

## Дослідження механізму збудження коливань рухомого решета відсаджувальної машини

Андрій Небатов

ДВНЗ Національний гірничий університет  
просп. Карла Маркса, 19, м. Дніпропетровськ, Україна, 49005,  
[Nebatov\\_A@nmu.org.ua](mailto:Nebatov_A@nmu.org.ua), [orcid.org/0000-0003-0851-5909](https://orcid.org/0000-0003-0851-5909)

**Анотація.** У статті здійснений аналіз залежностей траєкторії руху і амплітуд коливань рухомого решета від конструктивних параметрів механізму збудження коливань відсаджувальної машини. Проаналізовано залежність можливого відхилення розмаху вертикальних коливань, залежність розмаху вертикальних та горизонтальних коливань від величини ексцентриситету механізму привода решета. Зроблені висновки по наданню рухомому решету прямолінійної траєкторії руху.

**Ключові слова:** відсаджувальна машина, рухоме решето, напрямні.

### ВСТУП

Розробка родовищ корисних копалин відбувається в умовах дефіциту води, електроенергії і інших ресурсів. Особливо це відчутно при розробці вторинних родовищ корисних копалин (хвостохранилищ і відвалів). Для таких умов підходять апарати малої і середньої продуктивності з низьким енергоспоживанням. У цьому плані звертають на себе увагу відсаджувальні машини з рухомим решетом (Рис. 1) [1...4].

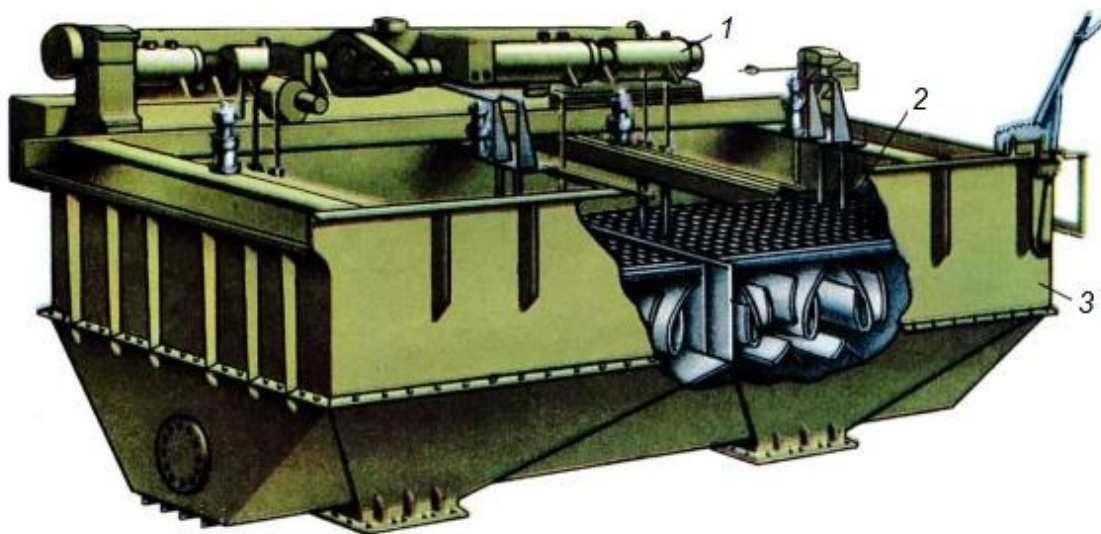


Рис.1. Відсаджувальна машина

Fig. 1. Jigging machine

У корпусі 3 відсаджувальної машини розташоване рухоме решето 2, якому передаються коливання від привода 1.

Найбільш широко відомою конструкцією відсаджувальної машини з рухомим решетом є машина типу "Штаух". Проте, через відсутність аналізу її конструкції, а точніше механізму збудження коливань, невідомі можливості регулювання траєкторії переміщення решета, амплітуд вертикальних і горизонтальних коливань і співвідношення між ними. Останнє особливо важливе при оцінці можливості переробки корисних копалини, виходячи з їх фізико-механічних властивостей, і визначення продуктивності машини без проведення лабораторних досліджень [5 – 8].

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Для отримання необхідних відомостей розглянемо механізм збудження коливань рухомого решета відсаджувальної машини типу "Штаух" представлений на Рис. 2 [9 – 11].

