

КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЩЕКОВОЙ ДРОБИЛЬНОЙ МАШИНЫ С ВНУТРЕННЕЙ КАМЕРОЙ ДРОБЛЕНИЯ

Дворников Л.Т., Винтовкин П.В.

Сибирский государственный индустриальный университет, г.Новокузнецк

Ключевые слова: щековая дробильная машина, кинематическое исследование, план скоростей, план ускорений.

Аннотация. В статье приведено решение задачи построения плана скоростей и ускорений для щековой дробильной машины с внутренней камерой дробления.

KINEMATIC ANALYSIS OF JAW CRUSHER MACHINE WITH INTERNAL CRUSHING CHAMBER

Dvornikov L.T., Vintovkin P.V.

Siberian state industrial university, Novokuznetsk

Keywords: jaw crushing machine, kinematic study, velocity plan, acceleration plan.

Abstract. The article presents the solution to the problem of constructing a plan of speeds and accelerations for the jaw crusher with an internal crushing chamber.

Совершенствование машин, обеспечивающих дробление, т.е. уменьшение размеров кусков полезных ископаемых путем разрушения их внешними силами, связывается, в частности, с поиском их принципиально новых схем и конструкций. Одним из направлений такого совершенствования является применение щековых дробильных машин.

Примером такого технического решения является щековая дробильная машина со взаимоподвижными щеками [1], представляющая собой шестизвенную кинематическую цепь. Существенное совершенствование описанная дробильная машина получила путем её усложнения введением четырехзвенной группы Ассура показанной на рис. 1, которая защищена патентом Российской Федерации [2].

Кинематическая схема машины показана на рис. 1. Машина состоит из приводного кривошипа 1(O_1A), и соединена с приводным двигателем (на рисунке не показан). Кривошип шарнирно связан с трехпарным звеном 2(ABC) и через него с первой подвижной щекой 3(CF), и с дополнительным трехпарным звеном 4(FGE), приводящие в движение подвижную щеку 5(ED), опирающуюся на трехпарное балансирное звено 6(DO_2B) и двухпарный поводок 7(O_3G).

Работоспособность дробилки доказывается известной формулой Чебышева П.Л. [3]

$$W = 3n - 2p_5, \quad (1)$$

где n – количество подвижных звеньев,

p_5 – количество подвижных шарниров.

В рассматриваемом механизме $n=7$, $p_5=10$, что по (1) дает $W=3 \cdot 7 - 2 \cdot 10 = 1$, что при заданном движении кривошипа все звенья движутся вполне определенно.

Обратимся к кинематическому исследованию дробильной машины.

При заданной угловой скорости ведущего звена 1 ω_1 скорость точки A определится из уравнения

$$\vec{V}_A = \omega_1 \cdot \vec{\ell}_{O_1A}; \vec{V}_A \perp O_1A.$$

Скорости точек O_1 , O_2 и O_3 равны нулю, так как эти шарниры закреплены на стойку.

После определения скорости точки A и зная скорость точки O_2 , найдем скорость точки B по следующим уравнениям:

