

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЦЕНТР НАУЧНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА
«НАУКА И ПРОСВЕЩЕНИЕ»**



ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ, НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ: АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ, ДОСТИЖЕНИЯ И ИННОВАЦИИ

**СБОРНИК СТАТЕЙ VIII ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ,
СОСТОЯВШЕЙСЯ 27 ОКТЯБРЯ 2020 Г. В Г. ПЕНЗА**

**ПЕНЗА
МЦНС «НАУКА И ПРОСВЕЩЕНИЕ»
2020**

УДК 531.1

ЗАДАЧА ОБ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИИ СХЕМ ЩЕКОВЫХ ДРОБИЛЬНЫХ МАШИН И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ КИНЕМАТИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

ДВОРНИКОВ ЛЕОНИД ТРОФИМОВИЧ,

д.т.н. профессор

МАКАРОВ АЛЕКСЕЙ ВЛАДИМИРОВИЧ,

к.т.н., доцент

ФГБОУ ВО Сибирский государственный индустриальный университет

ЧЕРНОВ ПАВЕЛ ЕВГЕНЬЕВИЧ

магистрант

ФГБОУ ВО Кузбасский государственный технический университет

Аннотация: В статье представлено решение задачи совершенствования кинематических схем дробильных машин с учетом согласованного взаимного движения щек. Описан принцип работы новой кинематической схемы дробилки. Проведен структурный ее анализ, рассчитана подвижность, доказана возможность ее кинематического исследования.

Ключевые слова: Щековая дробилка, кинематика точек механизма, скорости и ускорения звеньев механизма, план скоростей и ускорений.

THE TASK OF IMPROVEMENT SCHEMES JAW CRUSHING MACHINES AND THE POSSIBILITY OF KINEMATIC ANALYSIS

Dvornikov Leonid Trofimovich,**Makarov Alexey Vladimirovich,****Chernov Pavel Yevgenyevich**

Abstract: This paper presents the solution to the problem of improvement of jaw crusher kinematic schemes based on the agreed mutual movement of the cheeks. The principle of operation of the new crusher is explained. The structural analysis is carried out. The degree of freedom is calculated and the possibility of its kinematic analysis is proved.

Key words: Jaw crusher, kinematics of the mechanism points, velocity and acceleration of mechanism links, velocities and accelerations diagram

Введение

Одним из направлений совершенствования дробильных машин является поиск рационального согласования взаимного движения их рабочих щёк.

Чаще всего эта задача не решается вовсе, то есть одна из щёк выполняется неподвижной, а рабочей щеке задаётся качательное движение. Известны схемы дробильных машин с двумя подвижными щеками [1, стр. 21, рис. 2.1], при этом степень целесообразности взаимного движения щёк никак не

оценивается.

1. Совершенствование дробильной машины

Принципиально новое решение о взаимном движении щёк было предложено в полезной модели дробильной машины [2], патент на которую выдан 23.01.2019 (рис.1).

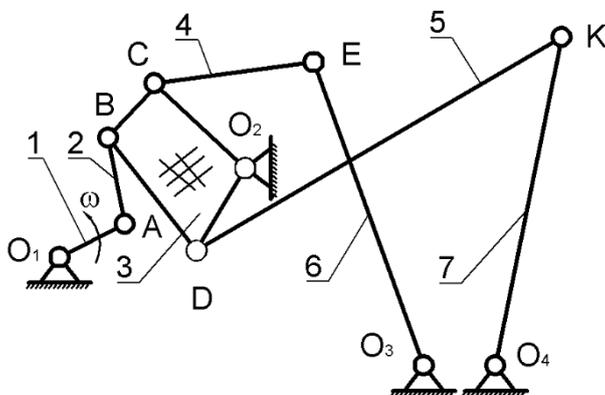


Рис. 1. Щековая дробильная машина

Особенность такой дробильной машины заключается в том, что ее щёки приводятся в движение от кривошипа 1 через качающееся относительно стойки четырехпарное коромысло 3, связанное шатунами 4 и 5 с подвижными щеками 6 и 7.

