

Управление образования администрации Озерского городского округа
Челябинской области

Муниципальное бюджетное учреждение
дополнительного образования
«Станция юных техников»



Двигатели внутреннего сгорания

*Методическое пособие к теме
«Двигатель внутреннего сгорания»
для детей 4 года обучения*

Составил педагог дополнительного
образования Думенек М. А.

г. Озерск
2017 г.

I Пояснительная записка

Двигатель внутреннего сгорания (ДВС) - механическое устройство, внутри которого происходит преобразование энергии сгорающего топлива в механическую энергию.

В моделизме используются, в основном, следующие типы поршневых двигателей: дизельные (их принято называть компрессионными), а также двигатели с калильным или с искровым зажиганием. Основное принципиальное отличие компрессионных двигателей от калильных и искровых заключается в том, что у первых, самовоспламенение горючей смеси происходит в результате ее сильного сжатия при движении поршня внутри цилиндра, а у последних двух типов двигателей для воспламенения уже сжатой смеси требуется дополнительная энергия заранее нагретой калильной свечи, или искрового разряда.



Современный авиамодельный бензиновый двигатель
объемом 150 куб.см с искровым зажиганием.

Компрессионные модельные двигатели бывают только двухтактными, калильные и искровые двигатели бывают как двух-, так и четырехтактными.

Устройство модельных двигателей.

Конструктивно любой мотор состоит из нескольких основных элементов. Прежде всего, это **цилиндр**, внутри которого совершает возвратно-поступательные движения **поршень**. С одной стороны цилиндр закрыт крышкой (**головкой**), в нижней части которой сформирована полость **камеры сгорания**. В головке цилиндра, кроме того, могут находиться: **контрпоршень** с регулировочным винтом (у компрессионных двигателей), **свеча зажигания** (у калильных и искровых двигателей) и **клапанная коробка** (у четырехтактных двигателей).

Камера сгорания, внутренняя образующая гильзы цилиндра (зеркало) и верхняя стенка движущегося поршня (донце) образуют замкнутое пространство с периодически изменяемым объемом, в котором и происходят все газо- и термодинамические процессы.

Поршень шарнирно соединен с **шатунном**, который, в свою очередь, так же шарнирно соединен с кривошипом (**мотылем**) вращающегося **коленчатого вала**. Поршень и **кривошипно-шатунный механизм** позволяют преобразовать потенциальную энергию сгорающего топлива в механическую кинетическую энергию вращающегося коленчатого вала, требуемую для того, чтобы привести модель в движение.

Гильза цилиндра, головка цилиндра и кривошипно-шатунный механизм (КШМ) монтируются в корпусе, который называется **картером**. Кроме этого, внутри картера и на его внешних стенках могут быть установлены дополнительные конструктивные элементы: подшипники, сальники, глушитель, карбюратор, топливный бак, топливная помпа, механический стартер, штуцеры отбора давления, различные датчики и т.д. Сам картер крепится на шасси модели или на мотораме фюзеляжа с помощью крепежных лапок, как правило, расположенных с двух сторон картера параллельно оси коленчатого вала. Двигатели малых кубатур иногда крепят на модели непосредственно за заднюю стенку (крышку) картера.

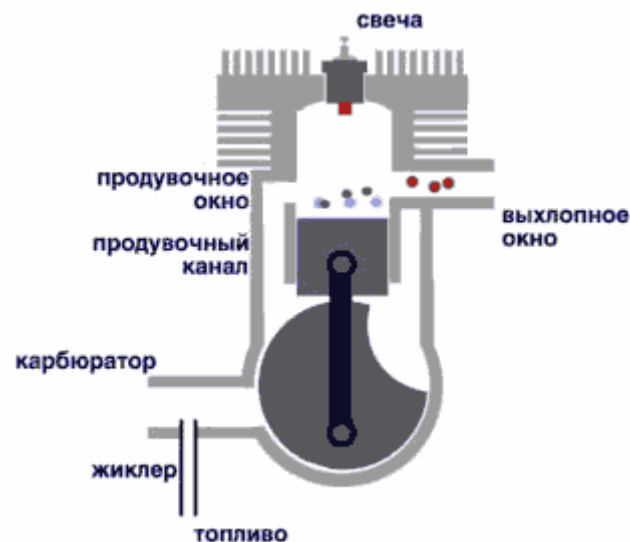
Авиа - и автомоделные двигатели обычно бывают с воздушным охлаждением, для чего верхняя наружная часть картера, в которой установлена гильза цилиндра, и внешняя поверхность головки цилиндра имеют развитое оребрение, необходимое для эффективной теплоотдачи, и поддержания теплового баланса двигателя в оптимальном режиме. Судовые двигатели вместо оребрения обычно имеют специальную рубашку, охлаждаемую проточной забортной водой.

Как правило, в моделизме применяются одноцилиндровые моторы, хотя некоторые производители выпускают и многоцилиндровые конструкции, чаще всего двухцилиндровые оппозитные. Такие двигатели имеют один коленвал с двумя кривошипами, а поршни ходят каждый в своем цилиндре, противофазно и навстречу друг-другу (поэтому их еще иногда называют "боксерами").

II Теоретическая часть

Принцип работы модельных двигателей.

В *двухтактных двигателях* все рабочие процессы происходят за два такта, которые выполняются за один оборот коленчатого вала. В процессе работы двухтактного двигателя также принимает участие переменный объем, образованный полостью картера и нижней стороной донца поршня.



Первый такт – «всасывание-сжатие», при вращении коленчатого вала (*КВ*) поршень движется вверх от нижней мертвой точки (*НМТ*) к верхней мертвой точке (*ВМТ*). В течение этого такта в полость картера, через *золотниковое устройство* всасывается новая порция воздушно-топливной смеси (обычно говорят – происходит *впуск* горючей смеси) и одновременно происходит *сжатие*, но уже в объеме цилиндра, предыдущей порции горючей смеси (*ГС*);

За некоторое время перед завершением первого такта (это называется *опережением зажигания*), в цилиндре происходит воспламенение ГС, при горении которой резко возрастает давление внутри камеры сгорания. Это давление воздействует на донце поршня, заставляя его двигаться от ВМТ к НМТ.

