

## ДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОСНОВНОГО МЕХАНИЗМА ОРБИТАЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ НА ОСНОВЕ ЕГО ВЕКТОРНОЙ МОДЕЛИ

© 2011 Б.Б. Косенок

Самарский государственный аэрокосмический университет

Поступила в редакцию 11.03.2011

Приведено описание орбитального двигателя, его структурная схема и векторная модель. Выполнен сравнительный анализ динамики орбитального двигателя и кривошипно-ползунного механизма «классического» двигателя внутреннего сгорания (ДВС). Данное исследование дает основание говорить о том, что при наличии у орбитального двигателя определенных кинематических преимуществ, таких, как плоскопараллельное перемещение основного рабочего звена, в разы меньших габаритах механизма (при соразмерных ходах, скоростях и ускорениях основного звена), динамика орбитального двигателя имеет те же недостатки, что и классический ДВС – неэффективное плечо при максимальной нагрузке в рабочей камере, подверженность на больших оборотах возрастанию инерционных факторов. Анализ показал, что у орбитального двигателя есть и дополнительные проблемы – меньшая динамическая отдача при соизмеримых нагрузках, дополнительные нагрузки на разделительные пластины, возрастание факторов трения плоскостных изолирующих поверхностей. Ключевые слова: орбитальный двигатель, Сарич, кинематика, динамика, моделирование векторных контуров.

Основную кинематическую идею создания орбитального двигателя можно сформулировать следующим образом: “Пусть рабочее тело при перемещении в корпусе контактирует с последним по плоскостям”. В 1973 году проект двигателя с однонаправленным плоскопараллельным перемещением рабочего тела был предложен австралийцем Ральфом Саричем (Ralph Sarich) (рис. 1). Рабочее звено своего двигателя, совершающее плоскопараллельное перемещение, автор назвал орбитоном, а сам двигатель – орбитальным.

Многолетняя работа по созданию орбитального двигателя не принесла ожидаемых результатов. В 1986 году работы по доводке были прекращены, несмотря на обнадеживающие результаты испытаний на малых оборотах опытного образца. Можно предположить, что работоспособность этого двигателя на высокооборотном режиме ограничивало наличие высокого уровня динамических нагрузок пластин на орбитон.

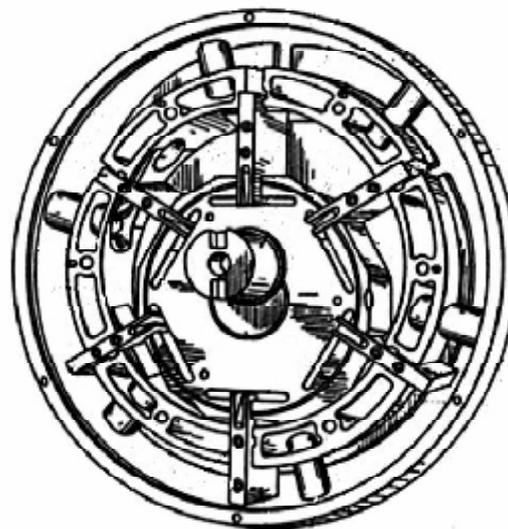
В настоящее время фирма, созданная Р. Саричем, широко внедряет во всём мире оригинальные пневматические системы впрыска топлива ОСР (Orbital Combustion Process).

Для проведения динамического анализа используем метод математического моделирования векторных замкнутых контуров, который достаточно подробно освещен в работах [1], [2], [3], и используемый для моделирования механизмов в решении задач анализа и синтеза механизмов. Основу метода составляют векторные замкнутые контуры, состоящие из отдельных векторов.

*Косенок Борис Борисович, кандидат технических наук, доцент. E-mail: borkos@yandex.ru.*

Кинематическая схема двигателя Р. Сарича (рис. 2,а) обеспечивает циклическое изменение объёмов рабочих камер, образованных орбитоном 1, корпусом 2, пластинами 3 и торцевыми крышками, не показанными на схеме. Основная задача кинематического анализа этого двигателя – определение движения пластин 3 относительно сопряжённых поверхностей орбитона 1 и направляющих корпуса 2. Для решения этой задачи достаточно исследовать контур, образованный проекцией кривошипа  $O_2O_1$  на линию перемещения одной из пластин 3.