Такая машина может иметь различные виды взаимного движения щёк, что обеспечивается несколькими параметрами, а именно формой четырехшарнирного коромысла, местом установки неподвижной опоры O_2 коромысла, размерами шатунов 4 и 5, расположением осей шарниров, соединяющих щёки дробилки с приводными шатунами.

Докажем безотносительно к реальным размерам звеньев механизма и мест расположения неподвижных опор, что приведенная схема является вполне работоспособной, а также кинематически разрешимой.

Известно [3], что подвижность W всех плоских механизмов определяется формулой Чебышева П.Л.

$$W = 3n - 2p_5,$$

где n - число подвижных звеньев, а p_5 - число используемых одноподвижных кинематических пар- шарниров.

В исследуемой конструкции число подвижных звеньев $n=7$ (звенья 1, 2, 3, 4, 5, 6,7), число шарниров $p_5=10(O_1, A, B, C, D, O_2, E, O_3, K, O_4)$, то есть по приведенной формуле $W=1$. Это означает, что достаточно задать движение одному из звеньев машины- кривошипу 1, чтобы все остальные звенья двигались вполне определенно.

2. Кинематический анализ

Для доказательства кинематической разрешимости предложенной схемы дробильной машины воспользуемся графо-аналитическим методом, то есть построим её планы скоростей и ускорений на основании известной теоремы Эйлера –Шаля [4].

При заданной постоянной угловой скорости ω кривошипа 1 линейная скорость точки А может быть найдена из уравнения

$$V_A = \omega \cdot l_{OA1}, \quad \overline{V_A} \perp AO_1.$$

Покажем эту скорость на рисунке 2 в виде вектора \overline{pa} .

Скорость точки В коромысла 3 определится системой уравнений

$$\begin{cases} \overline{V_B} = \overline{V_A} + \overline{V_{BA}}, & \overline{V_{BA}} \perp BA, \\ \overline{V_B} = \overline{V_{BO2}}, & \overline{V_{BO2}} \perp BO_2, \end{cases}$$

в результате графического решения которых определится скорость точки В (рис. 2)

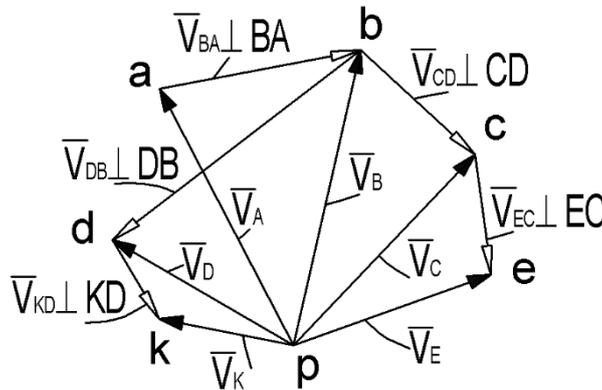


Рис. 2. План скоростей дробильной машины

Из соотношений $\omega_2 = \frac{V_{AB}}{l_{AB}}$ и $\omega_3 = \frac{V_{BO2}}{l_{BO2}}$ легко находятся угловые скорости шатуна 2 и коромысла 3, а также линейные скорости точек С и D

$$V_C = \omega_3 \cdot l_{CO2},$$

$$V_D = \omega_3 \cdot l_{DO2}.$$

По известным скоростям точек С и D коромысла 3 могут быть найдены линейные скорости точек Е и К (рис. 2) и угловые скорости щек дробильной машины ω_{3E} и ω_{4K}

