

КИНЕМАТИЧЕСКИЙ И ДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СХЕМЫ КРИВОШИПНО-КУЛИСНОГО МЕХАНИЗМА ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

А.Т.МУХТАРОВ
E.mail. ksucta@elcat.kg

Макалада ийруу мунактуу- кулистуу механизмдуу кымылдаткычтын конструктивдик тузулушу жана параметрлери киниматикалык жана динамикалык анализдин негизинде аныкталышы келтирилген.

В статье на основе кинематического и динамического анализа работы двигателя с кривошипно-кулисным механизмом обосновывается конструктивная его схема и параметры.

In this paper, based on kinematic and dynamic analysis of the engine with a crank-rocker mechanism is justified her constructive scheme and parameters.

В работе /1/ была показана целесообразность выполнения двигателя с изолированным цилиндром от масляного картера. На рис. 1 приведена схема компоновки двигателя с кривошипно-кулисным механизмом преобразования движения поршней.

Кривошипно-ползунный механизм состоит из кривошипа ОА (1), кривошипного ползуна 2, поршневого ползуна (кулисы) 3, штока поршня 4, поршня 5, расположенного в гильзе цилиндра 6. Поршневой ползун движется по направляющим 7. Как известно, такие двигатели работают, как правило, по четырехтактному циклу, который совершается за два оборота коленчатого вала или за четыре хода поршня.

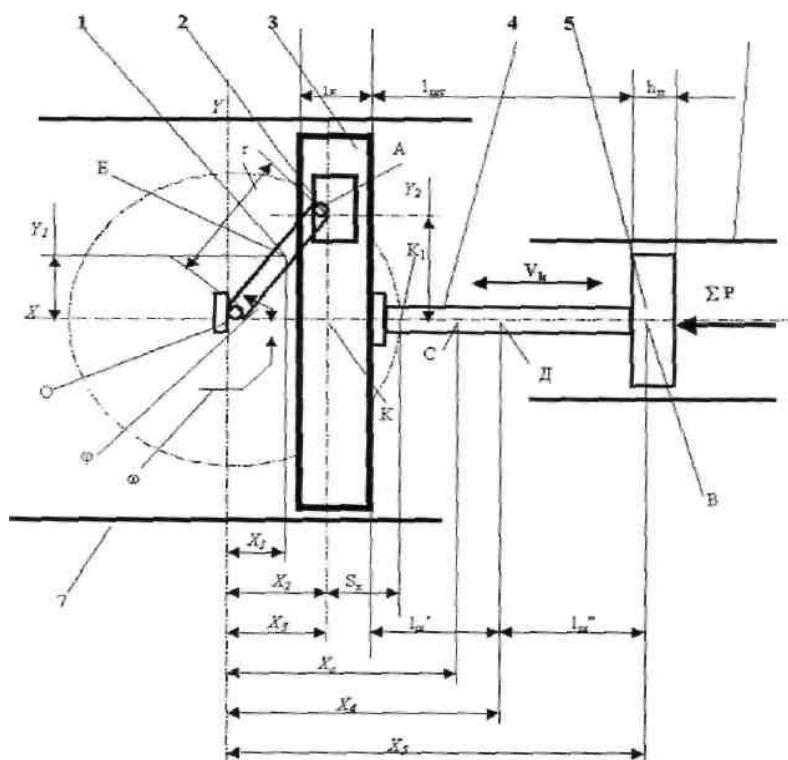


Рис. 1. Схема кривошипно-ползунного механизма:

1 – кривошип; 2 – ползун кривошипный; 3 – ползун поршневой (кулиса); 4 – шток поршня; 5 – поршень; 6 – гильза цилиндра; 7 – направляющие поршневого ползуна

В процессе расширения газов внутри цилиндра ДВС совершается индикаторная работа. При этом за счет индикаторного давления газов поршень 5 перемещается от ВМТ к НМТ. При рабочем ходе поршень 5, соединенный жестко посредством штока 4 с поршневым ползуном 3, движущемся по направляющим 7, передает движение кривошипному ползуну 2, который перемещается внутри рамки кулисы 3 в направлении, перпендикулярном оси цилиндра. В свою очередь, кривошипный ползун 2 вращающимся подшипником соединен с кривошипом 1, который может совершать только вращательное движение. В результате линейное движение поршня и связанной с ним кулисы преобразуется во вращательное движение коленчатого вала ДВС.

