

2. Пат. №2201348 РФ, МПК 7 В30 В1/06, F16 Н21/00. Кривошипно-ползунный механизм прессы / Дворников Л.Т., Чужиков О.С., Стариков С.П. – №2001120227; заяв. 18.07.2001; опубл. 27.03.2003., Бюл. №9. – 5 с.

Сведения об авторах:

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

Мажарин Александр Владимирович – студент, СибГИУ, г.Новокузнецк;

Худжаев Усмонджон Облокулович – студент, СибГИУ, г.Новокузнецк.

KINEMATIC ANALYSIS OF THE MECHANISM OF CRANK-SLIDER PRESS

Dvornikov L.T., Mazharin A.V., Khujaev U.O.

Keywords: mechanism of the press, kinematic study, plan-speed, six-membered group of Assur.

Abstract. The article presents the solution to the problem of constructing a plan of speeds for the flat mechanism of the crank-slider press.

УДК 621.01

<https://doi.org/10.26160/2307-342X-2019-7-22-26>

КИНЕМАТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛОСКОГО КУЛАЧКОВОГО МЕХАНИЗМА С ТРЕМЯ ВЫСШИМИ КИНЕМАТИЧЕСКИМИ ПАРАМИ

Дворников Л.Т., Булаков Е.С.

Сибирский государственный индустриальный университет, г.Новокузнецк

Ключевые слова: кулачковый механизм, кинематическое исследование, план скоростей, высшая кинематическая пара.

Аннотация. В статье рассматривается построение планов скоростей для плоских кулачковых механизмов с одной, двумя и тремя высшими кинематическими парами.

Широкое применение в технике нашли плоские кулачковые механизмы с высшей точечной кинематической парой. Простейшая схема такого трехзвенного механизма[1] приведена на рисунке 1,а.

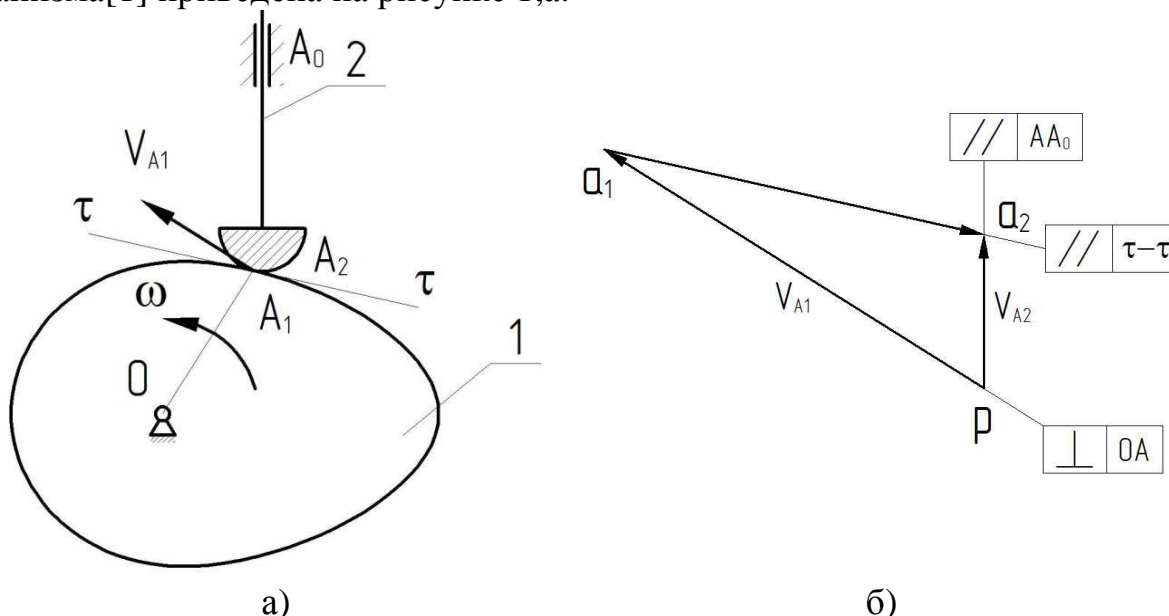


Рис. 1. Трехзвенный кулачковый механизм

В этом механизме известна кривизна профиля кулачка 1 и все его геометрические размеры. Если кулачку 1 задать угловую скорость ω , то толкатель 2 получит возвратно-поступательные движения. Скорость движения толкателя определится из уравнений

