

Рисунок 7 – Осцилограма дроблення шматка матеріалу

З отриманої осцилограми, крім часу контакту удару, визначається величина навантаження, кількість ударів, необхідних для руйнування шматка і характер протікання процесу руйнування. Це представляє одну із основних переваг електротензометричного методу.

**Висновок.** Проведений аналіз методів визначення часу контакту матеріалу з робочою поверхнею щік віброщогокової дробарки з похилою камерою дроблення показав переваги і недоліки розглянутих методів. Показана необхідність вибору методу, виходячи з конкретної конструкції активної щіки.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ходаков Г С. Физика измеления. – М.: Наука, 1972. – 308 с.
2. Федоскіна О.В. Динаміка віброударного подрібнювача з похилою робочою камерою: Автореф. дис. канд. техн. наук –Дніпро, 2018. – 19 с.

УДК 621.833

## ПРО ЗАСТОСУВАННЯ МЕХАНІЗМІВ ВИСОКИХ КЛАСІВ У ДРОБАРНИХ МАШИНАХ

С.В. Шатов<sup>1</sup>, І.М. Мацюк<sup>2</sup>, Е.М. Шляхов<sup>3</sup>

<sup>1</sup>доктор технічних наук, професор кафедри будівельних і дорожніх машин, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, м Дніпро, Україна, e-mail: [shatov.sv@ukr.net](mailto:shatov.sv@ukr.net)

<sup>2</sup>кандидат технічних наук, доцент кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м Дніпро, Україна, e-mail: [matsyukin@ua.fm](mailto:matsyukin@ua.fm)

<sup>3</sup>доцент кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м Дніпро, Україна, e-mail: [shlyahove@nmu.org.ua](mailto:shlyahove@nmu.org.ua)

**Анотація.** В роботі розглянуті результати дослідження застосування механізмів високих класів у важко навантажених дробарних машинах.

*Ключові слова:* дроблення, щокова дробарка, важільний механізм, кут захоплення, Mathcad, складний рух щок.

## ABOUT APPLICATION OF HIGH-CLASS MECHANISMS OF CRUSHING MACHINES

Serhii Shatov<sup>1</sup> Irina Matsyuk<sup>2</sup>, Eduard Shlyakhov<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ph.D., Dr., professor, Department Construction and Road-Building Machines, State Higher Education Establishment “Prydniprov’s’ka State Academy of Civil Engineering and Architecture”, Dnipro, Ukraine, e-mail: [shatov.sv@ukr.net](mailto:shatov.sv@ukr.net)

<sup>2</sup>Ph.D., Associate Professor of the Department of Engineering and Generative Design, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: [matsyukin@ua.fm](mailto:matsyukin@ua.fm)

<sup>3</sup>Associate Professor, Department of Engineering and Generative Design, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: [shlyahove@nmu.org.ua](mailto:shlyahove@nmu.org.ua)

**Abstract.** The paper considers the results of a study of the use of high-class mechanisms in heavy-duty crushing machines.

*Keywords:* crushing, jaw crusher, lever mechanism, gripping angle, Mathcad, complex movement of cheeks.

**Вступ.** Переважна більшість механізмів в сучасній техніці належать до другого класу за класифікацією Ассура-Артоболевського. Механізми високих класів (МВК) застосовують значно менше. Проте вже у цьому столітті спостерігається тенденція активного вивчення і застосування МВК. При цьому їх починають рекомендувати використовувати навіть в машинах гірничотехнічної галузі.

Серед таких машин можна вказати щокові дробарки, що використовуються на першому етапі подріблення добутого матеріалу.

**Мета роботи.** Синтез двощокової дробарки зі складним рухом щок, що забезпечує зміну кута захоплення кусків матеріалу у невеликому діапазоні.

**Матеріал і результати досліджень.** Ряд патентів РФ [1] присвячені різним дробильним машинам, в яких використані механізми п'ятого (№2232637) і шостого (№2332260, №2423179) класів. В основу щокової дробильної машини з двома рухомими щоками (патент РФ №2538108) покладено механізм четвертого класу. Відомий також патент Російської фе-

дерації на конструкцію механізованого кріплення (патент №2303699), в якій застосований механізм четвертого класу.