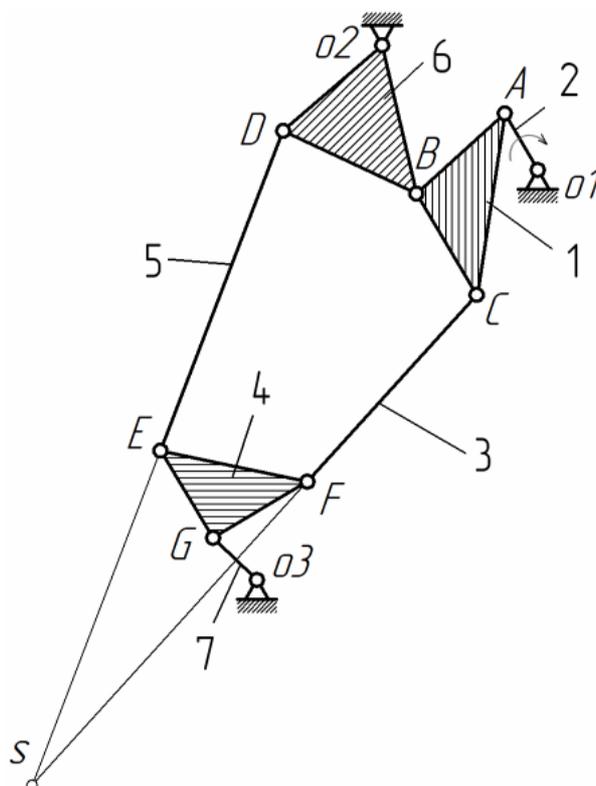


Рис. 1. Щековая дробильная машина с внутренней камерой дробления

$$\begin{cases} \vec{V}_B = \vec{V}_A + \vec{V}_{BA}; & \vec{V}_{BA} \perp AB, \\ \vec{V}_B = \vec{V}_{O_2} + \vec{V}_{BO_2}; & \vec{V}_{BO_2} \perp O_2B. \end{cases}$$

Определив скорости точек A и B , и то, что обе точки принадлежат звену ABC , найдем скорость точки C по следующим уравнениям:

$$\begin{cases} \vec{V}_C = \vec{V}_A + \vec{V}_{CA}; & \vec{V}_{CA} \perp AC, \\ \vec{V}_C = \vec{V}_B + \vec{V}_{CB}; & \vec{V}_{CB} \perp BC. \end{cases}$$

Определим скорость точки D , зная скорость точки B и O_2 ($V_{O_2}=0$):

$$\begin{cases} \vec{V}_D = \vec{V}_{O_2} + \vec{V}_{DO_2}; & \vec{V}_{DO_2} \perp O_2D, \\ \vec{V}_D = \vec{V}_B + \vec{V}_{DB}; & \vec{V}_{DB} \perp BD. \end{cases}$$

Для определения скоростей механизма, на продолжениях поводков DE и CF необходимо найти особую точку Ассра S [4,5]. Скорость этой точки может быть определена из системы векторных уравнений:

$$\begin{cases} \vec{V}_S = \vec{V}_D + \vec{V}_{ED} + \vec{V}_{SE}, & \vec{V}_{ED} + \vec{V}_{SE} \perp ED, \\ \vec{V}_S = \vec{V}_C + \vec{V}_{FC} + \vec{V}_{SF}, & \vec{V}_{FC} + \vec{V}_{SF} \perp FC. \end{cases}$$