Контур звеньев  $O_1BO_2$  отображаем векторным контуром  $\vec{p}_1 - \vec{p}_2 - \vec{p}_3$  с функциями  $p_1$  и  $p_2$ ,



**Рис. 1.** Конструктивная схема орбитального двигателя Р.Сарича

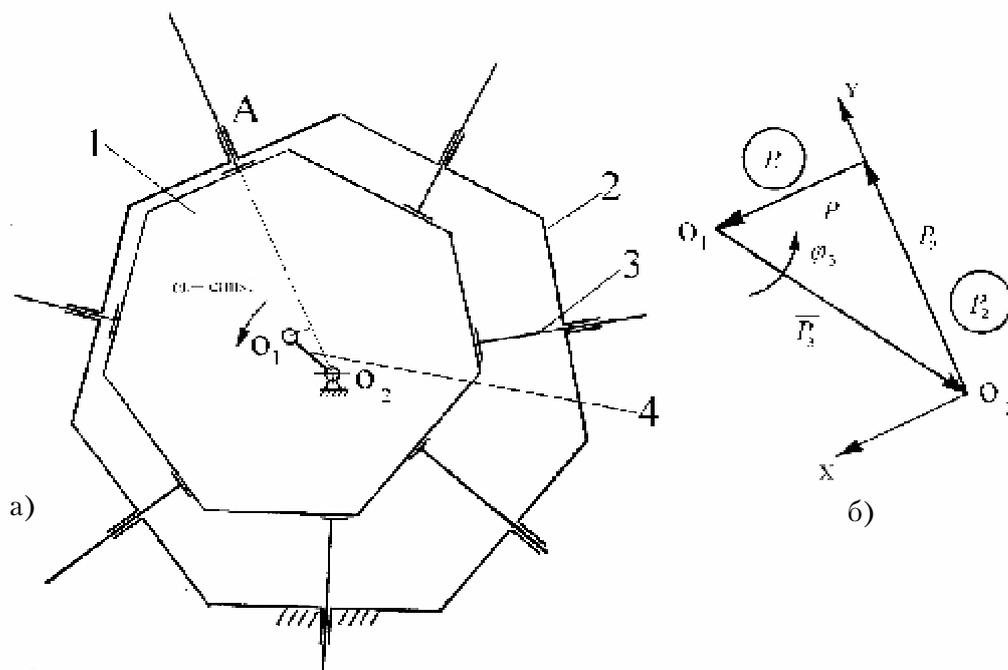


Рис. 2. Структурная схема (а) орбитального двигателя и её векторная модель (б)

соответствующим векторному модулю Пл2 с аргументом  $\varphi_3$  (рис. 2,б).

Параметрическая формула векторной модели, описывающей основной механизм орбитального двигателя приведена на рис. 3.

Следует также отметить, что приведённая на рис.2,а кинематическая схема является упрощённой, неполной. Оригинальный двигатель Р. Сарича имел сложную кинематическую связь пластины 3 с орбитоном 1 и дополнительные кривошипы, синхронизированные с центральным кривошипом  $O_2O_1$  (рис. 4), для компенсации перемещения пластин относительно орбитона и обеспечения его плоскопараллельного движения.

Ранее автором статьи был проведен кинематический анализ орбитального двигателя [3] с использованием программы Кинематического и динамического анализа механизмов (КДАМ).

Проведенный кинематический анализ основного механизма орбитального двигателя по сравнению с кривошипно-ползунного механизма типового «классического» ДВС показал, что он обеспечивает такое же перемещения орбитона, как и ход поршня в «классическом» ДВС. Кроме того, орбитальный двигатель обеспечивает такой

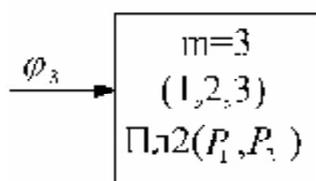


Рис. 3. Параметрическая формула

же ход, что кривошипно-ползунный механизм, но при меньших в четыре раза габаритах. Скорости и ускорения, получаемые в обоих механизмах при различии кривых, в абсолютных значениях соразмерны.