Щоківі дробарки застосовують для великого та середнього дроблення різних матеріалів перш за все у таких галузях народного господарства, як гірничодобувна та будівельна. Одним з важливих параметрів цих дробильних машин є кут захоплення матеріалу. Кут захоплення - найбільший кут між щоками, що забезпечує нормальне дроблення і виключає можливість виштовхування куска матеріалу із завантажувального отвору дробарки.

Якщо у процесі дроблення кут захоплення не перевищує критичного значення, немає витрат енергії на витіснення шматків матеріалу з камери дроблення.

В роботі [2] виконано теоретичне дослідження щоківі дробарки (рис. 1) на основі важільного механізму четвертого класу. Під час цього дослідження було помічено, що кут між щоками змінюється незначно. З'явилася ідея синтезувати дробарку, в якій кут захоплення в процесі дроблення залишається практично незмінним.

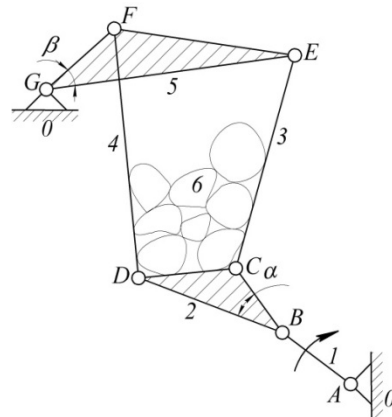


Рисунок 1 – Схема щоківі дробарки

Щоки дробарки (3) і (4) рухаються при обертанні приводного кривошипа (1). Щоки і дві трьохпарні ланки (2) і (5) утворюють замкнений чотириланковий контур CDFE, в якому і відбувається дроблення матеріалу 6. Кривошип надає руху ланці 2 і цим забезпечує складний рух щоків.

Для дослідження були прийняті наступні координати шарнірів A і G механізму (м):  $x_A = 0$ ;  $y_A = 0$ ;  $x_G = -0,35$ ;  $y_G = 0,8$ . Розміри ланок (м):  $l_{AB} = 0,07$ ;  $l_{BC} = 0,075$ ;  $l_{BD} = 0,15$ ;  $l_{CE} = 0,92$ ;  $l_{DF} = 0,92$ ;  $l_{GE} = 0,55$ ;  $l_{GF} = 0,2$ . Значення кутів прийняті наступними:  $\alpha = 36,336^\circ$ ;  $\beta = 34^\circ$ .

Як і в [2] ланки важільного механізму дробарки (рис. 2) представили у вигляді відповідних векторів (рис. 3).

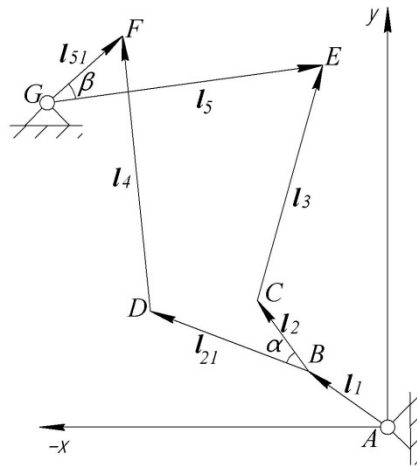


Рисунок 2 – Векторна інтерпретація ланок механізму дробарки

Дослідження виконано у програмі Mathcad 11. Мета дослідження – визначення положень ланок механізму в залежності від кута повороту вхідного кривошипу.

На основі системи векторних рівнянь замкненості контурів механізму (рис. 4) були отримані відповідні залежності кутів повороту ланок (рис. 5).