Рассмотрим кинематику и динамику данного механизма с использованием положений работы /2/. На рис. 2, 3, 4 показаны векторы скоростей и динамических сил, действующих на звеньях механизма преобразования движения. Принимая ось цилиндра, вдоль которой перемещается поршень, за ось $X-X$, определим соотношение кинематических параметров. Пусть кривошип OA повернется на угол φ . Тогда поршень 5 переместится из положения ВМТ вниз по оси $X-X$ на расстояние $S_x = OK_1K$ (рис. 2).

$$S_x = OK_1 - OK = r - r \cdot \cos \varphi = r(1 - \cos \varphi).$$

(1)

Скорость равна первой производной, т.е.

$$(S_x)' = V_x = r \cdot \omega \cdot \sin \varphi.$$

(2)

Ускорение определяется как первая производная от скорости

$$(V_x)' = J = r^2 \cdot \omega^2 \cdot \cos \varphi.$$

(3)

Рассмотрим перемещение кривошипного ползуна 2 внутри рамки кулисы (рис. 2).

Перемещение кривошипного ползуна вдоль оси Y подчиняется синусоидальному закону

$$S_y = r \cdot \sin \varphi.$$

(4)

Тогда скорость и ускорение будут описываться выражениями

$$V_y = r \cdot \omega \cdot \cos \varphi.$$

(5)

$$J_y = -r \cdot \omega^2 \cdot \sin \varphi.$$

(6)

Сила, действующая вдоль кривошипа,

$$K = \sum P_i \cos \varphi,$$

(7)

где $\sum P_i$ – суммарная сила давления газов (P_r) и сил инерции (P_j), совершающих возвратно-поступательное движение.

$$\sum P_i = (P_r + P_j).$$

(8)

Сила, создающая вращательный момент кривошипа (тангенциальная сила T),

$$T = \sum P_i \sin \varphi.$$

(9)

Разлагая тангенциальную силу T вдоль осей $X-X$ и $Y-Y$, можно найти ее составляющие (рис. 4).

Нормальная сила, действующая на ползун кривошипа внутри кулисы вдоль оси $Y-Y$ (сила N_n),

$$N_{II} = T \cdot \cos \varphi = (\sum P_i / 2) \cdot \sin \varphi.$$

(10)

Составляющая сила, действующая на кривошипный ползун вдоль оси X-X перпендикулярно плоскости направляющих поршневого ползуна,

$$S_n = T \cdot \sin \varphi = \sum P_i \cdot \sin^2 \varphi.$$

(11)

Полученные зависимости для расчета одновального кривошипно-кулисного механизма преобразования движения применимы и для двухпоршневого двигателя. Реализация в кривошипно-кулисном механизме движения без искажения синусоидального закона движения положительно отражается на термодинамических процессах в двигателе, повышая его эффективность.

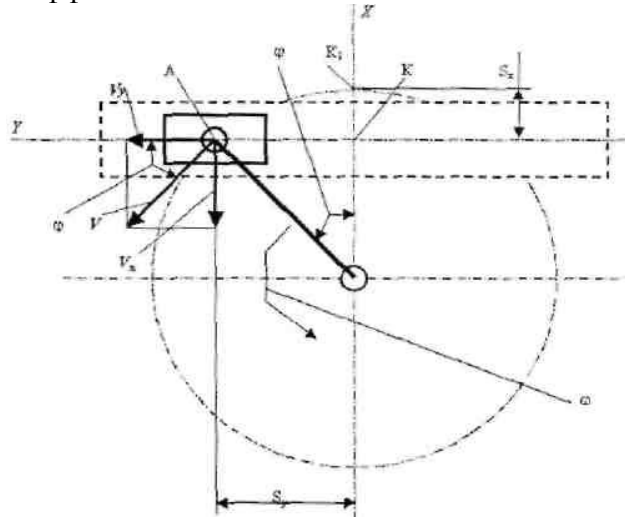


Рис. 2. Разложение скорости на составляющие в кривошипно-ползунном механизме

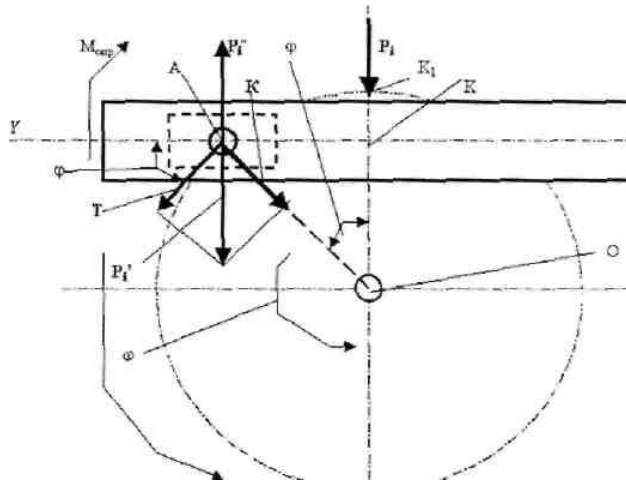


Рис. 3. Разложение силы, действующей на поршень и поршневой ползун (P_i), для определения вращательной силы (T) и силы вдоль кривошипа (K). $P_j = P_i' = P''$

