

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕМАТИКИ ТОЧЕК РОТОРА ДВИГАТЕЛЯ ВАНКЕЛЯ

Густинович Роман Юрьевич

студент, Белорусский государственный университет транспорта, РБ, Гомель

Гегедеш Марина Григорьевна

научный руководитель, канд. техн. наук, доцент, Белорусский государственный университет транспорта, РБ, Гомель

Роторные двигатели Ванкеля (рисунок 1) имеют как преимущества, так и недостатки и в настоящее время применяются как силовые агрегаты при конструировании беспилотных летательных аппаратов, транспортных средств с гибридным двигателем [1–4]. Принципиальное отличие такого двигателя от классического двигателя внутреннего сгорания в том, что роль поршня играет ротор. Он приводит в действие главный вал, участвует в образовании камер внутреннего сгорания, с его помощью производится впуск и выпуск газов.

При разработке конструкции роторного двигателя необходимо осуществлять подбор кинематических параметров для достижения требуемых характеристик устройства. Создание такого двигателя предполагает применение лазерных технологий ввиду сложной геометрии внутреннего пространства (рисунок 1), где координаты крайних точек ротора на траектории их движения (эпитрохоиде) могут быть записаны так [5].

$$\begin{cases} x = (R - r) \cos(n\phi) + C \cdot R \cos \phi, \\ y = (R - r) \sin(n\phi) + C \cdot R \sin \phi, \end{cases} \quad (1)$$

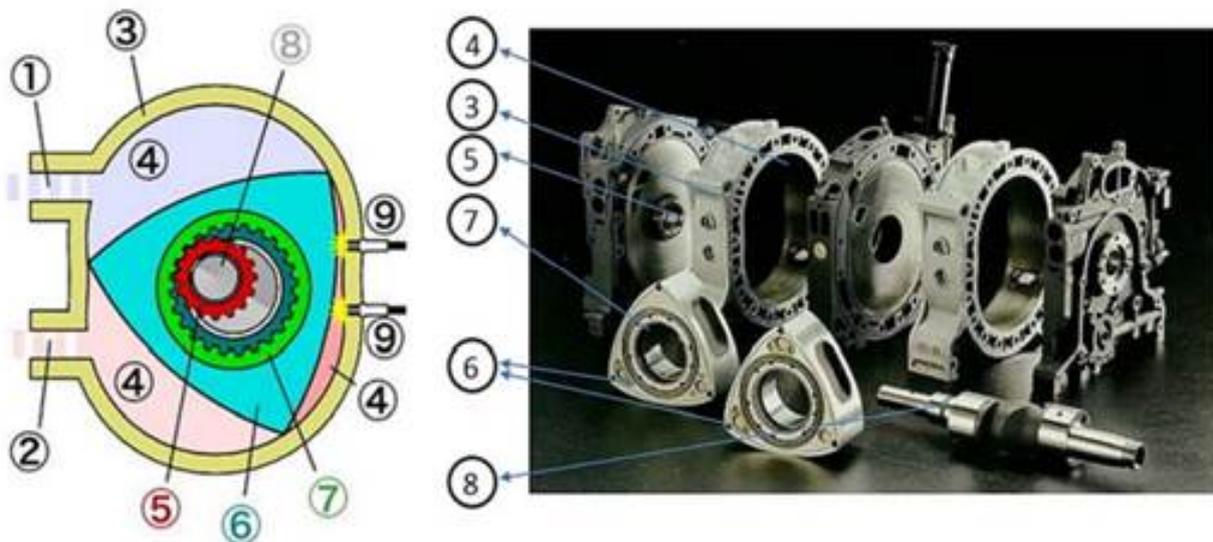
где R , r – радиусы подвижного зубчатого колеса и неподвижной шестерни соответственно, м; выражение $(R-r) = e$ – эксцентриситет;

ϕ – угол поворота, характеризующий планетарное движение, рад;

n – передаточное отношение; для такого типа двигателей

$$n = \frac{R}{R - r};$$

C – безразмерный параметр, определяющий размеры двигателя [5]; принимается равным 2,1–2,7.



1 – впускное окно; 2 – выпускное окно; 3 – корпус; 4 – камера сгорания; 5 – неподвижная шестерня; 6 – ротор; 7 – зубчатое колесо; 8 – эксцентровый вал; 9 – свечи зажигания

Рисунок 1. Схема двигателя Ванкеля [2]

Эпитрохоида, вдоль которой происходит перемещение крайних точек ротора, при различных отношениях R/r может менять свою форму (рисунок 2).

