в механическую работу. Перемешивание свежего заряда с остаточными газами, воспламенение смеси, протекание горения и потери теплоты зависят от конструкции камеры сгорания.

Конструкция камеры сгорания должна обеспечить перемешивание свежего заряда - для улучшения процессов сгорания, быть компактной - для уменьшения тепловых потерь и уменьшения вероятности возникновения детонации. Чем больше площадь поверхности камеры сгорания, тем больше тепла отводится наружу и теряется, следовательно уменьшается мощность. Чем на большее расстояние перемещается фронт пламени, тем больше вероятность возникновения детонации потому, что увеличивается время контакта еще не воспламенившейся смеси с горящим зарядом.

Большая часть объема в камере сгорания должна быть сконцентрирована около свечи. Во время движения поршня к ВМТ смесь выдавливается из зазора между головкой поршня и плоскостью головки в сторону свечи зажигания, при этом происходит интенсивное движение (турбулизация) заряда, что способствует лучшему сгоранию. Чем меньше зазор, тем меньше вероятность возникновения детонации, так как уменьшается общее количество смеси отдаленной от свечи зажигания. Правда при этом работа двигателя становится жестче, из-за более высокой скорости нарастания давления.

Не следует распиливать камеру сгорания со стороны свечи до размеров цилиндра, хотя при этом и происходит большая концентрация смеси в оптимальной зоне. Необходимо создать небольшую зону противодействия, препятствующую забрызгиванию свечи зажигания.

Полирование поверхности камеры сгорания и днища поршня, способствует некоторому уменьшению тепловых потерь (повышению относительного КПД), хотя в процессе длительной работы двигателя они покрываются нагаром.

Увеличение наполнения цилиндров.

Увеличение коэффициента наполнения цилиндров (объемного КПД) является самым эффективным способом повышения мощности двигателя. Все остальные мероприятия, весьма трудоемкие и дорогостоящие приводят к не очень высоким результатам.

Максимальный коэффициент наполнения серийного двигателя ВАЗ 21083 примерно равен 75%. То есть в двигатель попадает количество воздуха равное 75% от общего объема цилиндров. На лучших гоночных атмосферных двигателях (двигатели без наддува) коэффициент наполнения достигает 115-125%. При правильной настройке двигателя с низким сопротивлением впускной системы, можно добиться показателей коэффициента наполнения выше 100%.

Коэффициент наполнения меняется при разных режимах работы двигателя и достигает своего максимального значения при благоприятном перепаде давлений в цилиндре, впускной и выпускной системах в узком диапазоне оборотов, близком к оборотам максимального крутящего момента.

При работе двигателя во впускной и выпускной системах происходят волновые процессы, их свойства зависят от многих причин: геометрических размеров и аэродинамического сопротивления впускной и выпускной систем, фаз газораспределения, оборотов двигателя и других факторов. С изменением режимов работы двигателя форма, частота и амплитуда волн меняются.

Для повышения максимальной мощности необходимо создать условия, при которых наибольший коэффициент наполнения сдвинется на более высокие обороты. Например, если на двигателе ВАЗ 21083 мы повышаем коэффициент наполнения до 100% на 3000 об./мин., то мощность возрастает с 35 до 46 -на 11кВт.(48 до 62 - на 14 л.с.), а если на 6000 об./мин. до тех же 100%, то мощность возрастает с 49 до 98кВт. – на 49кВт.(67 до 133 - на 66 л.с.).

Увеличение оборотов максимальной мощности для повышения КПД атмосферного двигателя является неизбежным, так как коэффициент наполнения невозможно увеличить выше определенного числа, но можно поднять обороты при которых достигается его максимальное значение. При этом происходит увеличение отдачи энергии за единицу времени. Именно этим объясняются высокие обороты двигателей формулы 1 (17000-18000 об. мин).

Для увеличения коэффициента наполнения также необходимо снизить аэродинамическое сопротивление во впускной и выпускной

системах и каналах головки двигателя. Самое высокое сопротивление возникает в районе клапанной щели. Модификации именно этой части газовых каналов нужно уделять особое внимание. Скорость воздуха во впускной системе не должна превышать 50-70 м/с. Для увеличения оборотов двигателя необходимо увеличить проходные сечения газовых каналов и в первую очередь диаметры тарелок клапанов. Это позволит увеличить обороты максимальной мощности и сделать перегиб кривой более плавным. Но при этом может наблюдаться некоторое падение мощности на малых и средних оборотах. Это объясняется тем, что при этих режимах скорость воздуха недостаточно высока.