Опережение зажигания требуется для того, чтобы к моменту достижения поршнем ВМТ процесс горения ГС в камере сгорания уже начался, но еще не достиг своего максимума, в момент которого в цилиндре развивается наибольшее давление. Оптимальное время достижения максимума давления соответствует углу поворота КВ на 10-12 градусов после прохождения ВМТ. В этот момент поршень уже движется вниз, а кинематика КШМ может обеспечить максимальную эффективность преобразования

тепловой энергии расширяющихся продуктов горения в механическую энергию вращающегося коленчатого вала.

Второй такт – «рабочий ход-продувка», включает в себя процесс расширения сгорающего топлива (собственно это и есть **рабочий ход**, в результате которого на коленчатом валу развивается механическая мощность), и процесс сжатия в полости картера свежей ГС, засосанной туда в первом такте. После прохождения поршнем примерно половины пути вниз, открывается **выхлопное окно**, и начинается процесс выхлопа, в результате которого газы, образовавшиеся в процессе горения топлива, выбрасываются из цилиндра наружу (в атмосферу или в полость глушителя), а еще чуть позже, после открытия **перепускного окна** (их может быть несколько), сжатая в картере свежая порция ГС устремляется в цилиндр, вытесняя от туда остатки отработанных газов. Этот процесс называется **продувкой**.

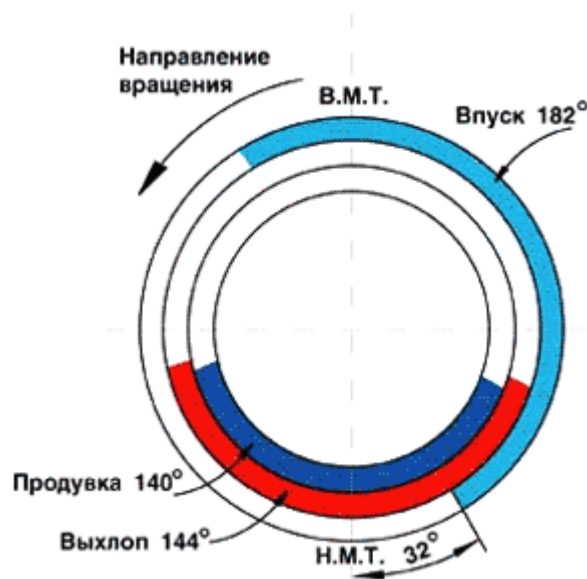
Таким образом, все процессы в двухтактном двигателе происходят за один полный оборот коленчатого вала.

Относительное время протекания каждого процесса в двигателе принято называть **фазой**. Численно все фазы выражают не в единицах измерения времени, а в угловых градусах, которые показывают угол поворота коленчатого вала вокруг своей оси, в течение которого происходит тот или иной процесс в двигателе. Это позволяет максимально точно описать все процессы, независимо от скорости вращения коленчатого вала двигателя.

Несмотря на то, что в течение одного такта происходит сразу несколько взаимосвязанных процессов, при анализе работы двухтактного двигателя достаточно рассматривать фазы всего трех процессов: **фазы впуска, фазы продувки и фазы выхлопа**

Следует помнить, что в двухтактных двигателях основные процессы газораспределения регулируются поршнем, и являются симметричными относительно НМТ и ВМТ. Только процесс впуска регулируется дополнительным золотниковым устройством, и для достижения максимальной эффективности специально делается асимметричным относительно НМТ, что в конечном итоге определяет направление вращения коленчатого вала.

Для наглядности фазы газораспределения часто изображают графически на совмещенной круговой диаграмме.



Важнейшие характеристики модельных двигателей.

Все характеристики двигателей можно условно разделить на две группы: «паспортные» и «специальные технические». К паспортным характеристикам принято относить те, которые указываются производителем в документации, выдаваемой пользователю при покупке мотора. Обычно это минимально-необходимый набор данных, включающий самые необходимые сведения о двигателе:

- 1) Рабочий объем двигателя, диаметр и ход поршня;
- 2) Максимальные/минимальные обороты;
- 3) Мощность двигателя;
- 4) Масса (вес);
- 5) Габаритные размеры;
- 6) Гарантированный ресурс.

Рабочий объем двигателя численно равен произведению площади сечения цилиндра на величину хода поршня, или:

$$V_{\text{дв}} = 3,14 * D^2 * S / 4,$$

где D – диаметр цилиндра, см; S – ход поршня, см .

Ход поршня равен диаметру окружности, по которой движется геометрическая ось нижней шейки шатуна двигателя при вращении коленчатого вала двигателя.

В метрических единицах объем модельных двигателей принято выражать в кубических сантиметрах (*куб.см*). В последнее время стали часто использовать англо-американскую размерность объема – кубические дюймы. Кубический дюйм равен ~ 16,4 куб.см. При обозначении объема двигателя в кубических дюймах величина объема указывается в его названии после точки, например: «*Webra .46*» . Точка перед цифрами означает, что объем мотора равен какой-то части одного кубического дюйма. Для того, чтобы перевести эту величину в метрическую, необходимо просто умножить 16,4 на 0,46 и получим объем в кубических сантиметрах: $V_{\text{дв}} = 16.4 * 0.46 = 7,54$ куб.см.

Максимальные и минимальные обороты показывают величину максимальных и минимальных устойчивых оборотов коленчатого вала двигателя, гарантируемых производителем при работе на стандартном топливе и при нормированной нагрузке. Обычно указывается число оборотов, совершаемых коленвалом мотора за одну минуту.

Эта величина (n) может обозначаться двумя равнозначными способами:

$$n = 17500 \text{ об/мин} = 17500 \text{ мин}^{-1} .$$

Рабочие обороты большинства модельных двигателей могут изменяться в диапазоне примерно от 1.500-3.000 об/мин до 10.000-15.000 об/мин. Максимальные обороты спортивных высокофорсированных двигателей для скоростных и гоночных моделей могут достигать 35.000-40.000 оборотов в минуту и более.