Він встановлений на нерухомій ванні, в якій розташоване рухоме решето 1. Рухи рухомому решету 1 передаються від джерела збудження коливань 2 (ексцентриковий привід) через систему важелів, що складається з шатуна 3, тяги 4 та коромисел 5, 6. Довжину шатуна 3 можна змінювати за допомогою регулюючого пристрою 7, а дов-

жину тяги 4 - регулюючого пристрою 8.

Положення ланок в просторі визначається їх розмірами, відстанями  $h$  і  $l$ , а також кутом повороту кривошипа  $\varphi_{кр}$ .

Кут  $\varphi_{ш}$  повороту шатуна відносно горизонталі визначається з вираження:

$$\varphi_{ш} = \arccos\left(\frac{l_{ш}^2 - l_{к}^2 - S^2}{2l_{ш}S}\right) + \arctan\left(\frac{-\varepsilon \sin(\varphi_0 + \varphi_{кр})}{-\varepsilon \cos(\varphi_0 + \varphi_{кр}) + l_1}\right) - \varphi_0, \quad (1)$$

де:  $l_{ш}$  – довжина шатуна;  $l_{к}$  – довжина плеча  $O_2C$  коромисла;  $\varepsilon$  – ексцентриситет привода;  $\varphi_0$  – кут між відрізком  $O_1O_2$  і горизонталлю;  $S$  – відстань між точками  $E$  і  $O_2$ .

Відстань між точками  $E$  і  $O_2$  визначається з виразу:

$$S = \sqrt{l_1^2 + \varepsilon^2 - 2l_1 \cos(\varphi_0 + \varphi_{кр})}, \quad (2)$$

$l_1$  – відстань між точками  $O_1$  та  $O_2$ .

Кут  $\varphi_{к}$  повороту плеча  $O_2A$  коромисла відносно горизонталі, визначається з вираження:

$$\varphi_{к} = \arccos\left(\frac{l_{ш}^2 - l_{к}^2 + S^2}{2l_{ш}S}\right) + \arctan\left(\frac{-\varepsilon \sin(\varphi_0 + \varphi_{кр})}{-\varepsilon \cos(\varphi_0 + \varphi_{кр}) + l_1}\right) - \varphi_0 - \alpha, \quad (3)$$

де:  $\alpha$  – кут між плечима коромисла.

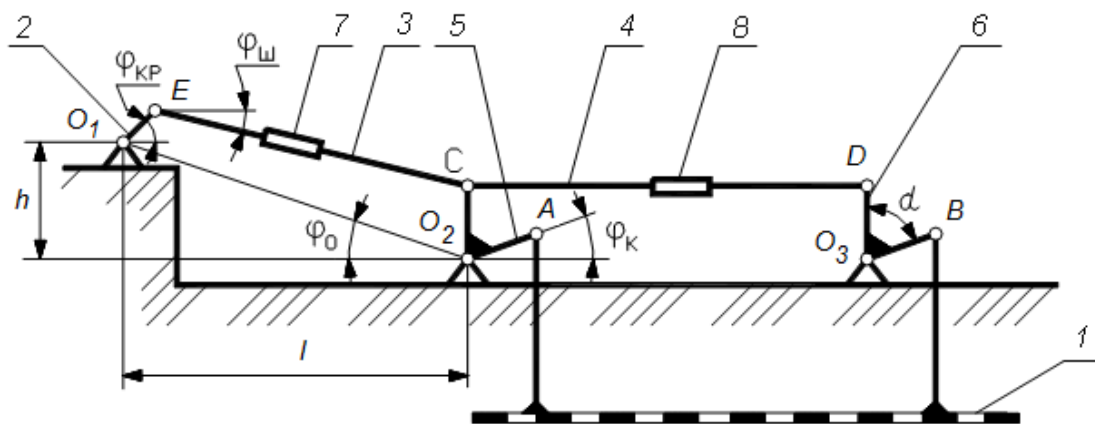


Рис.2. Схема відсаджувальної машини типу "Штаух"

Fig. 2. Chart of jigging machine of type «Stauch»

Решето, зазвичай, встановлене горизонтально. Конструкція механізму збудження коливань не передбачає регулювання кута його нахилу уздовж машини. Тому, змінити кут нахилу решета можна, лише внівши зміни в конструкцію його короба.