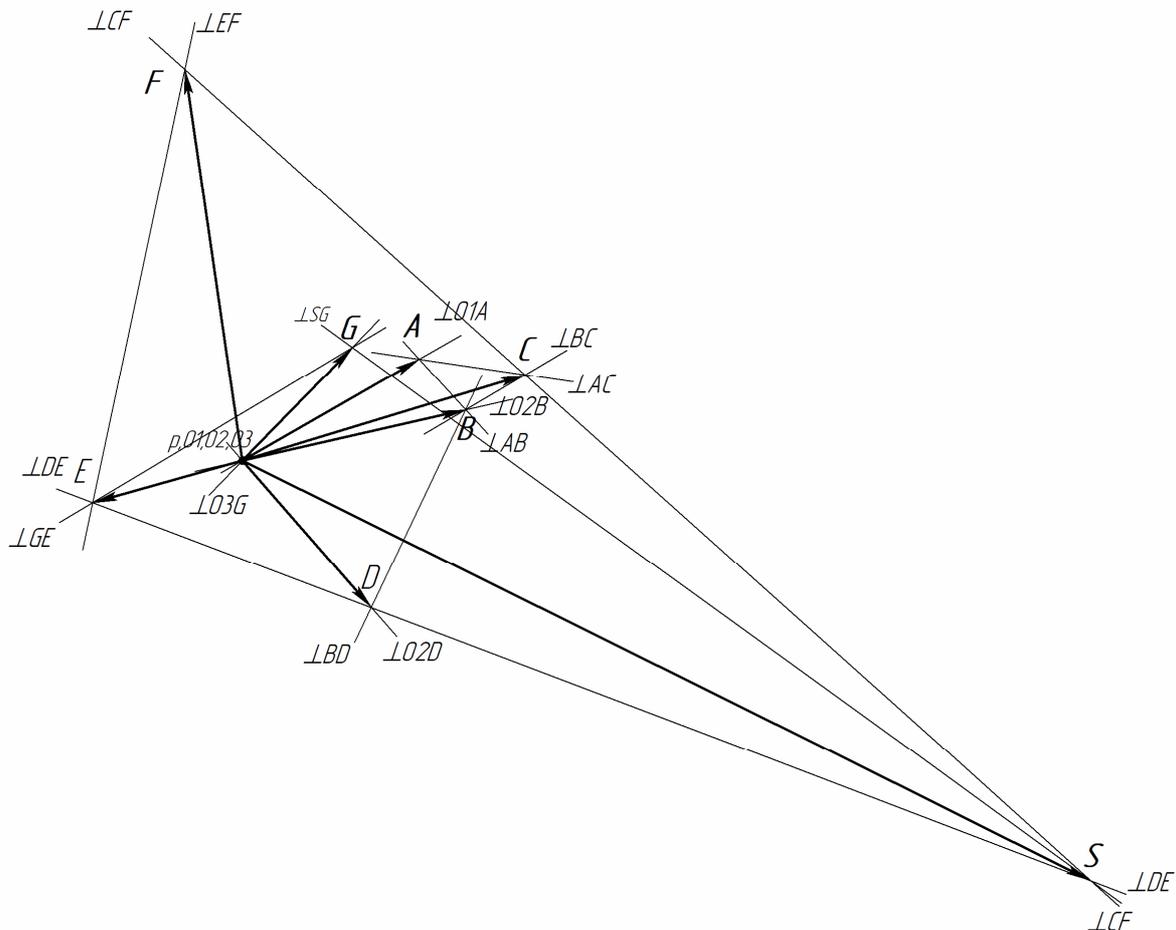


Рис. 2. План скоростей дробильной машины

Для определения скоростей механизма, на продолжениях поводков DE и CF необходимо найти особую точку Ассра S . Скорость этой точки может быть определена из системы векторных уравнений:

$$\begin{cases} \vec{V}_S = \vec{V}_D + \overline{V_{ED}} + \overline{V_{SE}}, & \overline{V_{ED}} + \overline{V_{SE}} \perp DE, \\ \vec{V}_S = \vec{V}_C + \overline{V_{FC}} + \overline{V_{SF}}, & \overline{V_{FC}} + \overline{V_{SF}} \perp CF. \end{cases}$$

После нахождения скорости особой точки Ассур S, легко найти скорости точек G, E и F:

$$\begin{cases} \vec{V}_G = \vec{V}_{O_3} + \overline{V_{GO_3}}; & \overline{V_{GO_3}} \perp O_3G, \\ \vec{V}_G = \vec{V}_S + \overline{V_{GS}}; & \overline{V_{GS}} \perp SG, \\ \vec{V}_E = \vec{V}_D + \overline{V_{ED}}; & \overline{V_{ED}} \perp DE, \\ \vec{V}_E = \vec{V}_G + \overline{V_{EG}}; & \overline{V_{EG}} \perp GE, \\ \vec{V}_F = \vec{V}_C + \overline{V_{FC}}; & \overline{V_{FC}} \perp CF, \\ \vec{V}_F = \vec{V}_E + \overline{V_{FE}}; & \overline{V_{FE}} \perp EF. \end{cases}$$

Проверку правильности решения можно провести, найдя скорость точки F через скорости точек E и G:

$$\begin{cases} \vec{V}_F = \vec{V}_G + \overline{V_{FG}}; & \overline{V_{FG}} \perp GF, \\ \vec{V}_F = \vec{V}_E + \overline{V_{FE}}; & \overline{V_{FE}} \perp EF. \end{cases}$$