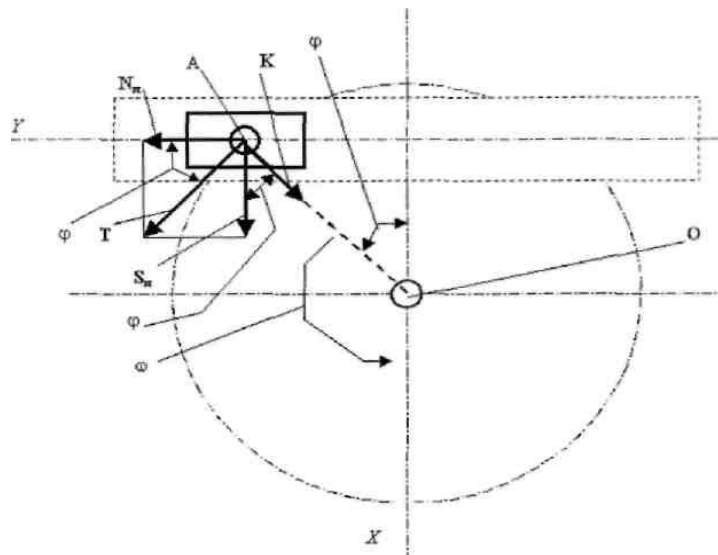


Рис. 4. Разложение вращательной силы (T) для определения нормальной силы (N_n) и силы воздействия кривошипного ползуна на направляющие поршневого ползуна (S_n)

Исходя из вышеизложенного анализа, синтезирована схема оппозитного двухцилиндрового двигателя с кривошипно-кулисным механизмом (рис. 5). В оппозитном варианте кривошипно-кулисного механизма наиболее полно раскрываются положительные качества такого механизма.

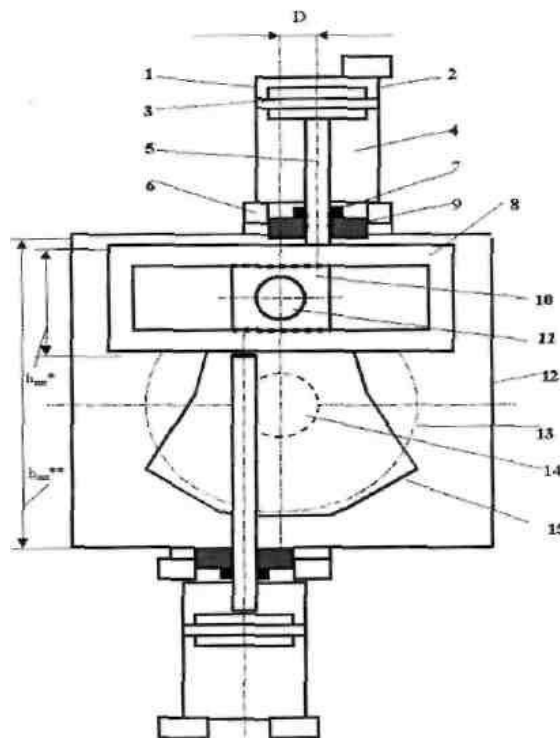


Рис. 5. Оптимизированная схема оппозитного двухцилиндрового модуля с кривошипно-кулисным механизмом преобразования движения: 1 – цилиндр (с системой газораспределения); 2 – надпоршневой объем цилиндра; 3 – поршень; 4 – подпоршневой объем; 5 – шток поршня; 6 – клапаны подпоршневого воздушного компрессора; 7 – уплотнение штока; 8 – кулиса; 9 – направляющие кулисы во втулках на стенках картера; 10 – ползун поперечного движения; 11 – кривошипный подшипник; 12 – картер; 13 – траектория вращения оси кривошипного подшипника; 14 – коренная шейка вала; 15 – щеки кривошипа

Для исключения избыточных кинематических связей в оппозитном варианте предлагается использовать втулки штоков поршней в качестве направляющих для

линейного возвратно-поступательного движения подвижного блока, состоящего из кулисы, поршней оппозитных цилиндров и соединяющих их штоков поршней.

Сравнение результатов кинематического и динамического расчетов традиционного кривошипно-шатунного механизма преобразования движения, а также кривошипно-кулисного механизма предлагаемой оппозитной конструкции показало, что боковые силы, возникающие в механизме при его работе в кривошипно-кулисном варианте, значительно меньше таковых в кривошипно-шатунном варианте. Это позволяет уверенно использовать втулки штоков в качестве линейных подшипников для придания линейного возвратно-поступательного движения поршней двигателя.

Список литературы

1. Асанов А.А., Мухтаров А.Т., Каухаров А.К. Выбор и обоснование конструкции двигателя с кулисным механизмом преобразования движения поршня
2. Двигатели внутреннего сгорания: теория, моделирование и расчет процесса: Учебник для вузов /Шароглазов Б.А., Фарафонов М.Ф., Клементьев В.В. и др. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2004. – 344 с.