Регулюючий пристрій 8 призначено для виконання умов працездатності механізму:  $/O_2O_3/ = /CD/ = /AB/$ , і дозволяє за рахунок зміни довжини тяги 4 усунути неточності виготовлення і складання.

Конструкція механізму така, що траєкторія руху рухомого решета така ж, як і точки  $A$  коромисла 5, що є дугою, радіус якої визначається довжиною плеча  $O_2A$ .

Вертикальна складова коливань рухомого решета 1 забезпечує розпушування матеріалу і обумовлена ефективністю процесу відсадження. Горизонтальна складова коливань забезпечує раціональне просування матеріалу уздовж решета до місця розвантаження.

Розмах вертикальних коливань визначимо як

$$S_y = \frac{y_{Amax} - y_{Amin}}{2}, \quad (4)$$

де:  $y_{Amax}$ ,  $y_{Amin}$  – максимальна і мінімальна координата точки  $A$  по вертикалі за період коливання решета.

Положення точки  $A$  відносно осі  $Y$  визначимо з вираження:

$$y_A = l_{k1} \sin(\varphi_k), \quad (5)$$

де  $l_{k1}$  – довжина плеча  $O_2A$  коромисла.

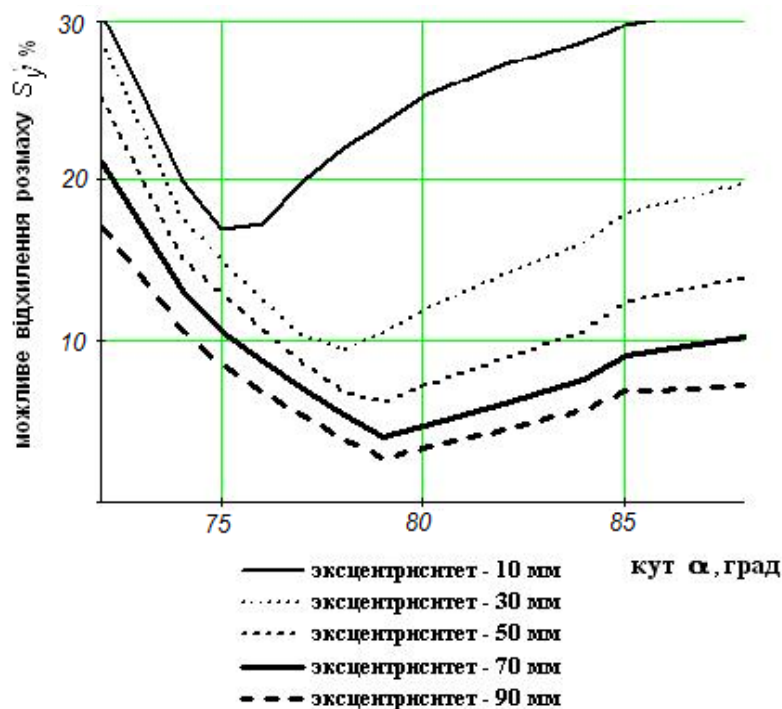
Розмах горизонтальних коливань визначимо як:

$$S_x = \frac{x_{Amax} - x_{Amin}}{2}, \quad (6)$$

де:  $x_{Amax}$ ,  $x_{Amin}$  – максимальна і мінімальна координата точки  $A$  по горизонталі за період коливання решета.

Положення точки  $A$  відносно осі  $X$  визначимо з вираження:

$$x_A = l_{k1} \cos(\varphi_k), \quad (7)$$



**Рис. 3.** Залежності можливого відхилення розмаху вертикальних коливань  $S_y$  від кута  $\alpha$  і величини ексцентриситету  $\epsilon$

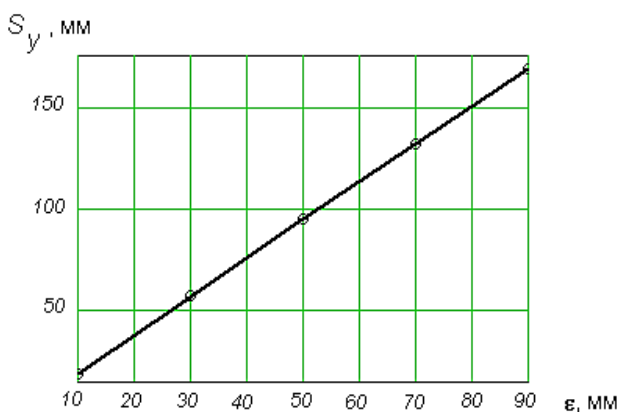
**Fig. 3.** Dependences of possible rejection of scope of vertical vibrations of  $S_y$  on a corner  $\alpha$  and size of excentricity  $\epsilon$