Мощность двигателя – величина, показывающая, какую работу может совершить двигатель за единицу времени. Мощность выражается в киловаттах (*кВт*), или в лошадиных силах (*л.с.*). Эти две величины связаны между собой так:

$$1 \text{ кВт} . = 1.36 \text{ л.с} .$$

$$1 \text{ л.с.} = 0.74 \text{ кВт} .$$

Различают два параметра, характеризующие мощность двигателя: мощность, развиваемая в цилиндре двигателя (она называется **индикаторной мощностью** , и

обозначается как N_i), и мощность на валу двигателя (она называется *эффективной мощностью*, и обозначается как N_e). Эффективная мощность меньше индикаторной мощности на величину потерь в самом двигателе.

Таким образом, коэффициент полезного действия двигателя (*КПД*, обозначается как ?) равен:

$$? = N_e / N_i .$$

Текущее обслуживание модельных ДВС

Любой современный модельный мотор это произведение технического искусства.

И нельзя в него залезать при помощи молотка и зубила (даже разогрев предварительно). Геометрия пары мотора очень сложная и точная, все размеры имеют допуски примерно 0.001 - 0.005 мм. Гильза никогда не вставляется в картер "на горячую", это подшипники коленвала могут так садится, а гильза просто имеет плотную посадку с зазором не более 0.01 - 0.03 мм. Естественно, что даже неаккуратная промывка какой-нибудь не сильно чистой гадостью типа солянки и т.д., может привести к тому, что при последующей сборке возникнут перекосы со всеми вытекающими...

А теперь, очень коротко, о том, когда и как разбирать и промывать мотор.

Когда?

Крайне желательно - перед первым запуском нового мотора. Достаточно не полной разборки с тщательным полосканием в "галоше" или авиационном керосине.

В дальнейшем - пару раз в год (перед началом сезона и после его окончания, для зимней консервации). Кроме того, каждый раз при неаккуратной посадке, когда мотор откровенно "наелся" пыли и грязи (перед промывкой НИ В КОЕМ СЛУЧАЕ НЕ ПРОВОРАЧИВАТЬ ВАЛ мотора!!!).

В том случае, если при посадке был удар мотора об землю (про асфальт я уж и не говорю - это полный атас!), после промывки ОБЯЗАТЕЛЬНО проконтролировать геометрию основных узлов - картер, коленвал, гильза и поршень. Но для этого нужно иметь соответствующий мерительный инструмент: нутромер, пассаметр с микронной шкалой, калибры, и т.д. И конечно - опыт работы с таким инструментом. Не только обычным "колумбиком", даже японским штангелем "Митутойо" с пятисоточным нониусом, здесь не обойтись.

Как?

Прежде всего: никаких чрезмерных усилий, молотков, "монтировок", "выковыривалок" и т.д.

Свечной ключ, если головка вкручивающаяся - то ключ для головки, отвертка (прямая и крестообразная), пинцет с тонкими губками, возможно - маленькие пассатижи или утконосы. Может потребоваться специальный маленький шестигранник для винтиков с "ихней" хитрой головкой. Все работы ведутся на чистом столе, покрытом не ворсистой тканью, или (лучше) листом плотной бумаги типа чертежного ватмана.

III Методическая часть

Практически любой мотор разбирается так:

Перед любой работой с мотором его необходимо очистить снаружи от грязи и масла простым "обтиранием" тряпкой, смоченной в обычном бензине или керосине. Растворители применять НЕЛЬЗЯ!!!

НЕПОЛНАЯ РАЗБОРКА (для профилактической промывки) - снимается (откручивается) глушитель, выкручивается свеча, откручиваются винты на головке (обычно от 4 до 8 винтов М2.5 - М4), снимается головка, осторожно снимаются прокладки головки, снимается задняя крышка (может выкручиваться или крепиться на 3 - 4 винта (обычно М3 - М4)). Если есть - снимается карбюратор, его лучше не разбирать, чтобы не сбить настройки. Если мотор не РС-шный, выкручивается игла жиклера и сам жиклер.

Все детали (кроме крепежных винтов - их можно промыть отдельно) помещаются в емкость с галошей, и тщательно промываются "нелиняющей" кистью с длинным и достаточно жестким волосом. Для внешних поверхностей можно использовать зубную щетку "Колгейт-Тотл". Еще лучшие результаты получаются при промывке деталей в ультразвуковой ванне. Для этой цели вполне подойдет даже ультразвуковая стиральная "примочка" - кажется, эти машинки называются "Рексона".

"Внутренности" промывают, прокручивая вал полностью погруженного в галошу мотора. Никаких тряпок, тампонов, и прокладок "Олвейс-то-дэй" не использовать! После промывки очень желательно все продуть сжатым воздухом. Удалять нагар с донца поршня и камеры сгорания при такой промывке не надо.

Перед сборкой ничего не смазывать! Единственно, что можно чуть смазать чистой касторкой - это посадочное место головки - верхний торец гильзы. Все детали, вплоть до крепежных винтов ставить на свои места, особенно внимательно устанавливать прокладки под головку.

Винты на головке закручиваются до упора (без усилия), затем подтягиваются с легким усилием (не перебарщивать!) последовательно: 1-3-2-4, 1-4-2-5-3-6. Для 8-ми винтов сами сообразите. Также крепится и задняя стенка (крышка).

ПОЛНАЯ РАЗБОРКА (для тщательной промывки или замены деталей) - начинается также, как и неполная. Если у мотора съемный носок, откручиваем винты и аккуратно извлекаем его из картера вместе с коленвалом. Затем очень аккуратно выдавливается гильза. Это в идеале делается пальцами, снизу, через отверстие задней стенки. Если так не удастся - можно попробовать подцепить гильзу ручкой зубной щетки через выхлопное окно (не металлической отверткой!!!).

После этого (если не снят носок мотора) вал устанавливают в НМТ (нижняя мертвая точка) и с мотыля коленвала снимается шатун. Поршень с шатуном достается вверх. Запоминаем, как был установлен поршень! Можно даже тихонько швейной иглой или острой чертилкой на донце поршня поставить метку (стрелку). Выпрессовывать поршневой палец потребуется только для замены шатуна, пальца или самого поршня. Чаще всего можно обойтись без этого.

