

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛ В РОТОРНО-ЛОПАСТНОМ ДВИГАТЕЛЕ

Отений Я.Н., Вирт А.Э.

Камышинский технологический институт (филиал) ВолгГТУ Камышин,
Россия, г. Камышин, e-mail: virt09@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 а по существу являются неустраняемыми. Поэтому до сих пор не прекращаются попытки разработать принципиально новый двигатель внутреннего сгорания. Одним из таких двигателей является роторно-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

CERTAIN FORCES IN SWING-PISTON ENGINE

Oteny Y.N., Virt A.E.

The Kamyshev Technological Institute (branch) of the Volgograd State Technical University
Kamyshev, Russia, e-mail: virt09@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 rotor-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

На основные детали роторно-лопастного двигателя действуют силы давления газов, крутящий момент, приложенный к коленчатому валу и инерциальные силы. Все перечисленные нагрузки распределяются между

детальми двигателя в соответствии с требованиями равновесия всей системы сил.

Установим кинематические уравнения движения деталей двигателя. Расчетная схема представлена на рис 1.

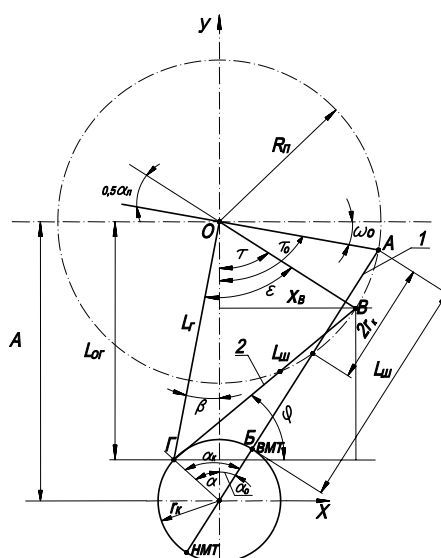


Рис. 1. Расчетная схема для определения кинематики перемещения деталей РЛД

Начальная фаза поворота коленчатого вала

$$\alpha_o = \frac{\pi}{2} - a \sin \left[\frac{A^2 + (L_u + r_k)^2 - R_n^2}{2A(L_u + r_k)} \right] \quad (1)$$

Текущие координаты оси шатунной шейки

$$x = r_k \sin \alpha \quad (2)$$

$$y = r_k \cos \alpha \quad (3)$$

Угол между линией соединяющей оси коленчатого вала и радиусом-вектором L_r проведенным из оси лопастедержателя в точку оси кривошипной шейки

$$\beta = \arctg \frac{x}{A - y} \quad (4)$$

Радиус-вектор L_r проведенный из оси лопастедержателя в точку оси кривошипной шейки

$$L_e = \frac{A - y}{\cos \beta} \quad (5)$$

Текущая координата поворота коленчатого вала

$$\alpha_k = \alpha + \alpha_o \quad (6)$$

Формулы для определения углов (см. рис.)

$$\varepsilon = \arccos \frac{L_u^2 - R_n^2 + L_e^2}{2R_n L_e} \quad (7)$$

$$\tau = \varepsilon + \beta \quad (8)$$

Производные радиуса-вектора L_r и углов ε и τ от угла α поворота коленчатого вала

$$\frac{dL_e}{d\alpha} = \frac{dy}{d\alpha} \sqrt{1 + \frac{x^2}{(A - y)^2}} + \frac{A - y}{2\sqrt{1 + \frac{x^2}{(A - y)^2}}} \quad (9)$$

$$\left[\frac{2x}{(A - y)^2} \frac{dx}{d\alpha} + \frac{2x^2}{(A - y)^3} \frac{dy}{d\alpha} \right]$$

$$\frac{d\varepsilon}{d\alpha} = -2 \frac{\frac{-dL_{\tilde{a}}}{d\alpha} - \frac{L_o^2 - R_i^2 - L_{\tilde{a}}^2}{2R_i \cdot L_{\tilde{a}}^2} \cdot \frac{dL_{\tilde{a}}}{d\alpha}}{\sqrt{4 - \frac{(L_o^2 - R_i^2 - L_{\tilde{a}}^2)^2}{2R_i^2 \cdot L_{\tilde{a}}^2}}}$$

$$\frac{d\beta}{d\alpha} = \frac{\frac{dx}{d\alpha}}{A - y} + \frac{x}{(A - y)^2} \cdot \frac{dy}{d\alpha}$$

$$1 + \frac{x^2}{(A - y)^2}$$

Угловая скорость поворота лопастей

$$\frac{d\tau}{d\alpha} = \frac{d\varepsilon}{d\alpha} + \frac{d\beta}{d\alpha} \quad (10)$$

Начальный угол поворота коромысла

$$\omega_o = \arccos \left(\frac{\sin \alpha_o \cdot (L_o + r_k)}{R_i} \right) \quad (11)$$

Определение сил, действующих на лопастедержатель

Силы, действующие на лопастедержатель, являются функциями угла поворота лопасти. Расчетная схема представлена на рис. 2

Для определения закона изменения давления газов в камере сгорания используют индикаторную диаграмму, которая определяется расчетным или экспериментальным путем. Поскольку двигатель проектируется впервые, и для него отсутствуют аналоги, то для построения индикаторной диаграммы использована методика определения индикаторной диаграммы для четырехтактного поршневого двигателя с учетом того, что пиковая нагрузка действует на лопасть при повороте кривошипа коленчатого вала на угол 15° от верхней мертвой точки. Индикаторная диаграмма представлена на рисунке.

Для определения инерциальных сил, действующих на лопастедержатель, приведем формулы для расчета масс отдельных конструктивных элементов в виде сосредоточенных масс. Разрез лопастедержателя по его оси с принятыми обозначениями представлен на рис. 2.

Масса одной лопасти в предположении, что она не имеет пустот, определяется по формуле

$$M_l = \frac{\rho \cdot L_l \cdot \pi \cdot \alpha_l \cdot (R^2 - r^2)}{360} \quad (12)$$

где ρ – плотность материала лопасти.

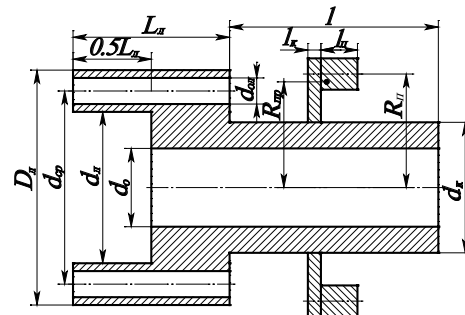


Рис. 2. Схема лопастедержателя

Масса кольцевого сечения цилиндра диаметра d_l на длине $0,5L_l$

$$m_l = 0.125 \cdot \pi \cdot \rho \cdot L_s \cdot (d_s^2 - d_o^2) \quad (13)$$

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 вузов. 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.