Модель на рис.2,б достаточна для кинематического исследования орбитального двигателя, но для динамического анализа, необходимо применить расширенную векторную модель, представленную на рис.5,а. Параметрическая формула данной модели представлена на рис.5,б. Динамический анализ также проведем с использованием программы КДАМ. Рассмотрим изменение уравновешивающего момента с ростом числа оборотов двигателя, для этого проведем расчет для чис-

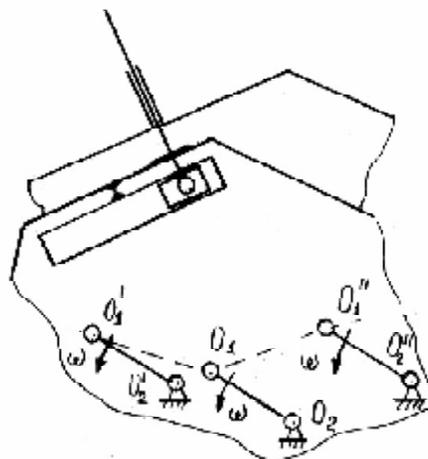
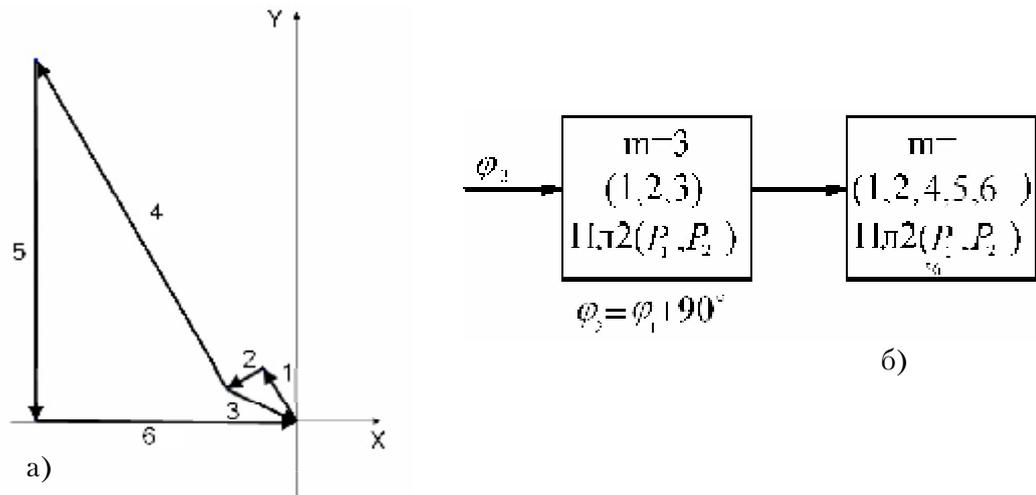


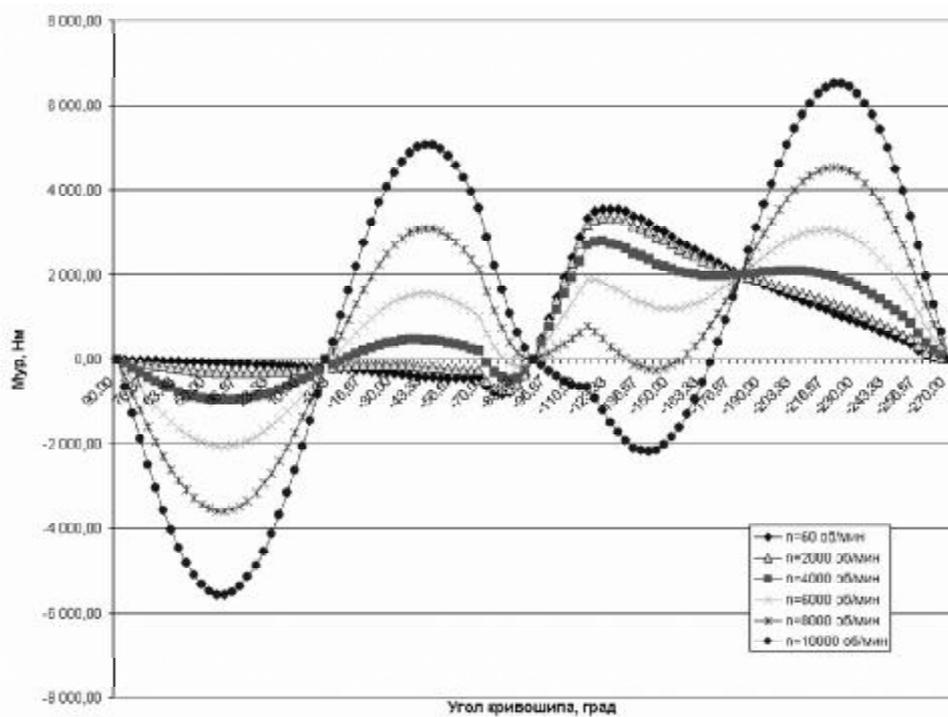
Рис. 4. Дополнительные кривошипы, синхронизированные с центральным кривошипом  $O_2O_1$