Снимаем опорную шайбу с коленвала. Затем выдавливается из картера сам коленвал. В нормальном моторе он довольно легко "выскальзывает" из подшипников от усилия в 1-5 кг. Можно слегка постучать по валу легким медным (латунным) предметом или брусочком плотного дерева (бук, береза). Внимательно проследить, какие регулировочные шайбы и/или распорные втулки были на коленвалу! При обратной сборке эти детали ставить на место той же стороной!

Подшипники.

Чаще всего подшипники садятся "на горячую". И точно так же выпрессовываются. Для этого картер нагревается на электроплитке с ЗАКРЫТОЙ спиралью до температуры 120-180 градусов С. Температуру проще всего контролировать спичкой: при этих температурах головка спички оставляет на металле картера серный след, но НЕ воспламеняется. Нагретый картер легко ударяют ВСЕЙ задней плоскостью о деревянную поверхность, при этом коренной подшипник должен сам выскочить из посадочного

гнезда. Носовой подшипник иногда приходится вытягивать каким-либо съемником или просто выдавливать через полость картера круглой деревянной палочкой подходящего диаметра.

В том случае, если коленвал "вылез" вместе с коренным подшипником, пусть он там (на валу) и остается, снимать не надо. После полной разборки делается первая "грубая" промывка в галоше. Затем - тщательный осмотр всех деталей и выявление "нештатностей" - потёртостей, задиров, царапин, наклепов.

Особое внимание - паре поршень - гильза.

Нормальное зеркало цилиндра должно быть глянцевым, и только у "дизелей" (компрессионных моторов) почти в самом верху допускается небольшая матовая полоска - потертость от поршня. Это из-за того, что обычно гильза цилиндра имеет небольшой (~ 0.01-0.02 мм) конус и в этом месте поршень чуть "прикусывает", это "прикусывание", впрочем, есть и у калильных моторов.

В самом верху гильзы всегда виден кольцевой след нагара. Каких-либо царапин, сколов, задиров на зеркале (да и на других поверхностях гильзы) быть не должно. Так же осматривается и поршень. Если поршень окольцованный", то кольца лучше не снимать - не имея опыта это достаточно сложно сделать, не сломав хрупкого кольца.

Все детали тщательно промываются 2-3 раза в галоше (каждый раз в чистой порции!). Внимательно контролируется чистота мелких отверстий и каналов для смазки трущихся поверхностей.

Особенно тщательно моются подшипники. Хороший, чистый подшипник, надетый на деревянную палочку и раскрученный рукой должен свободно вращаться не менее 10 секунд, издавая при этом ровный, чуть жужжащий, звук без всяких дребезгов, звяканье, и, конечно без малейших заеданий.

Бессмысленно надеяться на то, что заедающий (или "хрустящий") подшипник "раскатается" при работе.

При полной разборке также целесообразно удалить нагар с донца поршня и с поверхности камеры сгорания. К сожалению, не применяя каких-либо приспособлений это обычно сделать бывает очень трудно. Эту операцию нужно проводить очень аккуратно, не используя металлических скребков. Можно использовать скребки из твердой пластмассы, на "финишных" стадиях - ОЧЕНЬ мелкую шлиф-шкурку, которой НЕ задевать сопряженные поверхности пары. После использования любых абразивов, детали промываются зубной щеткой в горячей воде с обычным мылом, затем ополаскиваются в чистой галоше. Перед самой сборкой гильза цилиндра и поршень тщательно вытираются обычной писчей бумагой. Здесь нельзя применять для протирки ткань - она может оставить на поверхности деталей ворс.

Сборка.

Сборка промытого и протертого двигателя ведется в обратном порядке. Первым делом в разогретый картер сажаются коренной и носовой подшипники коленвала. В качестве направляющей оправки лучше всего использовать сам коленвал. Затем вставляем (вдавливаем) коленвал, не забывая про регулировочные шайбы и распорную втулку. Для уменьшения усилий поверхность вала можно слегка смазать тем маслом, которое используется в топливе этого мотора. Вся остальная сборка ведется, как правило "на сухую".

На мотыль одевается шатун в сборе с поршнем. При этом не перепутать расположение поршня! Он часто имеет несимметричные прорези в юбке (а у двигателей больших кубатур поршень иногда бывает и с дефлектором), так что неправильная его установка может вообще привести к поломке мотора.

При установке носка не забыть установить прокладку (то же самое нужно будет сделать при установке задней крышки).

Затем аккуратно вставляется гильза, здесь тоже можно применить капельку масла. Обязательно проследить, чтобы гильза заняла в картере исходное положение, и не была повернута в ту или другую сторону.

Теперь можно установить головку цилиндра, опорную шайбу винта, пропеллер (или маховик) и попробовать аккуратно провернуть СУХОЙ двигатель на 1-2 оборота (без свечи). Вал правильно собранного мотора должен легко вращаться без каких-либо заеданий, скрипов и усилий и только при подходе к ВМТ может ощущаться некоторое увеличение усилия за счет конусности гильзы цилиндра.

После этого можно вкрутить свечу, в выхлопное окно капнуть 2-3 капли топлива и провернуть двигатель "в мокрую". Должна сразу появиться компрессия и должен слышаться "чавк" или "чмок" при проходе ВМТ. Если все нормально, можно ставить заднюю крышку, карбюратор или жиклер.

Схемы впусков рабочей смеси.

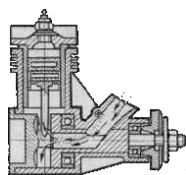
На модельных двигателях применяются несколько видов впусков рабочей смеси:

- впуск коленчатым валом,
- впуск золотниковым диском,
- впуск пластинчатым клапаном,
- впуск задним золотниковым валом.

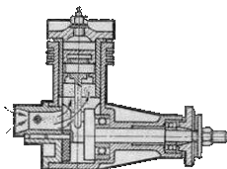
Впуск коленчатым валом применяется наиболее часто. Рабочая смесь проходит в этом случае через карбюратор и попадает в распределительное окно вала. В зависимости от применяемых подшипников скольжения или качения длина пути, проходимого рабочей смесью, будет соответственно изменяться.

Впуск через заднюю крышку, как было указано ранее, может быть нескольких видов. Но все они отличаются от впуска рабочей смеси через коленчатый вал более коротким путем, следовательно, уменьшенным гидравлическим сопротивлением на входе в картер.