Установка на двигатель многодроссельной системы с индивидуальной впускной трубой на каждый цилиндр позволяет значительно повысить мощность, но только в том случае если перекрытие клапанов достигает существенной величины. (перекрытие - это одинаковая высота открытия впускного и выпускного клапана в ВМТ- на серийных распред.валах 0.2 - 0.8 мм, на спортивных 3 - 5 мм.)

Установка спортивной выпускной системы также дает эффект только при высоком перекрытии клапанов. Так, установка "паука" на серийный двигатель может повысить мощность максимум на 1,5-2,2кВт.(2-3 л.с.). Это обусловлено принципом работы настроенной выпускной системы. В первый момент после открытия выпускного клапана, отработавшие газы устремляются в выпускную трубу со скоростью превышающей скорость звука. Быстрое удаление первой части отработавших газов создает в выпускной трубе низкое давление. При достижении звуковой волной первого резкого увеличения диаметра выпускной системы (как правила резонатора) давление в системе повышается. Это создает первую волну, после чего колебательный процесс продолжается с уменьшающейся амплитудой.

Если впускной клапан открывается в тот момент, когда в выпуске давление ниже чем во впускном канале, то дополнительное разрежение способствует увеличению наполнения. При этом часть свежей смеси высасывается в выпускной канал. При благоприятных условиях эта часть заряда выталкивается обратно в цилиндр зоной повышенного давления перед самым закрытием выпускного клапана. Чем выше высота перекрытия клапанов, тем более ярко выражен этот процесс.

Выводы. К сожалению, это происходит в узком диапазоне оборотов зависящем от геометрии впускной, выпускной систем и фаз газораспределения.

В остальных режимах работы двигателя может происходить обратный процесс, когда зона повышенного давления в выпуске в момент перекрытия мешает поступлению свежего заряда.

Именно поэтому такие выпускные системы называются *настроенными* (настроенными на узкий диапазон оборотов).

Изменение размеров выпускной системы, а также конструкции и месторасположения резонатора, оказывает огромное значение на характеристику форсированного двигателя.

Двигатель чувствует изменения длины любой части "паука" на 20 мм. и диаметра на 1мм.

Рабочая температура спортивного двигателя не должна превышать 75-80 градусов. При такой температуре достигается максимальное наполнение и уменьшается вероятность детонации. На стендовых испытаниях при увеличении температуры охлаждающей жидкости с 70 до 95 градусов наблюдается падение максимальной мощности на 4-6%. Для поддержания низкой температуры двигателя на спортивные автомобили необходимо устанавливать масляные радиаторы, а также водяные радиаторы с повышенной площадью.

При значительном увеличении оборотов и мощности двигателя существенно возрастают нагрузки на его детали. В первую очередь это относится к клапанам, коленвалу, поршням, шатунам и шатунным болтам. Также увеличение давления в цилиндрах двигателя повышает требования к уплотнению разъема между блоком и головкой. Поэтому в высокофорсированных спортивных двигателях необходимо использовать специально изготовленные высококачественные комплектующие.

Для уплотнения разъема головки и блока рекомендуется использовать так называемую безпрокладочную конструкцию. В блоке фрезеруются канавки, в которые вставляются пассики из специальной термостойкой резины. Головка притягивается с моментом 60 Нм. Такая конструкция намного жестче чем с серийной прокладкой и имеет более высокую теплоотдачу, устойчивость к разрушению от детонации и перегрева двигателя.

Литература:

1. <http://blackpearl.moy.su/index/0-5>
2. Гагарин Е.И. Развитие конструкций автомобильных двигателей. Машиностроение, 2006.
3. Бурячко В.Р., Гук А.В. Автомобильные двигатели. Рабочие циклы. Показатели и Характеристики. Методы повышения эффективности. Машиностроение, 1999.
4. Абрамов А.С. В поисках двигателя идеальной схемы. "Моделист-Конструктор", №1, 1990.

АЛЬТЕРНАТИВНІ ДВИГУНИ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ. МЕТОДИ ФОРСУВАННЯ ДВИГУНІВ

Стефановський О.Б., Гуйва С.Д.

Анотація – стаття присвячена розгляду недоліків існуючих двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ), методам форсування двигунів, а також альтернативним конструкціям ДВЗ. яз

????????англ. яз????????