Аналіз цього варіанту показав, що кут між ланками змінюється незначно і лежить в межах 22-29°. Але більшість матеріалів для подрібнення мають коефіцієнти тертя, для яких кут захоплення знаходиться у діапазоні 0,18-0,24.

$$\begin{aligned}
 l_1 \cdot \begin{pmatrix} \cos(\phi_1) \\ \sin(\phi_1) \\ 0 \end{pmatrix} + l_2 \cdot \begin{pmatrix} \cos(\phi_2) \\ \sin(\phi_2) \\ 0 \end{pmatrix} + l_3 \cdot \begin{pmatrix} \cos(\phi_3) \\ \sin(\phi_3) \\ 0 \end{pmatrix} &= \begin{pmatrix} x_G \\ y_G \\ 0 \end{pmatrix} + l_5 \cdot \begin{pmatrix} \cos(\phi_5) \\ \sin(\phi_5) \\ 0 \end{pmatrix} \\
 l_1 \cdot \begin{pmatrix} \cos(\phi_1) \\ \sin(\phi_1) \\ 0 \end{pmatrix} + l_{21} \cdot \begin{pmatrix} \cos(\phi_2 + \alpha) \\ \sin(\phi_2 + \alpha) \\ 0 \end{pmatrix} + l_4 \cdot \begin{pmatrix} \cos(\phi_4) \\ \sin(\phi_4) \\ 0 \end{pmatrix} &= \begin{pmatrix} x_G \\ y_G \\ 0 \end{pmatrix} + l_{51} \cdot \begin{pmatrix} \cos(\phi_5 + \beta) \\ \sin(\phi_5 + \beta) \\ 0 \end{pmatrix}
 \end{aligned}$$

Рисунок 4 – Фрагмент документу Mathcad з векторними рівняннями замкненості контурів механізму

Було виконано пошук геометричних параметрів механізму для реалізації потрібного кута захоплення. Приймавши довжини  $l_{GE} = 0,5$  м;  $l_{GF} = 0,23$  м та кут  $\beta = 25^\circ$ , отримано результати представлені на рис. 6.

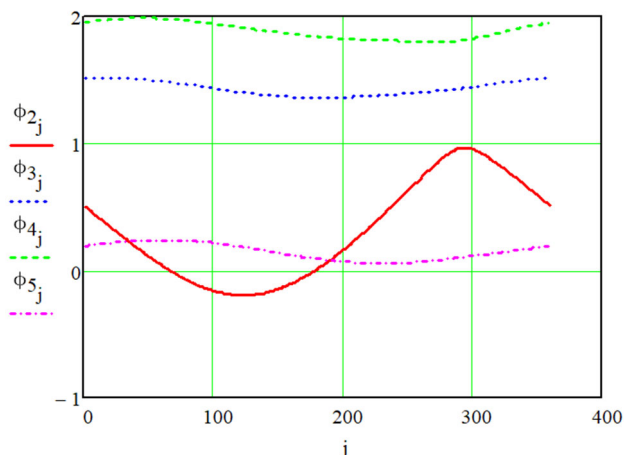


Рисунок 5 – Залежності кутів повороту ланок механізму (рад) від кута повороту кривошипа  $j$ (градуси)

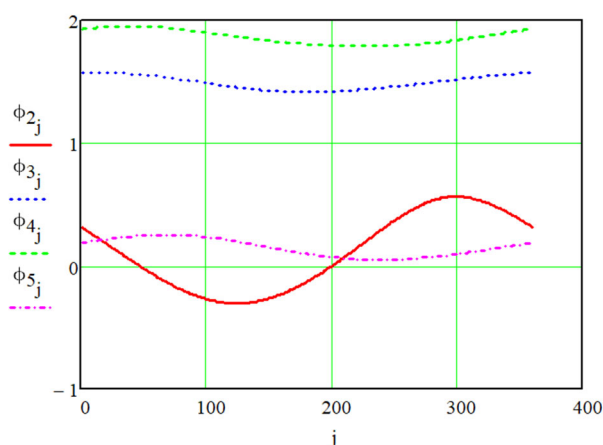


Рисунок 6 – Результати дослідження механізму, що забезпечує кут захоплення у межах  $18-24^{\circ}$

В разі потреби можна ще звзити отриманий діапазон.