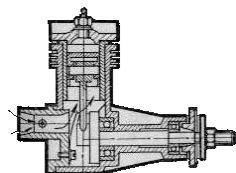
Впуск коленчатым валом двигателя применяется на двигателях: "Метеор", "Комета" и др. Впуск через заднюю крышку применяется на двигателях: ММVVS-5,6, МК-16 и др. Впуск двигателей показан на рисунках.



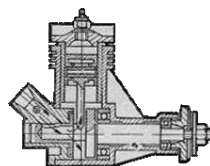
впуск коленчатым валом



впуск золотниковым диском



впуск пластинчатым клапаном

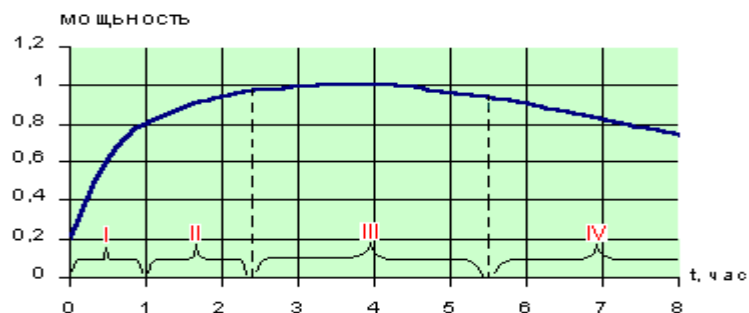


впуск задним золотниковым валом

Ресурс двигателя.

Ресурс - время, в течение которого двигатель надежно работает и запускается. Ресурс модельных двигателей составляет от долей часа до нескольких десятков часов в зависимости от назначения двигателя и условий его эксплуатации. Наименьшим ресурсом обладают скоростные двигатели, для которых важнейшим параметром

является мощность; за счет сокращения ресурса в некоторых случаях поднимают мощность (в таких двигателях не применяют поршневые кольца и износостойкие втулки на нижних головках шатуна). Резко сокращает ресурс двигателя работа в пыльной атмосфере. Частицы пыли быстро выводят из строя поршневую группу двигателя. В случае посадки модели на вспаханную землю необходимо тщательно удалить попавшую в двигатель землю, промыв его в бензине или спирте. В процессе работы мощность двигателя меняется. На рисунке приведена типичная зависимость изменения мощности двигателя от времени его работы.



На форму этой кривой влияет большое число факторов; к ним относятся конструкция двигателя, его назначение, состав топлива, используемые материалы и многое другое. Условно эту кривую можно разбить на участки. На первом участке двигатель развивает недостаточную мощность, которая увеличивается по мере приработки деталей. Этот участок (I) называется приработкой двигателя. Начальную приработку проводят на испытательном стенде и оканчивают на модели. После приработки мощность двигателя продолжает увеличиваться (II участок) за счет окончательной приработки. При дальнейшей работе двигателя достигается максимальная мощность (III участок), которая сохраняется постоянной некоторое время. На этом участке двигатель целесообразно использовать для достижения максимальных результатов (спортивных или рекордных).

Дальнейшая эксплуатация двигателя приводит к понижению мощности, что является следствием износа деталей, образования нагара и т.п. (IV участок). На этом участке двигатель имеет худшие пусковые качества, но может быть использован для неответственных запусков. При дальнейшей эксплуатации и появлении неудовлетворительных пусковых качеств двигателя требуется произвести его ремонт.

IV Доработка двигателей

Доработка компрессионного микродвигателя МАРЗ 2,5 см.

Как показывает практика, на руках у многих моделестов сохранилось очень много раритетных моторов. В помощь «счастливым» обладателям отечественного двигателя - МАРЗ-2,5.

На смену устаревшему МК-12В поступил отечественный микродвигатель МАРЗ-2,5. Однако, к сожалению, подарок массовому моделисту оказался не слишком удачным. МАРЗ не выдерживает никакого сравнения даже с выпускавшимся давным-давно «двенадцатым» с бочкообразной красной рубашкой охлаждения.

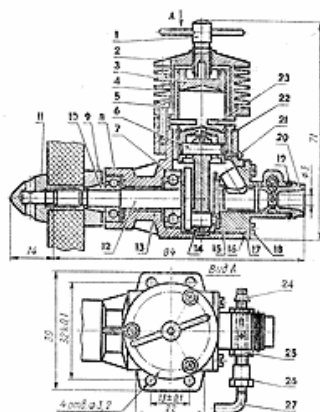
Но вы все же приобрели МАРЗ-2,5 (других все равно нет!), отнеситесь и покупке как к полуфабрикату и...

Сразу же после приобретения нового микродвигателя его, вопреки строгим запретам инструкции, необходимо... полностью разобрать. Единственное соединение, которое можно не трогать,— это коленчатый вал с напрессованным коренным шарикоподшипником. На многих экземплярах подшипник посажен настолько туго, что пытаться освободить его без спецсъемника — значит заведомо испортить детали.

После разборки каждая деталь тщательно промывается жесткой щеткой в горячей воде с хозяйственным мылом. Удобно работать подстриженными зубными щетками и ершиками для чистки курительных трубок или от жидкой туши для ресниц. Затем полезно промыть моторчик керосином или чистым бензином, однако в большинстве случаев достаточно и водяной «бани». Сразу же после очистки деталей их просушивают на электроплитке до момента, когда вода на влажном пальце или ватке будет слегка шипеть при прикосновении к нагреваемым деталям. Контролировать нагрев следует непрерывно, особенно если в работе одновременно несколько деталей — быстрота их нагрева очень различна и зависит от многих факторов: площади контакта с плиткой, массы и теплоемкости материала детали, ее конфигурации и внешней поверхности.