$$\begin{cases} \overline{V_E} = \overline{V_C} + \overline{V_{EC}}, & \overline{V_{EC}} \perp EC, \\ \overline{V_E} = \overline{V_{EO3}}, & \overline{V_{EO3}} \perp EO_3, \\ \overline{V_K} = \overline{V_D} + \overline{V_{KD}}, & \overline{V_{KD}} \perp KD, \\ \overline{V_K} = \overline{V_{KO4}}, & \overline{V_{KO4}} \perp KO_4, \end{cases}$$

$$\omega_6 = \frac{V_E}{l_{EO3}}, \quad \omega_7 = \frac{V_K}{l_{KO4}}.$$

По относительным скоростям V_{EC} и V_{KD} определятся угловые скорости шатунов 4 и 5

$$\omega_4 = \frac{V_{EC}}{l_{EC}}, \quad \omega_5 = \frac{V_{KD}}{l_{KD}}.$$

Обратимся к нахождению ускорений, с которыми движутся звенья дробильной машины.

Нормальное ускорение точки А при равномерном движении кривошипа_1 определится формулой

$$a_A = a_A^n = \omega^2 \cdot l_{OA1}, \quad \overline{a_A} \parallel AO_1.$$

На плане (рис. 3) эта скорость представлена в виде вектора $\overline{\pi a}$.

Линейное ускорение точки В может быть найдено из рассмотрения плоскопараллельного движения звена 2 и вращательного движения звена 3, которые описываются уравнениями

$$\begin{cases} \overline{a_B} = \overline{a_A} + \overline{a_{BA}^n} + \overline{a_{BA}^\tau}, & \overline{a_{BA}^n} = \omega_2^2 \cdot l_{BA}, \quad \overline{a_{BA}^n} \parallel BA, \quad \overline{a_{BA}^\tau} \perp BA, \\ \overline{a_B} = \overline{a_{BO2}^n} + \overline{a_{BO2}^\tau}, & \overline{a_{BO2}^n} = \omega_3^2 \cdot l_{BO2}, \quad \overline{a_{BO2}^n} \parallel BO_2, \quad \overline{a_{BO2}^\tau} \perp BO_2. \end{cases}$$

где $\overline{a_{BA}^\tau}$ и $\overline{a_{BO2}^\tau}$ – тангенциальные ускорения точки В относительно А и O_2 .

Полученные тангенциальные ускорения звеньев 2 и 3 определяют угловые ускорения

$$\varepsilon_2 = \frac{a_{BA}^{\tau}}{l_{BA}}, \quad \varepsilon_3 = \frac{a_{BO2}^{\tau}}{l_{BO2}}.$$

Для определения ускорений точек С и D воспользуемся теоремой подобия согласно которой фигуры, построенные из векторов абсолютных ускорений точек звеньев механизма, жёстко связанных между собой или принадлежащих звену, подобны фигурам, образованным этими же точками на плане механизма (рис. 3).

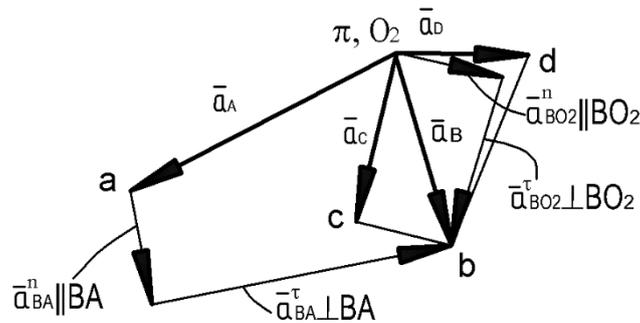


Рис. 3. План ускорений точек А, В, С и D дробильной машины

По известным ускорениям точек С и D коромысла 3 могут быть найдены линейные ускорения точек Е и К (рис. 4), а также значения угловых ускорений звеньев 4, 5, 6 и 7. Они определяются из зависимостей

