

МЕТОДИКА РАСЧЁТА МАССЫ ПРОТИВОВЕСА КРИВОШИПНО-ШАТУННОГО МЕХАНИЗМА

Мелентьев В.С.¹, Сычугов С.Ю.¹, Родионов Л.В.¹, Рекадзе П.Д.¹

¹Самарский университет, г. Самара, vladamgenja@mail.ru

Ключевые слова: критерий максимального уравнивания коленвала, кривошипно-шатунный механизм, двигатель внутреннего сгорания, масса противовеса, износ коленчатого вала, потери мощности в подшипнике.

Улучшение уравновешенности механизма двигателя внутреннего сгорания (ДВС) является одним из путей к наращиванию частоты вращения, удельной мощности и механического КПД ДВС, а также к снижению износа, шума и вибрации.

Методы повышения уравновешенности ДВС, предлагаемые в литературе [1-4] направлены на попытки получения максимального уравнивания двигателя за счёт усложнения его конструкции. Но в результате получаются ненадёжные и дорогие конструкции, в силу этого не получающие широкого распространения.

Авторами предложен метод, позволяющий определить геометрические параметры и массы звеньев кривошипно-шатунного механизма для проектирования поршневого привода или насоса с наилучшим уравниванием. Метод позволяет понять направление изменения и диапазоны изменения параметров конструкции, а также спроектировать механизм с рациональным сочетанием массы, габаритов, износа и потерь мощности в коренном подшипнике. Математические модели метода реализованы в виде программ MathCAD. Расчет массы противовеса производится на основе введенного авторами в работе [5] критерия наилучшей уравновешенности кривошипно-шатунного механизма (1).

Наилучшая уравновешенность коленвала достигается при равенстве импульсов сил реакций в т. О (см. рис. 1) по осям x (XO) и y (YO) за время T одного оборота коленчатого вала.

$$\int_0^T |XO| dt = \int_0^T |YO| dt, \quad (1)$$

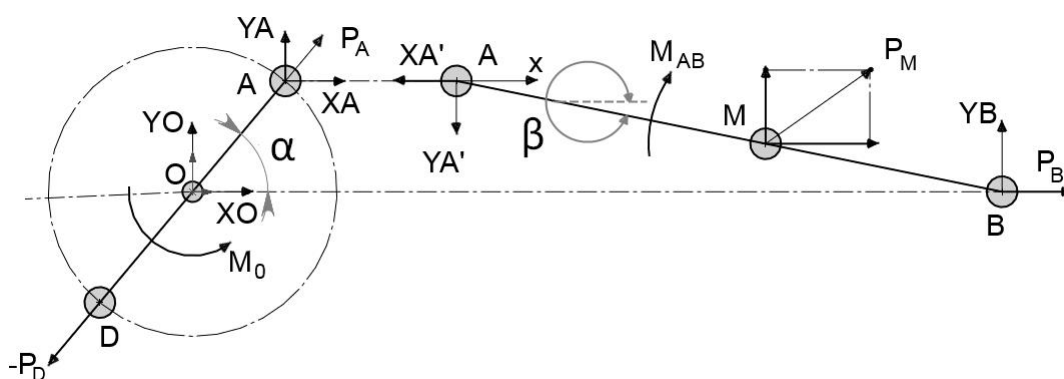


Рисунок 1 – Схема сил и моментов в КШМ

Основные выражения для определения перемещений, скоростей, ускорений и сил реакции в математической модели основаны на принципе Даламбера. Выражения записываются в векторной форме для каждого момента времени.

Математическая модель была верифицирована численным экспериментом в среде MSC.ADAMS, точность составила более 99% [5]. Также математическая модель была частично валидирована по результатам испытаний летательного аппарата на открытом полигоне (кордроме).

Описание и характеристики двигателя-прототипа даны в работе [6].

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 22-29-01560), <https://rscf.ru/project/22-29-01560/>

Список литературы

1. Григорьев Е.А. Обобщенный расчет уравновешенности двигателей // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 10. Инновационная деятельность. 2012. Т. 7. С. 72-74.
2. Ali M., Alshalal I., Rashed A.A., Feng Z.C. Numerical Method for Finding the Balancing and Unbalancing Forces of Single Piston Engine // Journal of Mechanical Engineering Research and Developments. 2020. Vol. 43, No. 5. P. 260-271.
3. Arakelian V., Briot S. A Mechatronic Approach to the Design of Balanced Slider-Crank Mechanisms // Journal of Mechatronics. 2014. Vol. 2, № 2. P. 131-135.
4. Desai H.D. Computer aided kinematic and dynamic analysis of a horizontal slider crank mechanism used for single cylinder four stroke internal combustion engine // Proceedings of the World Congress on Engineering. 2009. Vol II.
5. Мелентьев В.С., Сычугов С.Ю., Родионов Л.В., Рекадзе П.Д. Критерий подбора массы противовеса кривошипно-шатунного механизма // Вестник Машиностроения. 2023. Принята в печать.
6. Melentjev V.S., Gvozdev A.S. Methods of building a parametric CAD-model of a piston micromotor with the systems // International Journal of Engineering and Technology (IJET). 2014. Vol. 6, No.5. P. 2331-2338.

Сведения об авторах

Мелентьев В.С., к.т.н., доцент, доцент кафедры конструкции и проектирования двигателей летательных аппаратов. Область научных интересов: двигатели внутреннего сгорания, динамика, вибрации, PLM-технологии.

Сычугов С.Ю., инженер, руководитель студенческого конструкторского бюро двигателей летательных аппаратов Самарского университета.

Родионов Л.В., к.т.н., доцент, доцент кафедры автоматических систем энергетических установок. Область научных интересов: динамика и виброакустика.

Рекадзе П.Д., аспирант кафедры автоматических систем энергетических установок. Область научных интересов: динамика и виброакустика.

METHOD OF CALCULATION OF COUNTERWEIGHT MASS CRANK ROD MECHANISM

Melentjev V.S.¹, Sychugov S.Yu.¹, Rodionov L.V.¹, Rekadze P.D.¹

¹Samara University, Samara, Russia, vladamgenja@mail.ru

Keywords: criterion for maximum balancing of the crankshaft, crank mechanism, internal combustion engine, counterweight mass, wear of the crankshaft, power loss in the bearing.

A method is proposed that allows you to select the geometric parameters and masses of the links of the crank mechanism for designing a piston drive or pump with maximum balancing. The method makes it possible to understand the direction of change and the ranges of change in design parameters. The method allows designing a mechanism with a rational combination of mass, dimensions, wear and power losses in the bearing. Mathematical models of the method were implemented in the form of MathCAD programs. Calculation of the mass of the counterweight is based on the criterion of the best balance of the crank mechanism introduced by the authors. The main expressions for determining displacements, velocities, accelerations and reaction forces in the mathematical model are based on the d'Alembert principle. The expressions are written in vector form for each moment of time.