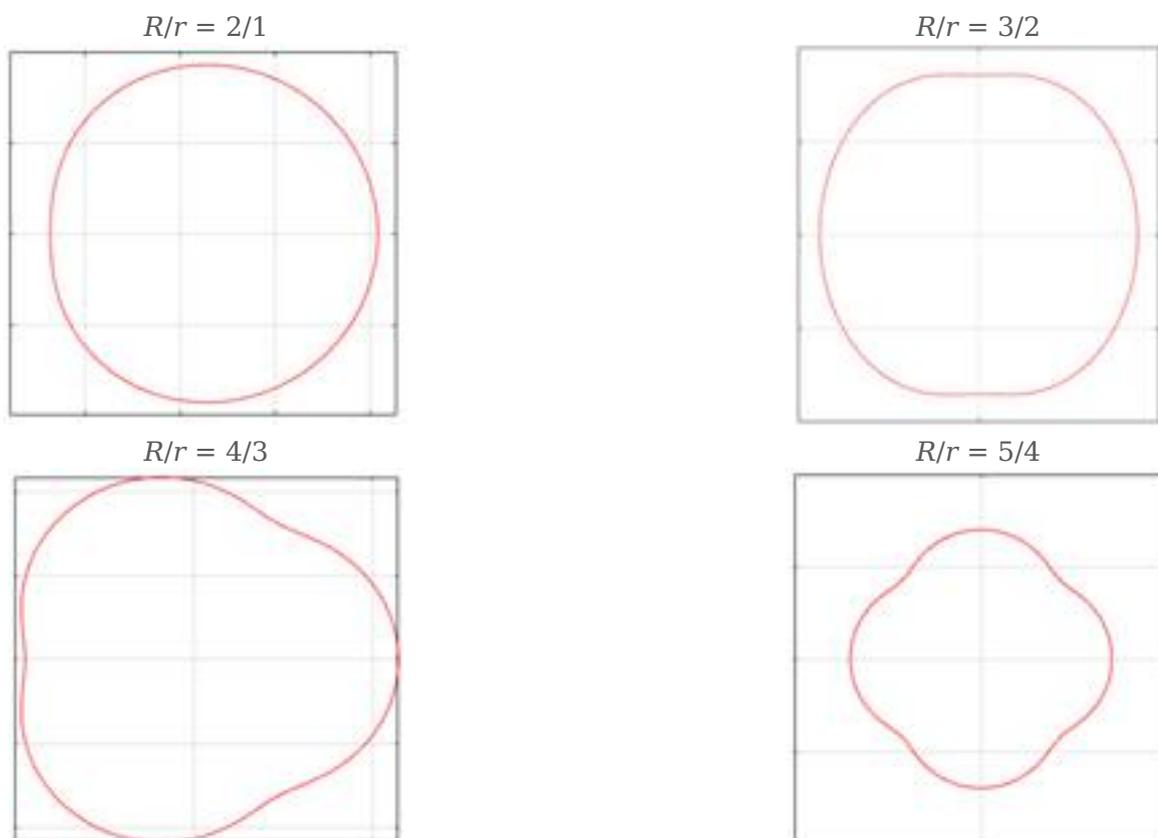


Рисунок 2. Эпитрохоида при различном отношении R/r

Линейные скорость и ускорение крайних точек ротора могут быть рассчитаны с помощью их проекций на оси координат, которые соответственно равны первым и вторым производным от x и y в системе (1):

$$v_x = \frac{dx}{dt} = -(R-r)n \sin(n\varphi) \cdot \varphi' - CR \sin \varphi \cdot \varphi' = -R\varphi'(\sin(n\varphi) + C \sin \varphi);$$

$$v_y = \frac{dy}{dt} = (R-r)n \cos(n\varphi) \cdot \varphi' + CR \cos \varphi \cdot \varphi' = R\varphi'(\cos(n\varphi) + C \cos \varphi);$$

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = R\varphi' \sqrt{1 + C^2 + 2C \cos(n\varphi - \varphi)};$$

$$a_x = \frac{d^2x}{dt^2} = -R\varphi''(\sin(n\varphi) + C \sin \varphi) - R(\varphi')^2(n \cos(n\varphi) + C \cos \varphi);$$

$$a_y = \frac{d^2y}{dt^2} = R\varphi''(\cos(n\varphi) + C \cos \varphi) - R(\varphi')^2(n \sin(n\varphi) + C \sin \varphi);$$

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} =$$

$$= R\sqrt{(\varphi'')^2(1 + C^2 + 2C \cos(n\varphi - \varphi)) + (\varphi')^4(n^2 + C^2 + 2nC \cos(n\varphi - \varphi)) + 2\varphi''(\varphi')^2 C \sin(n\varphi - \varphi)(1 - n)}.$$

Производить ручной расчет кинематических параметров точек - весьма трудоёмкий процесс, поэтому была разработана программа в MathCAD, позволяющая быстро рассчитывать необходимые характеристики точек ротора и строить графики их зависимости от времени (рисунок 3).

