

УДК 621.8

ГИПОЦИКЛОИДНЫЙ ПЛАНЕТАРНО-ПОЛЗУННЫЙ МЕХАНИЗМ

Климова Е.В.

студент,

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет»

Новосибирск, Россия

Михайлова А.М.

студент,

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет»

Новосибирск, Россия

Пякина А.Н.

студент,

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет»

Новосибирск, Россия

Чусовитин Н.А.

к.т.н., доцент,

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет»

Новосибирск, Россия

Аннотация: в статье рассматривается планетарно-ползунный механизм, который может быть использован в промышленности. Детали механизма были смоделированы в программе «КОМПАС-3D» и изготовлены с помощью 3D-принтера из PLA-пластика. Рассмотрен случай конструктивного преобразования механизма, по результатам которого выявлена траектория плоскопараллельного движения.

Ключевые слова: механизм, преобразование вращательного движения, гипоциклоида, гипоциклоидальное движение, зубчатое колесо.

HYPOCYCLOID PLANETARY-SLIDER MECHANISM

Klimova E.V.

Novosibirsk State Technical University

Novosibirsk, Russia

Mikhailova A.M.

Novosibirsk State Technical University

Novosibirsk, Russia

Pyakina A.N.

Novosibirsk State Technical University

Novosibirsk, Russia

Chusovitin N.A.

Candidate of Sciences in Technology, Senior lecturer

Novosibirsk State Technical University

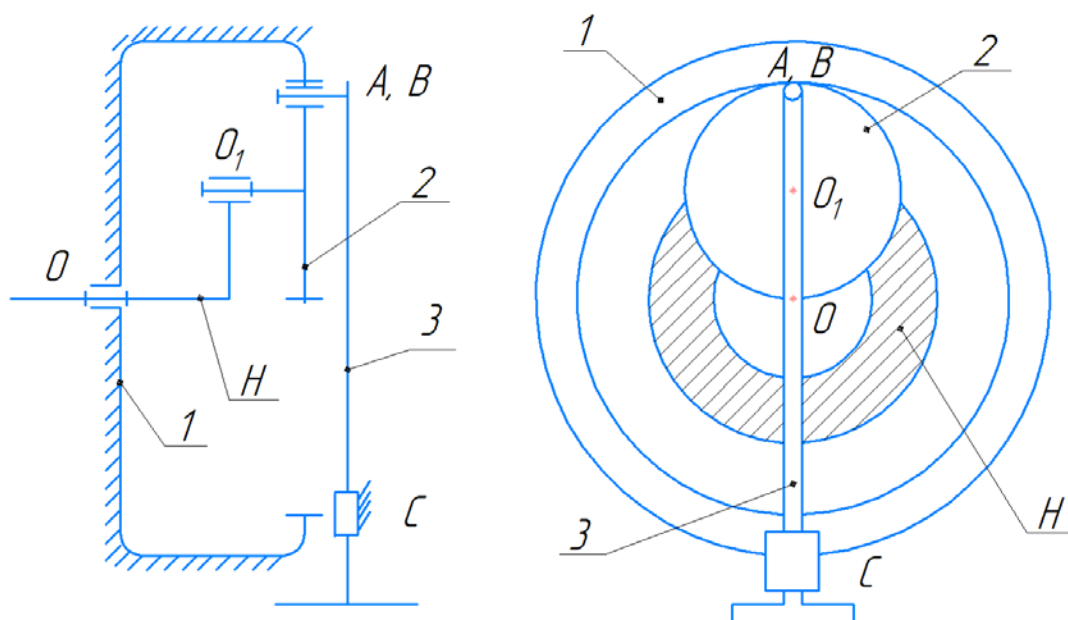
Novosibirsk, Russia

Annotation: the article discusses a planetary-slider mechanism that can be used in industry. The details of the mechanism were modeled in the KOMPAS-3D program and made using a 3D printer made of PLA plastic. The case of constructive transformation of the mechanism is considered, according to the results of which the trajectory of plane-parallel motion is revealed.

Keywords: mechanism, transformation of rotational motion, hypocycloid, hypocycloidal motion, gear wheel.