$$\begin{cases} \overline{a_E} = \overline{a_C} + \overline{a_{EC}^n} + \overline{a_{EC}^{\tau}}, & \overline{a_{EC}^n} = \omega_4^2 \cdot l_{EC}, & \overline{a_{EC}^n} \parallel EC, & \overline{a_{EC}^{\tau}} \perp EC, \\ \overline{a_E} = \overline{a_{EO3}^n} + \overline{a_{EO3}^{\tau}}, & \overline{a_{EO3}^n} = \omega_6^2 \cdot l_{EO3}, & \overline{a_{EO3}^n} \parallel EO_3, & \overline{a_{EO3}^{\tau}} \perp EO_3, \\ \overline{a_K} = \overline{a_D} + \overline{a_{KD}^n} + \overline{a_{KD}^{\tau}}, & \overline{a_{KD}^n} = \omega_5^2 \cdot l_{KD}, & \overline{a_{KD}^n} \parallel KD, & \overline{a_{KD}^{\tau}} \perp KD, \\ \overline{a_K} = \overline{a_{KO4}^n} + \overline{a_{KO4}^{\tau}}, & \overline{a_{KO4}^n} = \omega_7^2 \cdot l_{KO4}, & \overline{a_{KO4}^n} \parallel KO_4, & \overline{a_{KO4}^{\tau}} \perp KO_4, \end{cases}$$

$$\varepsilon_4 = \frac{a_{EC}^{\tau}}{l_{EC}}, \quad \varepsilon_5 = \frac{a_{KD}^{\tau}}{l_{KD}}, \quad \varepsilon_6 = \frac{a_{EO3}^{\tau}}{l_{EO3}}, \quad \varepsilon_7 = \frac{a_{KO4}^{\tau}}{l_{KO4}}.$$

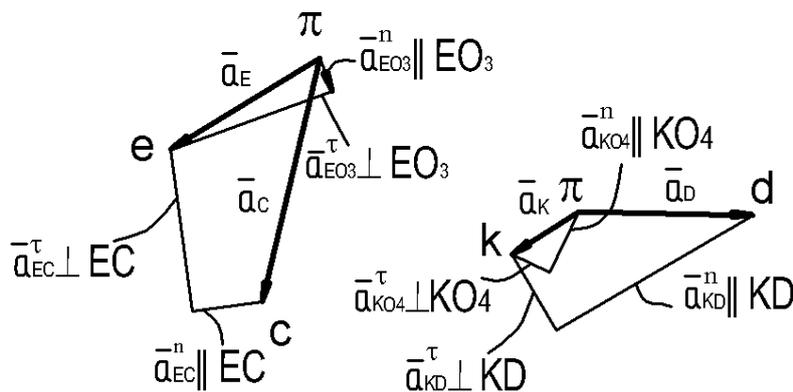


Рис. 4. План ускорений точек Е и К

Заключение

В статье представлено решение задачи совершенствования кинематических схем дробильных машин с учетом согласованного взаимного движения щек.

Описан принцип работы новой кинематической схемы дробилки. Проведен структурный ее анализ, рассчитана подвижность, доказана возможность ее кинематического исследования.

Список литературы

1. Клушанцев Б.В. Дробилки. Конструкция, расчет, особенности эксплуатации/ Б. В. Клушанцев, А. И. Косарев, Ю. А. Муйземнек. - М. : Машиностроение, 1990. - 320 с.
2. Патент № 186525 Российская Федерация, МПК В02С 1/02 . Щековая дробилка : №2018137765 : заявл. 25.10.2018; опубл. 23.01.2019 / Дворников Л. Т., Макаров А. В. ; патентообладатель Сибирский государственный индустриальный университет.- Бюл. № 3.
3. Артоболевский И. И. Теория механизмов и машин : учебник для вузов / И.И. Артоболевский. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Наука, 1988. – 639 с. : ил.
4. Кильчевский Н. А. Курс теоретической механики: учебное пособие. Т.1: Кинематика, статика, динамика точки / Н. А. Кильчевский.– 2-е изд. – Москва : Наука, 1977. – 479 с.: ил.