После нахождения скоростей всех точек, можем определить величины угловых скоростей звеньев и их направления:

$$\omega_1 = \frac{\pi \cdot n_1}{30}, \quad \omega_2 = \frac{V_{AC}}{\ell_{CA}}, \quad \omega_3 = \frac{V_{CF}}{\ell_{FC}}, \quad \omega_4 = \frac{V_{FE}}{\ell_{EF}}, \quad \omega_5 = \frac{V_{ED}}{\ell_{DE}}, \quad \omega_6 = \frac{V_{O_2D}}{\ell_{DO_2}}, \quad \omega_7 = \frac{V_{O_3G}}{\ell_{GO_3}}.$$

Решение приведенных векторных уравнений показано на плане скоростей (рис. 3). Построив планы скоростей n положений механизма, можно установить закон движения точек механизма в процессе его работы.

Найдем ускорения всех точек.

Определим ускорение точки A. Так как угловая скорость звена 1 задана постоянной, то ускорение точки A равно нормальному ускорению.

$$\vec{a}_A = a_A^n \cdot \omega_1^2 \cdot \ell_{O_1A}.$$

Определим ускорение точки B с помощью ускорения точек A и O_2 ($a_{O_2} = 0$).

$$\begin{cases} \vec{a}_B = \vec{a}_A + \overline{a_{BA}^n} + \overline{a_{BA}^\tau}; & a_{BA}^n = \omega_2^2 \ell_{AB}; \quad \overline{a_{BA}^n} \parallel AB; \quad \overline{a_{BA}^\tau} \perp AB, \\ \vec{a}_B = \vec{a}_{O_2} + \overline{a_{BO_2}^n} + \overline{a_{BO_2}^\tau}; & a_{BO_2}^n = \omega_6^2 \ell_{O_2B}; \quad \overline{a_{BO_2}^n} \parallel O_2B; \quad \overline{a_{BO_2}^\tau} \perp O_2B. \end{cases}$$

Ускорение точки C определим по следующим уравнениям:

$$\begin{cases} \vec{a}_C = \vec{a}_A + \overline{a_{CA}^n} + \overline{a_{CA}^\tau}; & a_{CA}^n = \omega_2^2 \ell_{AC}; \quad \overline{a_{CA}^n} \parallel AC; \quad \overline{a_{CA}^\tau} \perp AC, \\ \vec{a}_C = \vec{a}_B + \overline{a_{CB}^n} + \overline{a_{CB}^\tau}; & a_{CB}^n = \omega_2^2 \ell_{BC}; \quad \overline{a_{CB}^n} \parallel BC; \quad \overline{a_{CB}^\tau} \perp BC. \end{cases}$$

Получив ускорения точек B и O_2 ($a_{O_2} = 0$), можем определить ускорение точки D по следующим уравнениям:

$$\begin{cases} \vec{a}_D = \vec{a}_{O_2} + \overline{a_{DO_2}^n} + \overline{a_{DO_2}^\tau}; & a_{DO_2}^n = \omega_6^2 \ell_{O_2D}; \quad \overline{a_{DO_2}^n} \parallel DO_2; \quad \overline{a_{DO_2}^\tau} \perp O_2D, \\ \vec{a}_D = \vec{a}_B + \overline{a_{DB}^n} + \overline{a_{DB}^\tau}; & a_{DB}^n = \omega_6^2 \ell_{BD}; \quad \overline{a_{DB}^n} \parallel DB; \quad \overline{a_{DB}^\tau} \perp BD. \end{cases}$$