Звено Н (Рис.1), вращающееся вокруг неподвижной оси, входит во вращательную кинематическую пару С с колесом 2, входящим в зацепление с неподвижным колесом 1. Колесо 2 связано со звеном 3, они образуют вращательную и поступательную пары. При качении колеса 2 по колесу 1 точка В описывает гипоциклоиду. Передаточное отношение равно

$$U_{12} = z_2/z_1 = \frac{24}{48} = \frac{1}{2}, \text{ где } z_1 \text{ и } z_2 \text{ — числа зубьев колес 1 и 2.}$$

Рис.1. Структурная схема механизма¹

(1 – опорное колесо, 2 – сателлит, 3 – шток, Н – водило)

Согласно структурной схеме (Рис. 1), была синтезирована физическая модель (Рис. 6). Расчет подвижности проведен по формуле Чебышева:

$$W = 3 \cdot n - 2 \cdot p_H - p_B = 3 \cdot 4 - 2 \cdot 5 - 1 = 1,$$

где $n = 4$ – число подвижных звеньев;

$p_H = 5$ – число низших кинематических пар (1-0, Н-0, 3-0, Н-2, 2-3);

$p_B = 1$ – число высших кинематических пар (1-2) [1].

Гипоциклоидальное движение, при котором вращательное движение превращается во возвратно-поступательное, заключается в том, что точка, принадлежащая сателлиту (Рис.1), который катится без скольжения по неподвижному зубчатому колесу с внутренним зацеплением, описывает линию – гипоциклоиду. Окружность неподвижного колеса называется направляющей, а окружность сателлита - производящей. Соотношение радиусов этих окружностей равно 2:1. Таким образом, гипоциклоида представляет собой прямой отрезок ES, равный диаметру направляющей окружности, который соединяет начальные точки (Рис. 2). Начальная точка – это точка, которая

¹ Разработано авторами.

лежит на прямой, соединяющей центр производящей окружности с точкой опоры, и находится по ту же сторону от центра, что и

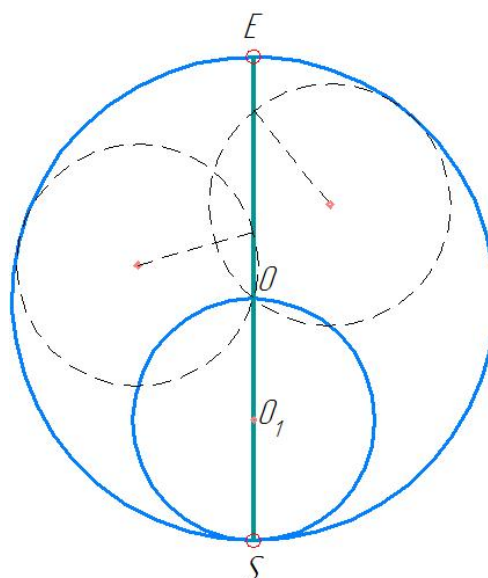


Рис. 2. Гипоциклоидальное движение²

точка опоры. Сателлит при одном полном обороте описывает этот диаметр в одном направлении, при следующем обороте описывает в противоположном направлении. Следовательно, начальные точки гипоциклоиды являются точками возврата [2].

Проведем исследование: уменьшим радиус сателлита так, чтобы он был меньше радиуса неподвижного зубчатого колеса в три раза. Для поступательного движения штока необходимо соединить его и сателлит с помощью кривошипа (Рис. 4). Соотношение радиусов направляющей и производящей окружностей равно 3:1. Тогда гипоциклоида будет иметь три бугра (Рис. 3). Такая гипоциклоида называется дельтовидной. Свое название получила в честь греческой буквы дельта, на которую она похожа.

² Разработано авторами.

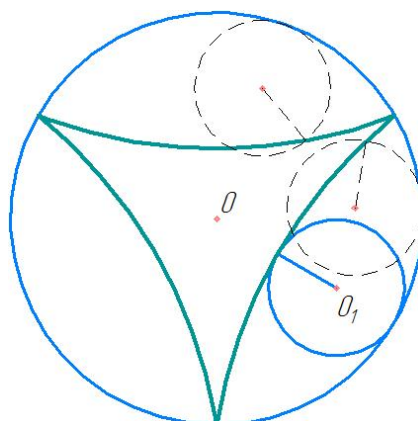


Рис. 3. Дельтовидная гипоциклоида³

Длина кривошипа составляет 35 мм, длина штока – от 88 мм (Рис.4) для размера диаметра окружности вершин зубьев неподвижного зубчатого колеса 75 мм.