Теперь можно приниматься за саму доработку микродвигателя. Начнем с задней крышки, несущей золотниковый и карбюраторный узлы. Прежде всего, внимательно осмотрим детали карбюратора. В большинстве моторов футорка садится на свое место с «немыслимым» зазором. Ликвидировать его можно, вложив в выходное коническое отверстие футорки стальной шарик 08 — 10 мм от старого шарикоподшипника и несильно ударив по нему легким молотком. Главное при этом — не переусердствовать. Лучше понемногу усиливать удар до тех пор, пока при примерке футорка не будет входить в стенку с небольшим натягом. Это исключит подтекание топлива вне распыляющих отверстий, связанные с этим неустойчивость режима работы и плохой запуск.

Осматривается жиклер, при необходимости игла выправляется и подтачивается: ширина посадочного места, явно видимого на конусе иглы, должна быть одинаковой по всей окружности иглы, в завернутом положении жиклера недопустима даже малейшая негерметичность.



Промышленный компрессионный микродвигатель МАРЗ рабочим объемом 2,5 см:

1 — винт контрпоршня, 2 — головка цилиндра, 3 — контрпоршень, 4 — гильза, 5 — винт МЗ, 6 — палец поршня, 7 — коренной подшипник, 8 — передний подшипник, 9 — опорная шайба, 10 — конус, 11 — кок, 12 — коленчатый вал, 13 — картер, 14 — шатун, 15 — золотник, 16 — прокладка крышки, 17 — крышка, 18 — винт М2,5, 19 — уплотнительное кольцо, 20 — футорка, 21 — фиксатор гильзы, 22 — прокладка гильзы, 23 — поршень, 24 — жиклер, 25 — гайка, 26 — накладная гайка, 27 — игла.

Фактором, во многом влияющим на работу и запуск двигателя, является неточность посадки жиклера на прилив стенки. Как правило, посадочные торцы прилива либо вообще не обработаны, либо обработаны грубо. Это вызывает подсос воздуха в карбюратор. Конечно, воздуху пройти в узкую щель намного проще, чем засосать довольно вязкое топливо, — отсюда невозможность запустить мотор, вывести на режим и тем более добиться стабильной работы на модели при постоянно меняющихся внешних условиях. Герметизировать жиклер удастся припиловкой стенки и размещением под гайкой и фланцем корпуса жиклера эластичных пластиковых шайб.

Теперь дело за проверкой коленвала и его установки в картере. Для начала со всех углов снимаются заусенцы и со щеки кривошипа аккуратно счищается окалина. Многие

забывают о том, что эта окалина зачастую приносит гораздо больше вреда, чем случайно оставленная в картере металлическая стружка! Во время выполнения работы коренной шарикоподшипник должен быть надежно укрыт от попадания любых частиц плотной тряпкой.

Еще раз промыв вал с подшипником и проверив легкость его вращения, для контроля ставят узел в картер. У большинства двигателей не обеспечено уплотнение картера в районе коленвала. Проверить это легче всего, попытавшись отсасывать воздух через носок картера при смонтированном вале и обоих подшипниках (в совершенно сухом состоянии). Если герметичности нет, придется воспроизвести систему уплотнения, примененную на микродвигателе МК-12В. Сразу за коренным подшипником ставится паронитовая, картонная (лучше всего из прессшпана или электрокартона), капроновая или фторопластовая шайба толщиной около 0,5 — 0,6 мм. В крайнем случае можно воспользоваться набором из трех шайб, вырезанных из плотного ватмана. Добиться их точного размера и формы можно, вырезая из листового материала детали с помощью «кругореза» (циркуль с зажатым в рейсфедере обломком жесткого лезвия от бритвы), причем вначале образуется наружная окружность и лишь потом, с того же центра — внутренняя. Лучше использовать десятую, но правильную шайбу, чем первую, хотя бы чуть-чуть неточную.

Коленвал должен входить в шайбу с небольшим усилием. Это немного затруднит первый обкаточный запуск, зато после обкатки и приработки надежное уплотнение будет обеспечено надолго. Монтаж вала заканчивается заклежкой коренного подшипника в картере на эпоксидной смоле. Избежать этой операции, к сожалению, никак нельзя — первый же сдвиг внешней обоймы подшипника в картере приводит к разработке посадочной поверхности, потере точности взаимного положения оси цилиндра и вала, разгерметизации носка картера. Итогом станет явное ухудшение характеристик «пары» из-за внедрившихся в сталь и чугун частиц алюминия. Заклейка ведется на непластифицированной эпоксидной смоле, возможна добавка в клей бронзовой пудры из комплекта краски «под золото». Смола наносится в самых небольших количествах на обезжиренное ацетоном поверхности, после монтажа узла излишки (при хорошей заклежке их не должно быть) удаляются пропитанной ацетоном ватой. Надо заметить, что установка коренного подшипника на смолу имеет смысл лишь перед первым запуском. Отложил «на потом» — и заклеить узел точно уже не удастся.

После полного отверждения смолы (через двое суток) в картере устанавливается гильза цилиндра с поршнем и шатуном, монтируется головка цилиндра, трущиеся детали смазываются жидким машинным маслом. Контрпоршень и воздушный винт также нужны для ответственной проверки — контроля стабильности положения шатуна на кривошипе, стенка с золотником при этом не монтируется, чтобы следить за деталями при провертывании коленвала. Вращать его нужно то медленно, то быстро, имитируя запуск, отжимая и поджимая контрпоршень.

Если двигатель попался удачный, шатун в любом случае будет сидеть вплотную у щеки кривошипа. При его сдвигах от щеки пробуют перевернуть поршень (зачастую отверстие под палец в нем рассверлено неточно и за счет перестановки можно избавиться от сползания шатуна). Если и это не помогло, значит, отверстие в поршне выполнено достаточно точно и верхняя головка шатуна выдержит долго. Требуемое же положение шатуна обеспечит припиловка посадочного торца картера под гильзу.

После полного удаления выступающих участков приливов картера под винты потребуется немного (на 0,1—0,2 мм) спилить заднюю сторону посадочного пояса, пришлифовать торец на стекле с мелким абразивным порошком (его можно получить, потеряв шкурку о шкурку) и, вновь собрав мотор, проконтролировать работу мотора. При необходимости операцию повторяют.

Для чего это нужно? Как показали испытания, от правильного положения шатуна чуть ли не в первую очередь зависят и ресурс, и мощность, и режим работы мотора. За

счет выкоса оси гильзы цилиндра назад удалось спасти самые «безнадежные» двигатели, которым не помогали никакие другие методы доработок.

