УДК 62-231

РОТОРНО – ЛОПАСТНОЙ ДВИГАТЕЛЬ С КАЧАЮЩИМИСЯ ЛОПАСТЯМИ

Отений Я.Н., Вирт А.Э.

Камышинский технологический институт (филиал) ВолгГТУ, Камышин, e-mail: otenyi3@rambler.ru

Для устранения имеющихся недостатков поршневых двигателей внутреннего сгорания во всем мире на протяжении длительного периода двигателей велись и продолжают вестись интенсивные исследования по их усовершенствованию. Главная особенность заключается в том, что причины несовершенства поршневых двигателей заложены в самой конструкции и по существу являются неустранимыми. Поэтому до сих пор не прекращаются попытки разработать принципиально новый двигатель внутреннего сгорания. Одним из таких двигателей является рotороно-лопастной двигатель. На основные которого действуют силы давления газов, крутящий момент, приложенный к коленчатому валу и инерциальные силы. Все перечисленные нагрузки распределяются между деталями двигателя в соответствии с требованиями равновесия всей системы сил. В данной статье рассматриваются основные математические закономерности расчета главных параметров роторно-лопастного двигателя.

Ключевые слова: роторно-лопастного двигатель, двигатель внутреннего сгорания, кинематика двигателя

ROTARY – VANE ENGINE SWEEP BLADES

Oteny Y.N., Virt A.E.

The Kamyshin Tecnological Institute (branch) of the Volgograd State Technical University, Kamyshin, e-mail: otenyi3@rambler.ru

To eliminate the existing shortcomings of reciprocating internal combustion engines around the world for a long period of engines were and continue to be carried out intensive research to improve them. The main feature is that the causes of the imperfection of piston engines built into the structure itself and in essence are unavoidable. So still do not stop attempts to develop a completely new internal combustion engine. One such engine is rotorono-blade engine. On the main forces which operate the gas pressure, the torque applied to the crankshaft and the inertial forces. All these loads are distributed between the parts of the engine in accordance with the equilibrium of forces of the entire system. This article discusses the basic mathematical laws for calculating the main parameters of swing-piston engine.

Keywords: swing-piston engine, the internal combustion engine, the engine kinematics

Двигатели внутреннего сгорания (ДВС) нашли чрезвычайно широкое применение во всех отраслях народного хозяйства, но больше всего, как двигатели для транспортных средств и автономного применения. Перечень конструкций ДВС достаточно широк, но в эксплуатации наибольшее распространение получили кривошипно-шатунные поршневые дизельные и карбюраторные двигатели. Несмотря на это, указанные двигатели имеют большое количество недостатков.

Для устранения имеющихся недостатков во всем мире на протяжении всего периода эксплуатации поршневых и других двигателей велись и продолжают вестись интенсивные исследования по их усовершенствованию. Главная особенность заключается в том что, причины несовершенства поршневых двигателей заложены в самой конструкции и по существу являются неустранимыми. К наиболее значительным недостаткам поршневых двигателей относятся относительно низкий к.п.д. (15…35%) и действие на поршень значительной по величине составляющей усилия, направленного перпендикулярно боковой поверхности. В результате этой составляющей происходит интенсивный износ внутренней поверхности цилиндра, компрессионных и маслосъемных колец. Это приводит к ухудшению уплотнения зазоров между поршнем и цилиндром, а через некоторое время после начала эксплуатации увеличиваются утечки газов в картер через зазоры, снижается мощность двигателя, и увеличивается расход топлива. Трение компрессионных и маслосъемных колец по поверхности цилиндра приводит к механическим потерям. Механические потери на терние поршневых колец относительно поверхности цилиндра достигают 30% и более от общих механических потерь. В результате этого также снижается моторесурс двигателя.

Именно по этой причине были предложены различные конструкции ДВС, отличающиеся от кривошипно-шатунных поршневых. К ним относятся роторно-поршневые двигатели, двигатель Ванкеля, безшатунный двигатель Баландина, роторно-лопастные двигатели и др. Некоторые из этих двигателей были запущены в эксплуатацию, но по различным конструктивным, технологическим и эксплуатационным причинам не нашли широкого применения. Из всех конструкций двигателей наиболее перспективными следует признать роторно-ло-

пастные двигатели внутреннего сгорания. Несмотря на очевидные их преимущества во всем мире имеются немного изготовленных и испытанных двигателей такого рода. То, что не удалось внедрить некоторые из перспективных разработок, объясняется не только наличием конструктивных недостатков и недоработок, но и тем, что в настоящее время существует достаточно хорошо разработанная технология изготовления применяемых двигателей, наличием специального оборудования и инструмента, автоматизированных поточных линий. В ряде случаев внедрение новых конструкций сдерживается также косностью мышления специалистов занимающихся усовершенствованием и эксплуатацией уже существующих ДВС. Это предопределяет дополнительные требования к созданию новых конструкций, которые при соблюдении всех требований имеющихся двигателей должны быть более технологичны, обработка должна вестись на имеющемся оборудовании, обладать простой конструкцией, меньшей массой, повышенной надежностью и ресурсом, и т. п.