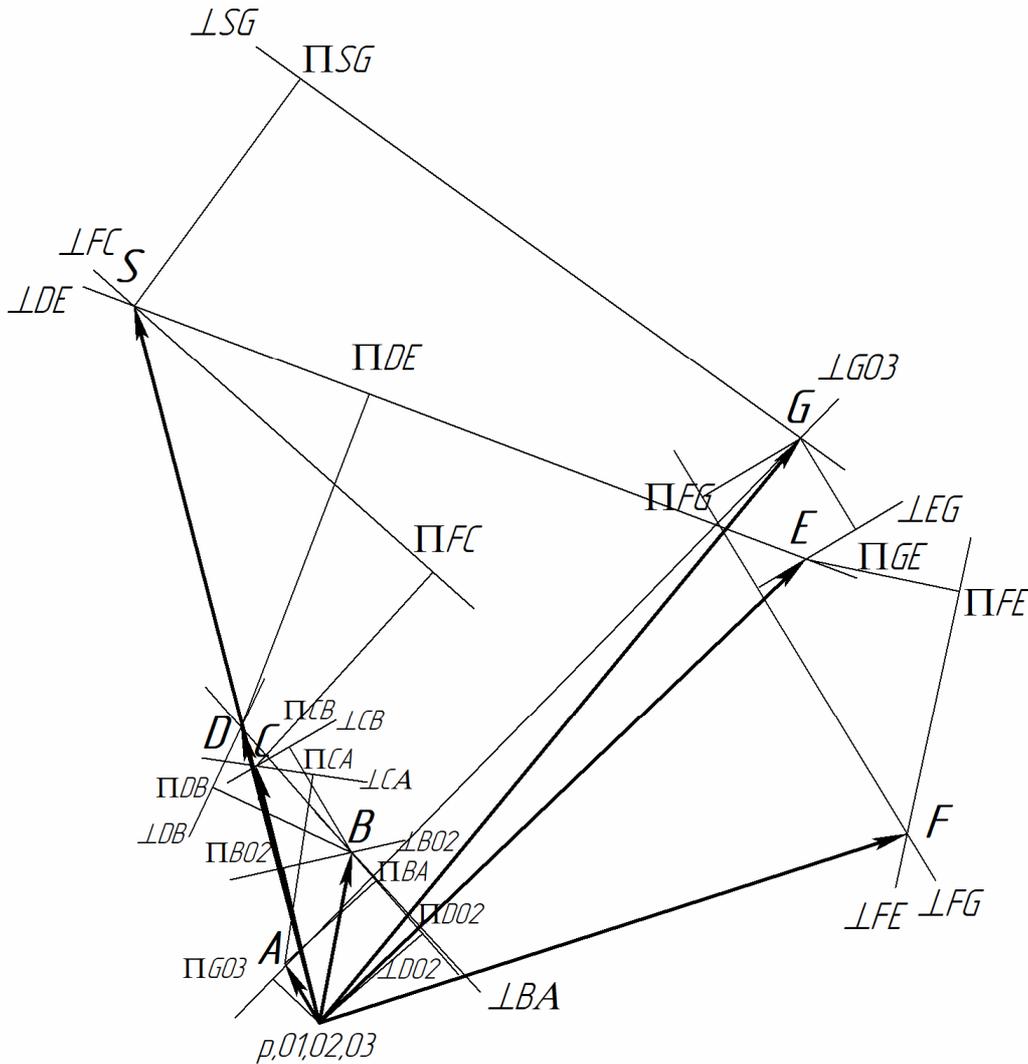


Рис. 3. План ускорений дробильной машины

Ускорение точки S может быть определено из системы векторных уравнений

$$\begin{cases} \vec{a}_S = \vec{a}_D + \vec{a}_{ED}^n + \vec{a}_{SE}^n + \vec{a}_{ED}^\tau + \vec{a}_{SE}^\tau, \vec{a}_{ED}^n \parallel \vec{a}_{SE}^n \parallel DE; \vec{a}_{ED}^\tau + \vec{a}_{SE}^\tau \perp DE, \\ \vec{a}_{ED}^n = \omega_5^2 \ell ED, \vec{a}_{SE}^n = \omega_5^2 \ell SE, \\ \vec{a}_S = \vec{a}_{O_2} + \vec{a}_{FC}^n + \vec{a}_{SF}^n + \vec{a}_{FC}^\tau + \vec{a}_{SF}^\tau, \vec{a}_{FC}^n \parallel \vec{a}_{SF}^n \parallel CF; \vec{a}_{FC}^\tau + \vec{a}_{SF}^\tau \perp CF, \\ \vec{a}_{FC}^n = \omega_3^2 \ell FC, \vec{a}_{SF}^n = \omega_3^2 \ell SF. \end{cases}$$