**Рис. 5.** Расширенная векторная модель (а) и параметрическая формула (б) орбитального двигателя

ла оборотов от 60 об/мин до 10000 об/мин. Совмещенный график полученных уравновешивающих моментов приведен на рис. 6.

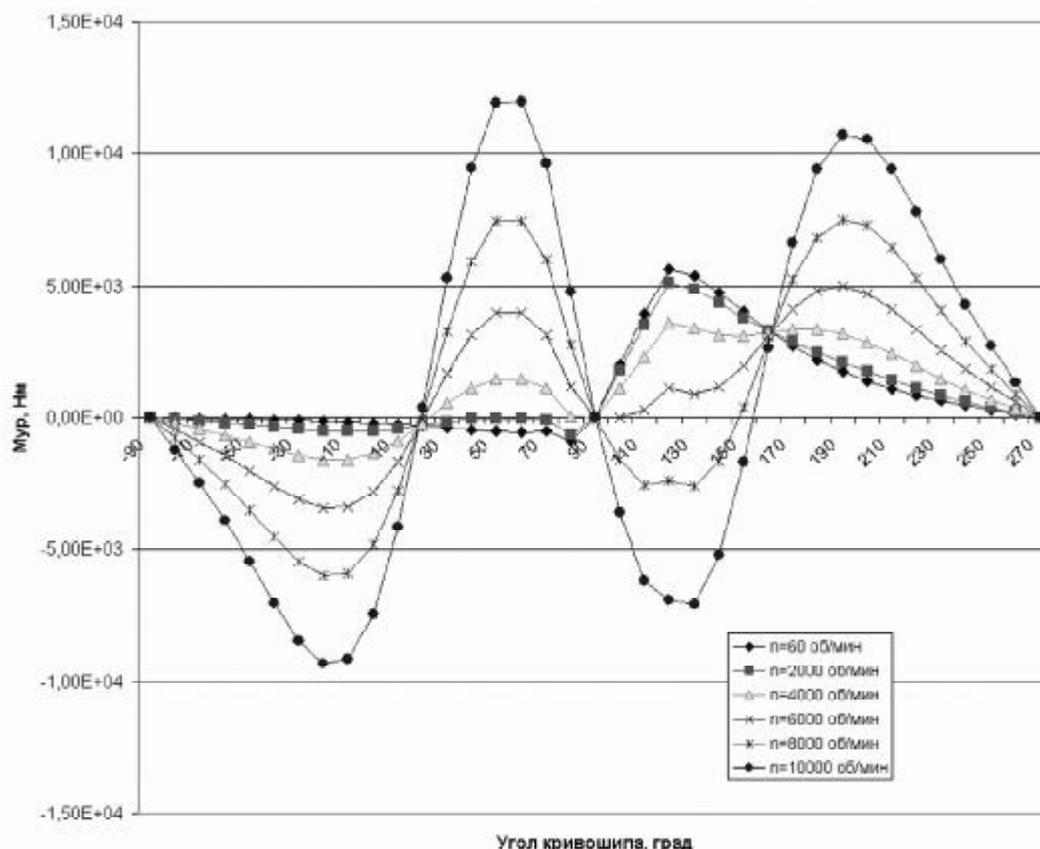
Нагрузка на пластины 3 (рис.2,а) существенно ограничивает работоспособность и ресурс двигателя.