$$\begin{cases} V_{A_1} = \omega \cdot \ell_{OA_1}, \bar{V}_{A_1} \perp OA_1, \% \\ \bar{V}_{A_2} = \bar{V}_{A_1} + \bar{V}_{A_2A_1}, \bar{V}_{A_2A_1} \parallel \tau\tau, \\ \bar{V}_{A_2} = \bar{V}_{A_2A_0}, \bar{V}_{A_2A_0} \parallel A_1A_0, \end{cases}$$

где $\tau\tau$ касательная к профилю кулачка в точке A . Закон движения толкателя этого механизма определится последовательным нахождением скорости V_{A_2} по планам скоростей (рисунок 1,б) за время полного оборота кулачка.

Более сложной является схема кулачкового механизма с двумя точками касания кулачка с толкателем [2], приведенная на рисунке 2,а.

В этом механизме три подвижных звена, при этом промежуточное звено 2 выполняется с тремя кинематическими парами, две из которых высшие - точечные.

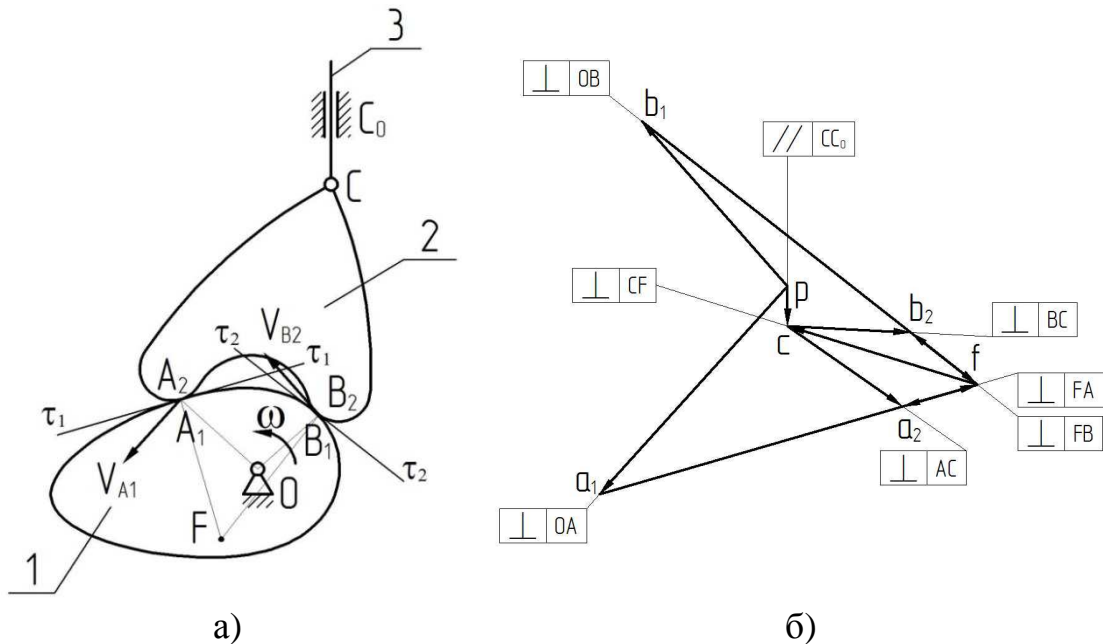


Рис. 2. Четырехзвенный кулачковый механизм

Кинематическое решение в виде плана скоростей четырехзвенного механизма, приведено на рисунке 2,б. Этот план строится на основе следующих уравнений скоростей точек