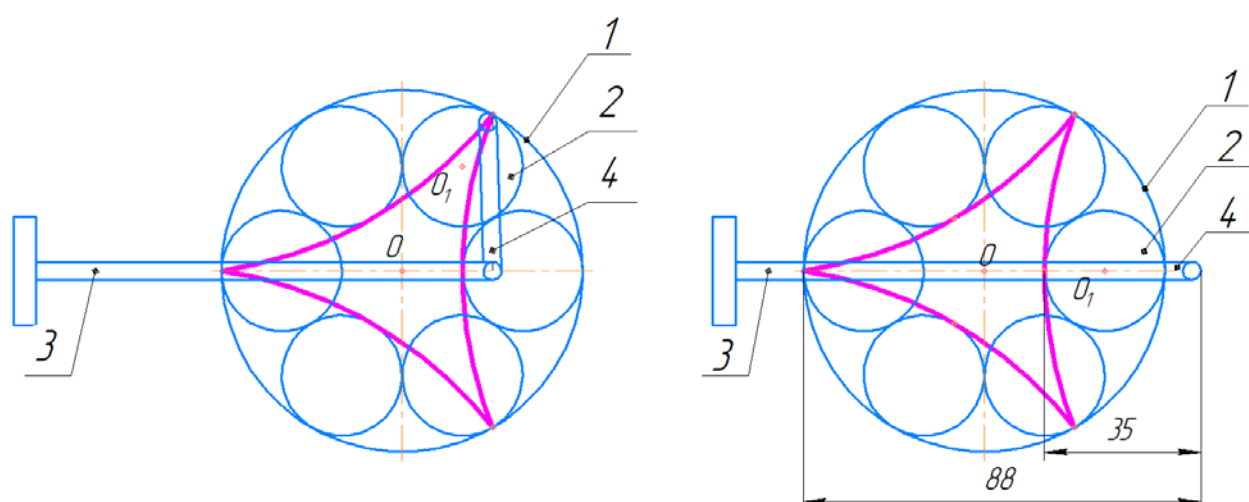


Рис. 4. Схема механизма⁴

(1-опорное колесо, 2-сателлит, 3-шток, 4-шатун)

Если шток и сателлит соединить без шатуна, то необходимо заменить направляющую штока на качающийся ползун 0 (Рис. 5). В таком случае, вершина К, принадлежащая штоку, будет описывать траекторию, изображенную на рисунке 5. При вращении водила по часовой стрелки точка М переместится в точку К, после чего продолжит свое движение, совпадет с точкой L и вернется в свое начальное положение (Рис. 5).

³ Разработано авторами.

⁴ Разработано авторами.

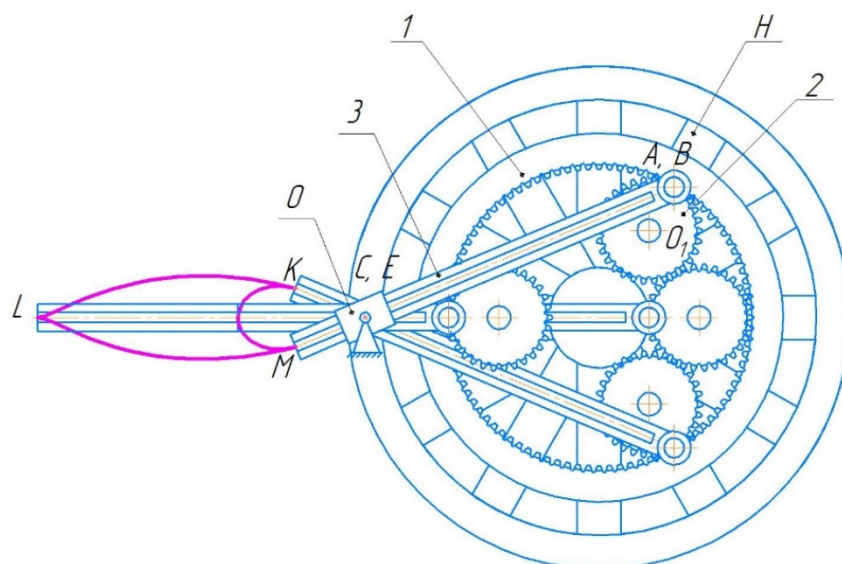


Рис. 5. Схема механизма⁵

(0 – качающийся ползун, 1 – опорное колесо, 2 – сателлит, 3 – кулиса, Н – водило)

Сконструированный механизм (Рис. 6) имеет широкое промышленное применение. Преобразование возвратно-поступательного движения во вращательное является основой работы вентиляторов, компрессоров, двигателей внутреннего сгорания и т.д.