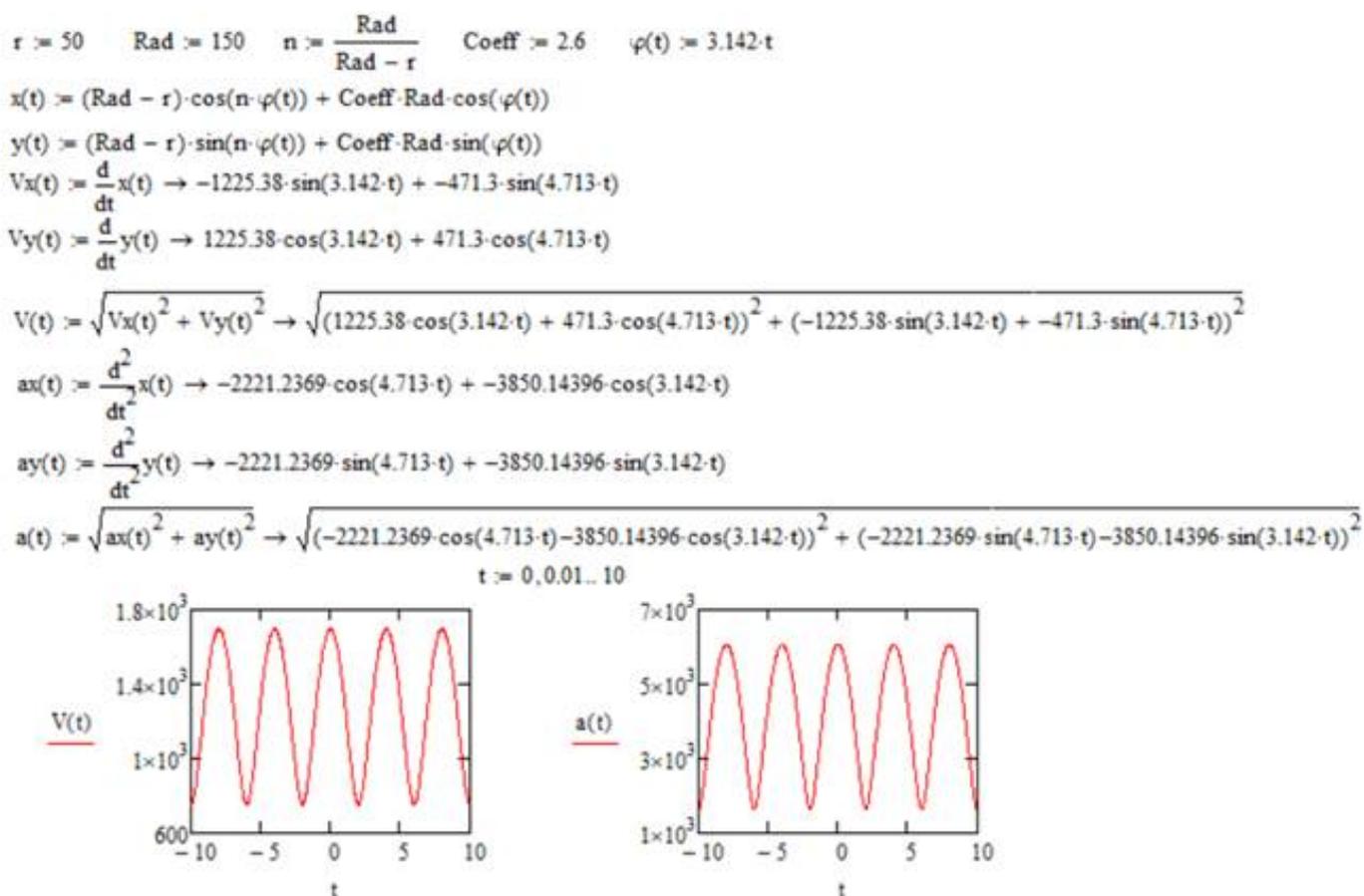


Рисунок 3. Расчет кинематических параметров точек ротора в MathCAD

Применение разработанной программы позволит облегчить процесс подбора необходимых кинематических параметров роторного двигателя в процессе его конструирования.

Список литературы:

1. Лободин, А. В. Роторно-поршневой двигатель / А. В. Лободин, Б. А. Семенихин // Современные автомобильные материалы и технологии. – 2014. – С. 91-96.
2. Альтернативные двигатели внутреннего сгорания // А. Е. Ломовских и др. // Повышение эффективности использования мобильных энергетических средств в различных режимах движения. – 2017. – С. 322 – 329.
3. Recent studies of fuels used in Wankel rotary engines / P. Otchere et al // Journal of Energy Resources Technology. – 2021. – Vol. 143. – No. 3. – 13 p.
4. Mittal, V. Design Parameters for Small Engines Based on Market Research / V. Mittal // Proceedings of the Society of Automotive Engineers. – 2018. – doi:10.4271/2018-01-1717.
5. Особенности кинематического расчёта роторно-поршневого двигателя Ванкеля / Ю. П. Макушев и др. // Омский научный вестник. – 2020. – №. 5 (173). – С. 22 – 28.