$$\begin{cases} V_{A_1} = \omega \cdot \ell_{OA_1}, \bar{V}_{A_1} \perp OA_1, \\ V_{B_1} = \omega \cdot \ell_{OB_1}, \bar{V}_{B_1} \perp OB_1, \\ \bar{V}_F = \bar{V}_{A_1} + \bar{V}_{FA_1}, \bar{V}_{FA_1} \perp FA_1, \\ \bar{V}_F = \bar{V}_{B_1} + \bar{V}_{FB_1}, \bar{V}_{FB_1} \perp FB_1. \end{cases}$$

Очевидно, что центром относительного движения звена 2 является точка F , лежащая на пересечении перпендикуляров к касательным, проведенным в точках

А и В. Скорости всех остальных точек механизма определяются системами уравнений

$$\begin{cases} \bar{V}_C = \bar{V}_F + \bar{V}_{CF}, \bar{V}_{CF} \perp CF, \\ \bar{V}_C = \bar{V}_{CC_0}, \bar{V}_{CC_0} \parallel CC_0, \\ \bar{V}_{A_2} = \bar{V}_C + \bar{V}_{A_2C}, \bar{V}_{A_2C} \perp A_2C, \\ \bar{V}_{A_2} = \bar{V}_F + \bar{V}_{A_2F}, \bar{V}_{A_2F} \perp A_2F, \\ \bar{V}_{B_2} = \bar{V}_C + \bar{V}_{B_2C}, \bar{V}_{B_2C} \perp B_2C, \\ \bar{V}_{B_2} = \bar{V}_F + \bar{V}_{B_2F}, \bar{V}_{B_2F} \perp B_2F. \end{cases}$$

Приведенное усложнение механизма позволяет получать существенно отличающийся закон движения выходного звена – толкателя.

Известен более сложный - пятизвенный кулачковый механизм с тремя высшими кинематическими парами [3] и четырьмя подвижными звеньями, кинематическая схема которого приведена на рисунке 3.

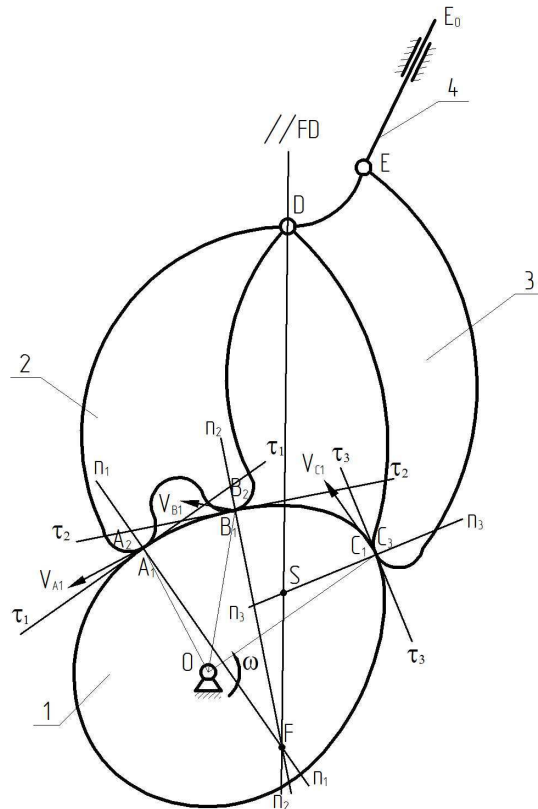


Рис. 3. Пятизвенный кулачковый механизм

Обратимся к задаче кинематического исследования этого пятизвенного механизма. Прежде всего найдем его подвижность. Число подвижных звеньев в нем $n=4$ (звенья 1, 2, 3 и 4), пар пятого класса $p_5=4$ (O, D, E, E₀), а пар четвертого класса $p_4=3$ (контакты А, В, С). Подставляя эти значения в известную формулу П.Л. Чебышева[4], получим

$$W = 3n - 2p_5 - p_4 = 3 \cdot 4 - 2 \cdot 4 - 3 = 1,$$

что доказывает его полную работоспособность, т.е. если задать движение первому звену-кулачку 1, то и все остальные звенья будут двигаться вполне