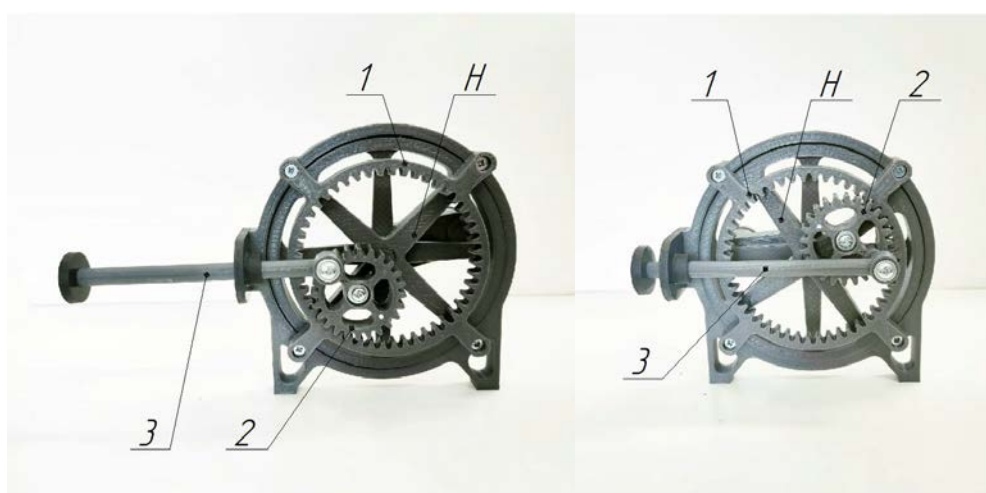


Рис. 6. Физическая модель механизма⁶

(1 – опорное колесо; 2 – сателлит; 3 – шток; Н – водило)

⁵ Разработано авторами.

⁶ Разработано авторами.

Механизмы преобразования вращательного движения в возвратно-поступательное использовались на протяжении многих веков. Например, от третьего века нашей эры Иерапольская лесопилка (Рис. 7), в которой водяное колесо использовалось для питания горизонтальной возвратно-поступательной

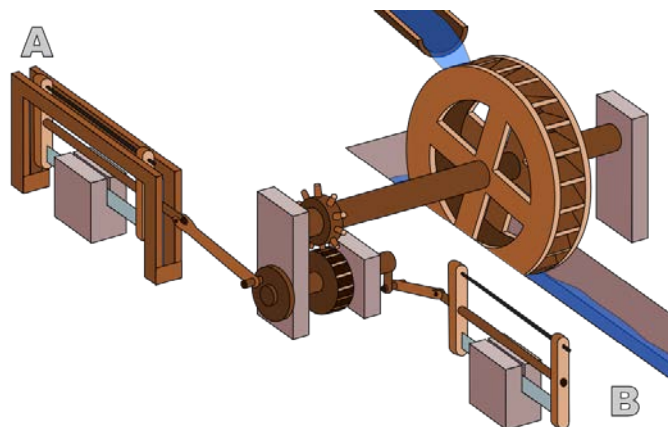


Рис. 7. Схема водяной римской лесопилки в Иераполисе [3]

пилы, до механизмов, образующих современный двигатель внутреннего сгорания [5]. Также устройство использовалось на паровозах «Колбрукдейл» и «Пенидаррен», чтобы обойти патент на кривошип [4; 5].

Иерапольская лесопилка была римской каменной лесопилкой с водяным приводом в Иераполисе (Рис.8) (расположен в долине Бююк-Мендерес, примыкающей к современным турецким городам Памуккале и Денизли) [6]. Лесопилка считается самой ранней известной машиной, сочетающей кривошип с шатуном, образуя кривошипно-ползунный механизм.



Рис. 8. Рельеф Иераполиса: крышка саркофага М. Аврелия Аммиана с двойной каменной пилой с водяным приводом и надписью (фото К. Грече) [6]

Библиографический список

1. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин / И.И. Артоболевский. - М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. -640 с.
2. Выгодский М.Я. Эпициклоиды и гипоциклоиды / М.Я. Выгодский // Справочник по высшей математике [Электронный ресурс]. — Режим доступа. — URL: https://scask.ru/j_dict_math.php?id=526 (Дата обращения 10.05.2022)
3. Лесопилка Иераполис [Электронный ресурс]. — Режим доступа. — URL: https://ruwiki.press/es/Serrería_romana_de_Hierápolis (Дата обращения: 10.05.2022)
4. Anthony Dawson. Before Rocket: The Steam Locomotive up to 1829 / Anthony Dawson // Gresley Books, 2020. – 43 p.
5. Arthur Raistrick. 1979 The Old Furnace at Coalbrookdale / Arthur Raistrick // Industrial Archaeology Review, 2013.
6. Klaus Grewe. A stone relief of a water-powered stone saw at Hierapolis, Phrygia / Klaus Grewe, Paul Kessener. [Электронный ресурс]. — Режим доступа. — URL: <https://books.openedition.org/pcjb/440> (Дата обращения: 10.05.2022)

Оригинальность 91%