Устройство и принцип работы роторно-лопастного двигателя схематично показаны на рисунке. В цилиндрическом корпусе 1 вращаются на валах, установленных на одной оси лопасти Аа, Бб, делящие полость цилиндра на четыре замкнутых объема. Лопасти совершают колебательное движение наподобие движения ножниц, а в замкнутых объемах совершаются термодинамические процессы. Двигатель может быть выполнен двухтактным или четырехтактным. В корпусе 1 предусмотрена система охлаждения 2, впускное 4 и выпускное окно 3, свеча зажигания 5.

Работа роторно-лопастного двигателя происходит следующим образом. В камере 1 (рисунке, а) происходит сгорание рабочей смеси, в камере 2 происходит рабочий ход – газы расширяются, в камере 3 закончен выпуск, а в камере 4 всасывается свежая горючая смесь. При дальнейшем движении лопастей (рисунке, б) в камере 1 происходит рабочий ход, в камере 2 – выпуск, в камере 3 – всасывание, в камере 4 – сжатие свежей горючей смеси. Затем все циклы в камерах 1 – 4 повторяются (рисунке, в и г), в камеру, проходящую мимо впускного окна, засасывается свежая горючая смесь, затем она сжимается, перемещается к свече зажигания, после зажигания происходит рабочий ход и при подходе камеры к выпускному окну – выхлоп отработанных газов. Таким образом, в роторно-лопастном двигателе возможны очень высокие рабочие обороты. Все детали хорошо уравновешенны, газораспределение осуществляется окнами.

Основная сложность роторно-лопастного двигателя заключается в том, что для него необходим простой надежный и долговечный механизм связи лопастей, обеспечивающий требуемое движение одной лопасти относительно другой. Тем не менее простота компоновки РЛД позволяет надеяться на достижение при дальнейшей конструкторской проработке высоких значений основных показателей, предъявляемым к двигателям, главными из которых являются экономичность, надежность, ресурс, материалоемкость, доступность изготовления и простота обслуживания, экологичность, достаточно высокий к.п.д, конструкторскую и технологическую преемственность, степень их стандартизации и унификации.

Роторно-лопастной двигатель может быть конструктивно исполнен с кривошипно-шатунным механизмом или без него. Безшатунный вариант в конструкторской практике, на сегодняшний, день не предлагался, однако он является вполне реализуемым и позволяет значительно улучшить технико-экономические показатели по сравнению с поршневыми двигателями.

Для поршневых двигателей эффективная мощность определяется по формуле:

$$N_э = \frac{p_э \cdot V_л \cdot n_k}{6 \cdot 10^4 \cdot \tau}, \qquad (1)$$

где $p_э$ – среднее эффективное давление в рабочей камере Па, $V_л$ – рабочий объем всех цилиндров двигателя (литровый объем) м^3; n_k – частота вращения коленчатого вала, об/мин; τ – коэффициент тактности (для четырехтактного двигателя $\tau = 2$, для двухтактного двигателя $\tau = 1$).

Произведем проверку соответствия указанной формулы для РЛД.

Рассмотрим случай колебательного движения двух лопастей. При колебательном движении каждая лопасть совершает вращательное движение.

Мощность, передаваемая лопастью в этом случае, будет равна:

$$N_л = M_л \cdot \omega_л, \qquad (2)$$

где $\omega_л$ – средняя угловая скорость, с которой совершается колебание лопасти, $M_л$ – средний крутящий момент, действующий на лопасть равный:

$$M_л = \frac{(R_л - r_л)\cdot(R_л + r_л)\cdot L_л \cdot p_э}{2} = \frac{(R_л^2 - r_л^2)\cdot L_л \cdot p_э}{2}, \qquad (3)$$

где, м; $R_л$ – наружный радиус лопасти; $r_л$ – внутренний радиус лопасти; $L_л$ – длина лопасти.