После нахождения ускорения особой точки Ассур S , легко найти ускорения точек G, E и F :

$$\begin{cases} \vec{a}_G = \vec{a}_{O_3} + \vec{a}_{GO_3}^n + \vec{a}_{GO_3}^\tau; \vec{a}_{GO_3}^n = \omega_7^2 \ell O_3 G; \vec{a}_{GO_3}^n \parallel O_3 G; \vec{a}_{GO_3}^\tau \perp O_3 G, \\ \vec{a}_G = \vec{a}_S + \vec{a}_{GS}^n + \vec{a}_{GS}^\tau; \vec{a}_{GS}^n = \omega_7^2 \ell SG; \vec{a}_{GS}^n \parallel SG; \vec{a}_{GS}^\tau \perp SG, \\ \vec{a}_E = \vec{a}_D + \vec{a}_{ED}^n + \vec{a}_{ED}^\tau; \vec{a}_{ED}^n = \omega_5^2 \ell DE; \vec{a}_{ED}^n \parallel DE; \vec{a}_{ED}^\tau \perp DE, \\ \vec{a}_E = \vec{a}_G + \vec{a}_{EG}^n + \vec{a}_{EG}^\tau; \vec{a}_{EG}^n = \omega_5^2 \ell GE; \vec{a}_{EG}^n \parallel GE; \vec{a}_{EG}^\tau \perp GE, \\ \vec{a}_F = \vec{a}_E + \vec{a}_{FE}^n + \vec{a}_{FE}^\tau; \vec{a}_{FE}^n = \omega_4^2 \ell EF; \vec{a}_{FE}^n \parallel EF; \vec{a}_{FE}^\tau \perp EF, \\ \vec{a}_F = \vec{a}_G + \vec{a}_{FG}^n + \vec{a}_{FG}^\tau; \vec{a}_{FG}^n = \omega_4^2 \ell GF; \vec{a}_{FG}^n \parallel GF; \vec{a}_{FG}^\tau \perp GF. \end{cases}$$

После нахождения ускорений всех точек, можем определить величины угловых ускорений:

$$\varepsilon_1 = 0, \quad \varepsilon_2 = \frac{a'_{AC}}{\ell CA}, \quad \varepsilon_3 = \frac{a'_{CF}}{\ell FC}, \quad \varepsilon_4 = \frac{a'_{FE}}{\ell EF}, \quad \varepsilon_5 = \frac{a'_{ED}}{\ell DE}, \quad \varepsilon_6 = \frac{a'_{O_2 D}}{\ell DO_2}, \quad \varepsilon_7 = \frac{a'_{O_3 G}}{\ell GO_3}.$$

Решение приведенных векторных уравнений показано на плане ускорений (рис. 3). Построив планы ускорений n положений механизма, можно установить закон движения механизма.

Выполненное исследование позволяет сделать следующие **выводы**.

1. Использование такого механизма вполне реально и может обеспечивать высокое изменение замкнутого контура благодаря передаче усилий от ведущего звена к щеке, которая движется с усилием в сторону противоположной щеки.

2. На основании проведенного исследования, можно продолжить изучение механизма, сделать кинестатический и динамический анализ механизма.