**Висновок.** Для розглянутої дробарки на основі механізму четвертого класу зі складним рухом щок підбором геометричних параметрів можна забезпечити зміну кута захоплення матеріалу у потрібних межах, що забезпечує певну економію енергії дроблення.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Matsyuk, I.N., Shlyahov, E.M., & Yehurnov, O. I. (2019). On applying high-class mechanisms of heavy-loaded machines. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 3, 68-73. DOI: 10.29202/nvngu/2019-3/6
2. Matsyuk, I.N., Shlyahov, E.M., & Yehurnov, O. I. (2018). Some aspects of synthesis of linkage of complex structures. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 3, 57-63. DOI: 10.29202/nvngu/2018-3/14

3. Moldovan C.E., Lovasz E.-C., Perju D., Modler K.-H., Maniu I.: On the Kinematic Analysis of the fourth class Mechanisms, Proc. of the 14th IFToMM World Congress, Taipei, Taiwan, 25-30 oct. 2015, OS8-023, (2015) [www.iftomm2015.tw](http://www.iftomm2015.tw).

4. С.О. Кошель, Г. В. Кошель. 2016. Аналіз плоских механізмів вищих класів з рухомим замкненим контуром. Вісник Хмельницького технічного університету. Технічні науки. №4. С. 15-19.

УДК 621.879.31

## ВИБІР І РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗМІННОЇ ФРЕЗЕРНОЇ ГОЛОВКИ ДЛЯ ОДНОКІВШОВОГО ЕКСКАВАТОРА

М.М. Балака<sup>1</sup>, Д.А. Паламарчук<sup>2</sup>, А.О. Кім<sup>3</sup>

<sup>1</sup>кандидат технічних наук, доцент кафедри будівельних машин, e-mail: [balaka.mm@knuba.edu.ua](mailto:balaka.mm@knuba.edu.ua)

<sup>2</sup>кандидат технічних наук, доцент кафедри професійної освіти, e-mail: [palamarchuk.da@knuba.edu.ua](mailto:palamarchuk.da@knuba.edu.ua)

<sup>3</sup>студентка групи ІЛС-51, e-mail: [kim\\_ao@knuba.edu.ua](mailto:kim_ao@knuba.edu.ua)

<sup>1,2,3</sup>Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, Україна

**Анотація.** В роботі розглянуто вибір і розрахунок основних параметрів запроєктованої фрезерної головки, що застосовується в якості змінного робочого органу для одноківшового екскаватора. В обертальну дію фрезерну головку приводить вбудований мотор-редуктор, який поєднує всі переваги планетарної передачі. Визначено конструктивну та експлуатаційну маси екскаватора зі змінною фрезерною головкою.

*Ключові слова:* фрезерна головка, параметр, планетарна передача, екскаватор.

## SELECTION AND CALCULATION OF THE REPLACEABLE MILLING HEAD MAIN PARAMETERS FOR THE SINGLE-BUCKED EXCAVATOR

Maksym Balaka<sup>1</sup>, Dmytro Palamarchuk<sup>2</sup>, Anna Kim<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ph.D., Associate Professor of Building Machines, Department, e-mail: [balaka.mm@knuba.edu.ua](mailto:balaka.mm@knuba.edu.ua)

<sup>2</sup>Ph.D., Associate Professor of Professional Education, Department, e-mail: [palamarchuk.da@knuba.edu.ua](mailto:palamarchuk.da@knuba.edu.ua)

<sup>3</sup>Student of ILS-51 group, e-mail: [kim\\_ao@knuba.edu.ua](mailto:kim_ao@knuba.edu.ua)

<sup>1,2,3</sup>Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine

**Abstract.** The selection and calculation of the designed milling head main parameters, which is used as a replaceable operating element for the single-bucked excavator, are considered in this paper. The milling head is driven by a built-in gear motor that combines all the advantages of planetary gears. The constructive and operational mass of the excavator with a replaceable milling head is determined.

*Keywords:* milling head, parameter, planetary gear, excavator.