Итак, добившись требуемого, можно запускать мотор? Но, к сожалению, еще нельзя. Но осталось немного: проверить зазор (люфт) осевого хода золотника и укоротить картер по заднему торцу. Цель может считаться достигнутой, если люфт не превышает 0,3 мм, причем перед замером надо счистить окалину с золотника и зашлифовать его торец тонкой наждачной бумагой. В крайнем случае на ведущий хвостовик кривошипа надевается стальная шайба с внутренним диаметром 2,5 мм, чтобы предохранить шатун от случайного сползания назад и последующей его приработки в нерасчетном положении, а также от обдирки шатуна грубой поверхностью щеки золотника.

Вот так, к сожалению, нужно готовить любой вынутый из упаковки двигатель к первому запуску. Только после того, как вы проделаете все рекомендованные операции, мотор можно обкатать, установить на модель и заставить ее несколько раз пролететь, проплыть или проехать.

Топливные смеси для модельных двигателей.

Топливные смеси для двигателей состоят из горючего, смазочных масле и присадок. От того, насколько рационально подобраны компоненты, входящие в состав топливной смеси, зависит надежная работа двигателя.

Наличие двух групп двигателей свидетельствует и о наличии двух групп топливных смесей: для калильных и для компрессионных двигателей.

Топливо входит в состав топливной смеси в качестве основного компонента. Для компрессионных двигателей – это керосин, для калильных – метиловый спирт (метанол). Количественное содержание метанола в смеси от 25 до 80 %. Ввиду того, что метанол весьма токсичен, для работы с калильными двигателями может быть рекомендован также этиловый спирт.

Смазочные масла, входящие в состав топливной смеси, обеспечивают качественную смазку трущихся деталей двигателя, они должны максимально сгорать при выделении наименьшего количества коксующихся веществ. Количественное содержание масел в смеси от 8 до 34 %.

Присадки выполняют различную роль при составлении топливных смесей, и их можно разделить по назначению на 1) присадки, ускоряющие процесс горения, и 2) антидетонационные присадки.

Превыбе способствуют стабильной работе двигателей, облегчая запуск и регулировку двигателя во всем диапазоне регулирования. К этой группе относятся амилнитрит, амилнитрат, этилнитрат и др. Эти присадки используют при составлении топлив для компрессионных двигателей, и их содержание находится в пределах 0,5 – 10 % от объема составляемой смеси.

Ко второй группе относятся бензол, нитробензол и др. Они используются в топливных смесях калильных двигателей. Содержание их в топливной смеси является ответственным и сложным делом, которое требует большого внимания и определенных навыков. Наличие присадок, относящихся, как правило, к ядовитым веществам (нитрометан и др.), при неправильном пользовании ими делают процесс составления рабочей смеси опасным. Поэтому, прежде чем приступить к составлению рабочей смеси, нужно ознакомиться с физико-химическими свойствами возможных компонентов и строго соблюдать при этом правила техники безопасности. При составлении топливных смесей необходимо помнить – присадки всегда добавляют в топливную смесь в последнюю очередь.

Касторовое масло – густая жидкость желтого или желтовато-коричневого цвета (лучшие сорта почти бесцветны). Плотность касторового масла 0,960 – 0,970 г/см³. На воздухе медленно густеет. Обладает большой вязкостью. Хорошо растворяется в спирте, эфире и является надежным смазывающим компонентом топливных смесей, так как обладает высокой адгезией (свойством сцепляемости); последняя способствует сохранению масляной пленки между трущимися поверхностями деталей.

Недостатком касторового масла является его высокая химическая активность (окислительная способность); поэтому двигатели, работающие на топливной смеси, содержащей касторовое масло, по окончании запусков должны быть тщательно промыты в спирте или бензине, высушены и смазаны жидким минеральным маслом, чтобы на стальных деталях не появилась коррозия. Касторовое масло применяется для приготовления топливных смесей калильных и компрессионных двигателей. При нагревании до 260 – 265 °С касторовое масло дает полимеры, нерастворимые в спирте. Образование полимеров приводит к тому, что у длительно работающих двигателей с поршневыми кольцами теряется компрессия.

Метиловый спирт (метанол) – бесцветная, прозрачная, ядовитая жидкость, горит синеватым некоптящим пламенем. Плотность равна 0,796 г/см³. Температура кипения 64,5 °С; температура замерзания – 98 °С. Удельная теплота сгорания 5300 ккал/кг.

Ацетон – при нормальных условиях легкоподвижная бесцветная жидкость с ароматическим запахом; плотность 0,79 г/см³; сильно летуч и очень огнеопасен, температура вспышки 16 °С. Применяется для приготовления топливных смесей для двигателей с калильным зажиганием и является хорошим антидетонатором. Количество ацетона в топливной смеси обычно не превышает 10 – 12 %. Смешивается во всех пропорциях со спиртом, эфиром.

Амилнитрит – бесцветная жидкость с резким запахом. Легко разлагается на свету, приобретая светло-желтую окраску. Плотность 0,87 г/см³. Содержание в топливной смеси не более 3 – 4 %. Имеет температуру кипения 104 °С. Амилнитрит рекомендуется добавлять в топливную смесь непосредственно перед запуском двигателя. Топливная смесь, содержащая амилнитрит, не должна храниться длительное время, так как даже в плотно закрытой посуде она расслаивается и теряет свои свойства.

Нитрометан – бесцветная жидкость с запахом горького миндаля. На свету разлагается, приобретая темно-коричневый цвет. Плотность 1,14 г/см³. Используется как присадка к топливным смесям для двигателей калильного зажигания. В топливных смесях может составлять до 35 – 55 %. Двигатель, работающий на топливной смеси с таким содержанием нитрометана, легко запускается и может иметь прирост мощности до 25 – 30 %. Нитрометан является сильным ядом, действующим на центральную нервную систему. Допустимая концентрация нитрометана в воздухе 0,01%. При нагревании свыше 100 °С под давлением, следует соблюдать осторожность, так как при этом может произойти взрыв. Температура воспламенения в нормальных условиях +44,4 °С.