Список литературы

1. Патент 2538108, В02С 1/02 Российская Федерация. Щековая дробильная машина со взаимоподвижными щеками / Л.Т. Дворников, Д.О. Чашников, Н.Д. Юдин. – №2013127856/13; заявл. 18.06.2013; опубл. 10.01.2015, Бюл. № 1. – 6 с.
2. Патент 192134, В02С 1/08 Российская Федерация. Щековая дробильная машина с внутренней камерой дробления / Л.Т. Дворников, П.В. Винтовкин. – №2019117199; заявл. 03.06.2019; опубл. 04.09.2019, Бюл. № 25. – 5 с.
3. Артоболевский, И.И. Теория механизмов. – М.: Наука, 1967. – 719 с.
4. Дворников Л.Т. О кинематической разрешимости плоской четырехзвенной группы Ассур четвертого класса графоаналитическим методом // Известия вузов. Машиностроение. – 2004. – №12. – С. 9-15.
5. Дворников Л.Т. Структура, кинематическое и силовое исследование плоских шарнирных групп Ассур / Л.Т. Дворников, С.П. Стариков. – Новокузнецк: СибГИУ, 2010. – 198 с.

Сведения об авторах:

Дворников Леонид Трофимович – д.т.н., профессор, профессор кафедры механики и машиностроения, СибГИУ, г.Новокузнецк;

Винтовкин Павел Викторович – магистрант направления «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», СибГИУ, г.Новокузнецк.

УДК 004.89, 004.93

<https://doi.org/10.26160/2541-9579-2019-6-24-31>

РАЗРАБОТКА УНИВЕРСАЛЬНОЙ СЛЕДЯЩЕЙ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ УСТАНОВКИ ПО ЛИТЬЮ ЛИНЗ НА ИК-ДИОДЫ

Вибе Д.В., Габриель А.С., Семенча А.В.

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, г.Санкт-Петербург

Ключевые слова: следящая система технического зрения, внешняя калибровка камеры, активная система технического зрения, позиционирование дозатора, диод, видеокамеры.

Аннотация. В данной работе приведены основные классы математических методов решения задачи внешней калибровки камеры, среди которых выбран класс аналитических решений. На основании метода «Perspective-4-Point» разработана система локализации местоположения ИК-диода. Реализованы алгоритм работы для активной системы технического зрения и алгоритм распознавания дозатора и диода. В известной локализации диода система находит и выделяет на видеопотоке носик дозатора и диод и выполняет позиционирование дозатора над диодом итерационным методом по очереди по каждой оси. Проведены эксперименты распознавания и устойчивости работы системы. Осуществлено согласование работы системы локализации и активной системы технического зрения и, таким образом, получена универсальная следящая система технического зрения. Работа систем реализована с использованием программной библиотеки технического зрения OpenCV.

DEVELOPMENT OF A UNIVERSAL TRACKING TECHNICAL VISION SYSTEM FOR AN INSTALLATION FOR CASTING LENSES ON IR-DIODES

Vibe D.V., Gabriel A.S., Semench A.V.

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Saint Petersburg

Keywords: tracking computer vision system, external camera calibration, dispenser positioning, diode, camera.

Abstract. This paper presents the main classes of mathematical methods for solving the external camera calibration problem, among which the class of analytical solutions is selected. Based on the Perspective-4-Point method, a localization system for the location of the IR diode has been developed. Implemented an operation algorithm for an active vision system and an recognition algorithm for the dispenser and diode. In the known localization of the diode, the system finds and selects the nozzle of the dispenser and the diode in the video stream and performs positioning of the dispenser above the diode by the iterative method in turn on each axis. The experiments on recognition and stable operation of the system are performed. The joint work of the localization system and the active system of technical vision was agreed upon, and thus a universal tracking system of technical vision was obtained. The systems are implemented using the OpenCV computer vision library.

Введение. Для конкурентоспособного производства технологичных оптических датчиков газов и многофункциональных газоанализаторов обязательным условием является наличие соответствующей элементной базы нового поколения. Использование такой элементной базы даёт возможность существенным образом повысить чувствительность, селективность, быстродействие, экономичность и надёжность спектроабсорбционных приборов анализа соединений газовых смесей, значительно