**Рис. 6.** Совмещенный график уравновешивающего момента за рабочий цикл



**Рис. 7.** Структурная схема(а) и векторная модель(б) кривошипно-ползунного основного механизма ДВС



**Рис. 8.** Совмещенный график уравнивающего момента за рабочий цикл «классического» ДВС

Проведем сравнение уравнивающих нагрузок орбитального и для кривошипно-ползунного «классического» ДВС (рис.7,а), также смоделированного в программной среде КДАМ (рис.7,б).

Рассмотрим изменение уравнивающего момента с ростом числа оборотов «классического» двигателя, для числа оборотов от 60 об/мин до 10000 об/мин при воздействии идентичных с орбитальным двигателем силах. Совмещенный график полученных уравнивающих моментов приведен на рис.8.

Анализ динамики и орбитального двигателя и «классического» ДВС показывает, что в обоих двигателях максимальное усилие на поршне совпадает с верхней мертвой точкой, что соответствует «нулевому» плечу, а следовательно, максимальная нагрузка дает в этот момент времени нулевую полезную нагрузку.

Для обоих двигателей видно, что влияние массовых характеристик практически незаметно в диапазоне с 60 до 6000 об/мин, но, начиная с этого момента, и до 10000 об/мин их влияние приводит к уменьшению момента полезного сопротивления и возрастанию инерционного «биения», в тоже время орбитальный двигатель показывает более медленное возрастание влияния инерционных характеристик..

Следует также отметить, что полезные на-

грузки, полученные на орбитальном двигателе, при соизмеримости нагрузок на рабочее тело, на 30-40 % меньше чем в «классическом» ДВС.

Кроме того, следует отметить еще одно «узкое» место машин объемного вытеснения с плоскостным контактом пластин с корпусом. При контакте одной пластины с двумя плоскостями необходима компенсация зазоров, возникающих при трении в этих контактах.

Вывод: Не только возрастание сложности конструкции, как принято считать, но и динамическое несовершенство орбитального двигателя, в совокупности с повышенным трением, различных плоскостных контактирующих поверхностей, не позволяет рассматривать подобные структурные схемы, как основу новых более совершенных двигателей внутреннего сгорания.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Семенов Б.П., Косенок Б.Б. Методы и средства динамического синтеза механизмов авиационных энергоустановок. Самара: СамНЦ РАН, 2010. 281 с.
2. Семенов Б.П. Кинематика двигателей внутреннего сгорания и трансмиссий. Курс лекций. 2-е изд. Самара: СГАУ, 2003, 116 с.
3. Косенок Б.Б. Кинематический анализ векторной модели основного механизма орбитального двигателя //Известия Самарского научного центра РАН. 2007. Т.9. №3. С. 696-700.

**DYNAMIC ANALYSIS OF THE BASIC MECHANISM  
OF THE ORBITAL ENGINE, BASED ON ITS VECTOR MODEL**

© 2011 B.B. Kosenok

Samara State Aerospace University

The description of the orbital engine, its block diagram and vector model. A comparative analysis of the orbital engine and crank-slide mechanism of the classical internal combustion engine (ICE). This study suggests that the fact that in the presence of the orbital engine of certain kinematic advantages, such as plane-parallel movement of the basic operational level, many times smaller dimensions mechanism (commensurate with moves, speed and acceleration of the ground level), the dynamics of the orbital engine has the same drawbacks as the classic ICE - inefficient shoulder at the maximum load in a working chamber, the exposure at high speeds increase the inertia factor. Analysis showed, that the orbital engine, there are additional problems - the smaller the dynamic impact loads commensurate with the additional load on the dividing plate, the increase in friction factor of planar insulating surfaces.

Key words: orbital engine, the Sarich, kinematics, dynamics, modeling of vector paths