Этиловый (серный) эфир – подвижная бесцветная жидкость с приятным запахом. Плотность 0,79 г/см³. Температура кипения 35,6 °С. Температура замерзания – 117,6 °С. Очень летуч и легко воспламеняется; огнеопасен – распространяясь в воздухе, образует взрывоопасные смеси; вдыхание паров вызывает сердцебиение, опьянение и полный наркоз. Этиловый эфир имеет низкие антидетонационные свойства и в чистом виде в качестве топлива не применяется.

Этиловый спирт (этанол) – бесцветная жидкость, обладающая запахом, легко воспламеняющаяся и горящая голубоватым слабосветящимся пламенем. Плотность 0,794 г/см³. Температура кипения чистого этилового спирта при нормальном давлении 73,9 °С. Удельная теплота сгорания 7100 ккал/кг. Этиловый спирт гигроскопичен, хорошо смешивается с диэтиловым эфиром, глицерином, бензолом и т.п. Хранят этиловый спирт в емкостях с плотно притертой пробкой.

Топлива и их компоненты хранят с несгораемых шкафах.

Методика составления топливных смесей.

Составление топливных смесей требует определенной подготовительной работы и наличия необходимых условий. Подготовительная работа заключается в приготовлении чистой посуды, шприцев, воронок, мензурок, фильтров – всего того, что может понадобиться при смешивании топливных компонентов.

Всегда нужно помнить о том, что применяемые компоненты легко испаряются, могут быть ядовитыми и взрывоопасными и, следовательно, требуют осторожного обращения. При составлении топливной смеси необходимым условием является наличие герметичной и чистой посуды, лучше темного цвета, а также мензурок с делениями 1см³.

В соответствии с имеющимся рецептом топливной смеси все компоненты смешиваются в одной емкости, после чего смесь фильтруют. Профильтрованную смесь хранят в темном помещении с нормальной температурой окружающей среды (+20?25 0С) и отстаивают в течение полутора-двух суток, после чего фильтрацию повторяется. Рекомендуется топливную смесь взбалтывать в течение 1 – 1,5 часов с помощью специального приспособления или на вибростенде с частотой 100 – 150 гц в закрытой герметичной посуде.

Для ответственных запусков применяют методику составления готовой смеси по способу, предложенному мастером спорта М.Е. Васильченко. Готовая смесь разводится в объеме два раза больше, чем требуется, а емкость посуды берется равной трем объемам требуемого количества смеси. После взбалтывания топливная смесь отстаивается в течение двух суток, после чего 75 % этой смеси без перемешивания сливают в другую чистую емкость. Слитая топливная смесь обладает, как правило, высокими качествами, так как содержит в себе максимальное количество легких фракций и поэтому может быть использована для ответственных запусков.

Нужно помнить, что при составлении топливных смесей в горючем (керосине или метиловом спирте) в первую очередь растворяют масло, а затем уже добавляют присадки.

С целью соблюдения последовательности составления топливной смеси рекомендуется вести журнал записей с указанием выполненных операций и количества соединенных компонентов. Используемые для составления топливных смесей емкости должны иметь наклеенные этикетки с соответствующими надписями.

V Список литературы

- Гаевский О. К. Авиамоделирование. - М.: ДОСААФ, 1990
Мерзликин В. Е. Микродвигатели серии ЦСТКАМ. - М.: ПАТРИОТ, 1991
Рожков В. С. Авиамодельный кружок. - М.: Просвещение, 1986
Журнал «Моделист – Конструктор», 1970-2000 гг.
Журнал «Моделизм, спорт, Хобби», 1999-2000 гг.

ВЕБ - САЙТЫ

www.cyclonmotors.narod.ru

Проектирование и моделирование двигателя внутреннего сгорания

VI Приложение

Рецепты топливных смесей. Компрессионный двигатель.

Топлива с высокой скоростью сгорания создают большое количество газов. Следовательно, чем больше их будет в одном и том же рабочем объеме, тем большего давления можно достичь. Для получения наибольшего количества энергии (от сгорания топлива) следует пользоваться топливными смесями, для сгорания которых требуется незначительное количество кислорода. Кроме того, следует учитывать требование к топливной смеси – во время рабочего процесса она должна охлаждать двигатель. Этим требованиям отвечает прежде всего метиловый спирт.

В процессе многолетней практики работы с двигателями установилась определенная рецептура топлив, рекомендованных для обкатки, зачетных полетов, полетов на установление рекордов. Ниже приводятся рецепты топлив, предложенные В. и М. Васильченко. Для компрессионных двигателей чаще всего применяются составы (рецепты № 1,6,7,8,9):

№1

Масло	минеральное	МК-8	-	33.3%
Эфир	этиловый	-	-	33.3%
Керосин технический - 33.4%				

№6

Масло	касторовое	-	-	17.5%
Эфир	этиловый	-	-	20%
Керосин	технический	-	-	60.5%
Амилнитрит - 2%				

№7

Масло	касторовое	-	-	25%
Эфир	этиловый	-	-	32.5%
Масло	соляровое	-	-	40%
Амилнитрит - 2.5%				

№8

Масло	касторовое	-	-	28.5%
Эфир	этиловый	-	-	41%
Керосин	технический	-	-	28.5%
Амилнитрит - 2%				

№9

Масло	касторовое	-	-	25%
Эфир	этиловый	-	-	48%
Керосин	технический	-	-	25%
Амилнитрит - 2%				

Максимальную мощность двигателя можно получить, применяя следующие составы топлива:

№10

Масло	касторовое	-	-	8%
Масло	минеральное	МК-8	-	8%
Эфир	этиловый	-	-	36%

Масло	соляровое	-		45%
Амилнитрит - 3%				
№11				
Масло	касторовое	-		10%
Масло	минеральное	МК-8	-	10%
Эфир	этиловый	-		27%
Масло	соляровое	-		50%
Амилнитрит - 3%				
№12				
Масло	касторовое	-		14%
Эфир	этиловый	-		16%
Масло	соляровое	-		66%
Амилнитрит - 4%				
№13				
Масло	касторовое	-		16%
Эфир	этиловый	-		50%
Масло	соляровое	-		30%
Амилнитрит - 4%				