определенно. Зададим кулачку вращение с угловой скоростью ω и найдем скорости точек A_1, B_1, C_1 , принадлежащих профилю кулачка

$$\begin{aligned} V_{A_1} &= \omega \cdot \ell_{OA_1}, \bar{V}_{A_1} \perp OA_1, \\ V_{B_1} &= \omega \cdot \ell_{OB_1}, \bar{V}_{B_1} \perp OB_1, \\ V_{C_1} &= \omega \cdot \ell_{OC_1}, \bar{V}_{C_1} \perp OC_1. \end{aligned}$$

Имея в виду, что относительные линейные скорости A_1A_2 и B_1B_2 направлены по касательным $\tau_1\tau_1$ и $\tau_2\tau_2$ к профилю кулачка, проведем к ним перпендикуляры n_1n_1 и n_2n_2 , на пересечении которых находится мгновенный центр вращения F , принадлежащий звену 2.

Вектор скорости точки F определится системой уравнений

$$\begin{cases} \bar{V}_F = \bar{V}_{A_1} + \bar{V}_{FA_1}, \bar{V}_{FA_1} \perp FA_1, \\ \bar{V}_F = \bar{V}_{B_1} + \bar{V}_{FB_1}, \bar{V}_{FB_1} \perp FB_1, \end{cases}$$

а мгновенную её скорость можно определить по зависимости

$$V_F = \omega \cdot \ell_{OF}, \bar{V}_F \perp OF.$$

Обратимся к нахождению скорости точки S , принадлежащей одновременно звеньям 2 и 3. Эта точка появляется на пересечении перпендикуляра к касательной $\tau_3\tau_3$ и прямой FD . Вектор скорости S определится из системы векторных уравнений

$$\begin{cases} \bar{V}_S = \bar{V}_{C_1} + \bar{V}_{SC_1}, \bar{V}_{SC_1} \perp SC_1, \\ \bar{V}_S = \bar{V}_F + \bar{V}_{SF}, \bar{V}_{SF} \perp SF. \end{cases}$$

По известной скорости V_S , можно найти скорость точки E звена 3 из системы уравнений

$$\begin{cases} \bar{V}_E = \bar{V}_S + \bar{V}_{ES}, \bar{V}_{ES} \perp ES, \\ \bar{V}_E = \bar{V}_{EE_0}, \bar{V}_{EE_0} \parallel EE_0. \end{cases}$$

Зная скорость точки E , по ней можно найти скорость точки D

$$\begin{cases} \bar{V}_D = \bar{V}_S + \bar{V}_{DS}, \bar{V}_{DS} \perp DS, \\ \bar{V}_D = \bar{V}_E + \bar{V}_{DE}, \bar{V}_{DE} \perp DE. \end{cases}$$

Аналогично, используя особые точки F и S , можно найти скорости точек A_2, B_2 и C_3 механизма

$$\begin{cases} \bar{V}_{A_2} = \bar{V}_D + \bar{V}_{A_2D}, \bar{V}_{A_2D} \perp A_2D, \\ \bar{V}_{A_2} = \bar{V}_F + \bar{V}_{A_2F}, \bar{V}_{A_2F} \perp A_2F, \\ \bar{V}_{B_2} = \bar{V}_D + \bar{V}_{B_2D}, \bar{V}_{B_2D} \perp B_2D, \\ \bar{V}_{B_2} = \bar{V}_F + \bar{V}_{B_2F}, \bar{V}_{B_2F} \perp B_2F, \\ \bar{V}_{C_3} = \bar{V}_S + \bar{V}_{C_3S}, \bar{V}_{C_3S} \perp C_3S, \\ \bar{V}_{C_3} = \bar{V}_E + \bar{V}_{C_3E}, \bar{V}_{C_3E} \perp C_3E. \end{cases}$$

Полный план скоростей исследуемого кулачкового механизма приведен на рисунке 5.