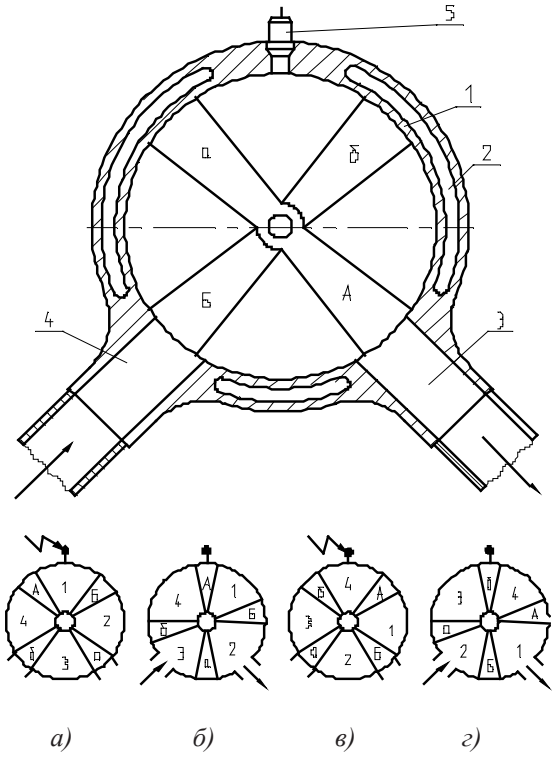

Схема работы роторно-лопастного двигателя внутреннего сгорания и фазы его работы

При перемещении лопасти в одном направлении коленчатый вал повернется на пол оборота, поэтому условие числа оборотов лопасти $n_л$ в предположении, что она вращается со средней скоростью в пределах угла поворота выглядит так:

$$n_л = \frac{\alpha_{хл} \cdot n_k}{180}, \qquad (4)$$

где $\alpha_{хл}$ – угол хода лопасти.

Следовательно, эффективная мощность, передаваемая одной лопастью, будет вычисляться по зависимости:

$$N_л = \frac{\left(R_л^2 - r_л^2\right) \cdot L_л \cdot p_э \cdot \pi \cdot \alpha_{хл} \cdot n_к}{360 \cdot 30}. \qquad (5)$$

Учитывая, что рабочий объем при перемещении одной лопасти:

$$V_л = \frac{\alpha_{хл} \cdot \pi \cdot \left(R_л^2 - r_л^2\right) \cdot L_л}{360}, \qquad (6)$$

получим:

$$N_л = \frac{V_л \cdot p_э \cdot n_k}{30}, \qquad (7)$$

при условии, что объём $V_л$ измеряется в дм^3.

Учитывая, что полный литровый объём равен:

$$V_п = 4 \cdot V_л, \qquad (8)$$

а также, что усилие передается двумя лопастями одновременно и, переходя к объему, выраженному в кубометрах, и вводя коэффициент тактности τ, окончательно получим:

$$N_э = \frac{V_п \cdot p_э \cdot n_k}{6 \cdot 10^4 \cdot \tau}, \qquad (9)$$

что соответствует формуле (1) для определения эффективной мощности поршневых двигателей.

Из предыдущих формул видно, что при заданных значениях числа оборотов коленчатого вала и среднего давления, на мощность двигателя влияет высота и длина лопасти, а также угол поворота лопасти. Эти же параметры определяют габариты двигателя.

Внутренние радиусы лопастей $r_л$ назначаются на основании расчетов на прочность вала несущего лопастедержателя. Длина лопастей $L_л$ определяется в зависимости от возможности продольного размещения клапанов или золотников газораспределительной системы, толщина лопасти в окружном направлении рассчитывается из условия на прочность и жесткость лопастей. Значение угла поворота лопасти зависит в свою очередь от толщины лопастей в окружном направлении.

Список литературы

1. Панкратов Г.П. Двигатели внутреннего сгорания. Автомобили, тракторы и их эксплуатация: Учебник для техникумов. – М.: Высшая школа, 1984. – 296 с.

2. Попык К.Г. Конструирование и расчет автомобильных и тракторных двигателей: Учебник для втузов. – М.: Высшая школа, 1973. – 400 с.

3. Конструктивные особенности безшатунного роторно-лопастного двигателя внутреннего сгорания / А.Э. Вирт, Я.Н. Отений, А. Митрафанов // Прогрессивные технологии в обучении и производстве: Материалы II Всероссийской конференции. Т. 1. – Камышин, 2003. – С. 2.

4. Луканин В.Н., Шатров М.Г. Двигатели внутреннего сгорания. Книга 2. Динамика и конструирование 3-е изд., перераб. – М.: Высш. шк., 2007. – 400 с: ил.

5. Дьяченко В.Г. Теория двигателей внутреннего сгорания. Учебник – Перевод с украинского языка. – Харьков: ХНАДУ, 2009. – 500 с.