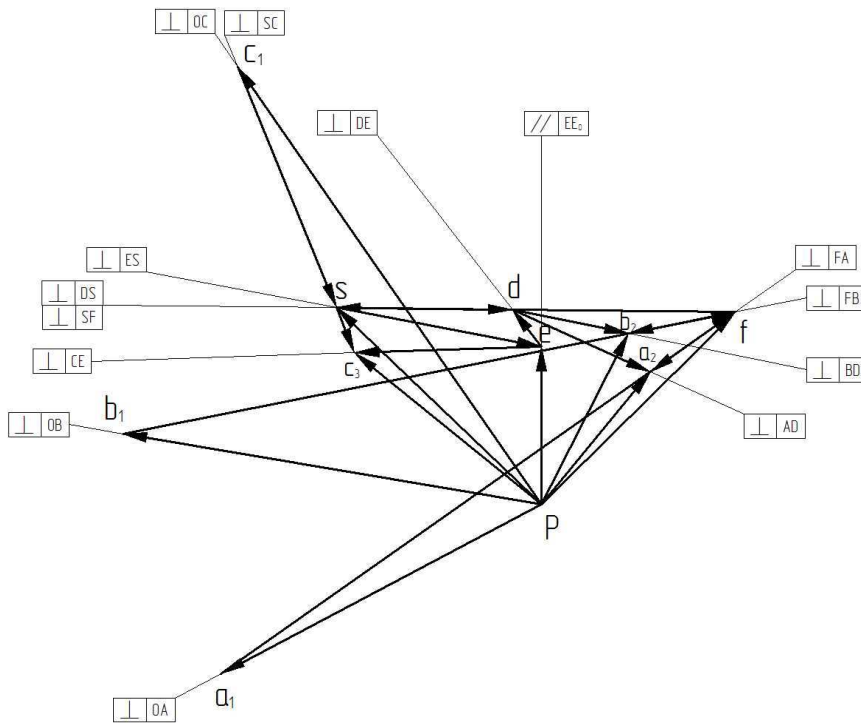


Рис. 5. План скоростей

Последовательно исследуя механизма в n -положениях кулачка можно найти закон движения толкателя, то есть задача анализа пятизвенного кулачкового механизма имеет свое разрешение. Задача синтеза такого кулачкового механизма по заданному закону движения толкателя, требует более глубоких подходов.

Список литературы

1. Артоболевский И.И. Теория механизмов. – М.: Наука, 1967. – 720с.
2. Патент № 2456491. Четырехзвенный кулачковый механизм / Дворников Л.Т., Ермолаева Н.Ю. – № 2010145405; Приоритет 08.11.2010; опубл. 20.07.2012, Бюл. № 20.
3. Патент № 2632620. Пятизвенный кулачковый механизм / Дворников Л.Т., Суджаян А.А. – № 2016128616; Приоритет 13.07.2016; опубл. 06.10.2017, Бюл. № 28.
4. Теория механизмов и машин / под ред. К.В. Фролова. – М.: Высшая школа, 1987. – 496 с.

Сведения об авторах:

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

Булаков Евгений Сергеевич – студент, СибГИУ, г.Новокузнецк.

KINEMATIC RESEARCH OF THE FLAT CAM MECHANISM WITH THREE KINEMATIC PAIRS HIGHER

Dvornikov L.T., Bulgakov E.S.

Keywords: cam mechanism, kinematic study, velocity plan, higher kinematic pair.

Abstract. The article deals with the construction of velocity plans for flat Cam mechanisms with one, two and three higher kinematic pairs.