Зміна величини ексцентриситету приводу і довжини шатуна 3 робить значний вплив на траєкторію коливання решета 1 і розмах його вертикальних і горизонтальних коливань. Проте, для забезпечення стабільної роботи машини потрібне незалежне регулювання вертикальних і горизонтальних коливань решета [12 – 14].

Проведені дослідження дозволили визначити раціональне значення кута  $\alpha$  коромисла 5, при якому регулювання амплітуди вертикальних коливань можна здійснювати тільки зміною ексцентриситету приводу 2. При цьому, зміна довжини шатуна не робить на амплітуду вертикальних коливань решета 1 істотного впливу (Рис. 3).

Виходячи з графіків на Рис. 2, рекомендується кут  $\alpha$  приймати в діапазоні  $75...79^\circ$ . Причому, вибирати його виходячи з великості передбачуваного для збагачення класу матеріалу. Для кута  $\alpha = 77^\circ$  залежність розмаху вертикальних коливань  $S_y$  від величини ексцентриситету  $\varepsilon$  представлена на Рис. 4.

Зміною амплітуди горизонтальних коливань регулюється швидкість транспортування матеріалу уздовж машини. У свою чергу, регулювання величини горизонтальних коливань робиться за рахунок зміни довжини шатуна 3.



**Рис. 4.** Залежність розмаху вертикальних коливань  $S_y$  від величини ексцентриситету  $\varepsilon$   
**Fig. 4.** Dependence of scope of vertical vibrations of  $S_y$  on the size of eccentricity  $\varepsilon$

Довжина шатуна 3 обмежується умовами:

- працездатності механізму;
- ефективності процесу відсадження.

Умовами працездатності  $\varepsilon$ :

$$\begin{aligned} l_{3\min} &= l_1 - l_k + \varepsilon, \\ l_{3\max} &= l_1 + l_k - \varepsilon \end{aligned} \quad (8)$$

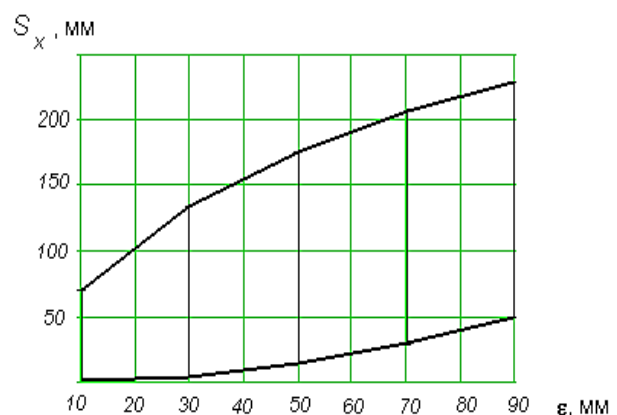
Умови ефективності процесу відсадження обумовлені наступним:

- кут  $\varphi_k$  повороту коромисла не має бути менше  $0^\circ$ , оскільки це приведе до зміни напрямку транспортування матеріалу взагалі, або зміни напрямку транспортування матеріалу за період циклу відсадження.

- кут  $\varphi_k$  повороту коромисла має бути менше  $90^\circ$ . Інакше, це приведе до утворення ще двох екстремумів за період у вертикальних коливань решета, що, в свою чергу, негативно відображається на процесі розшарування матеріалу.

Можливості регулювання розмаху горизонтальних коливань за рахунок зміни довжини шатуна 3 при різних значеннях ексцентриситету 2 представлені на Рис. 5.

Зміна довжини шатуна 3 в межах 100...200 мм здійснюється за допомогою регулюючого пристрою 7. Значніші зміни довжини необхідно робити заміною шатуна або його деталей.



**Рис. 5.** Залежність розмаху горизонтальних коливань  $S_x$  від величини ексцентриситету  $\varepsilon$   
**Fig. 5.** Dependence of scope of horizontal vibrations of  $S_x$  on the size of eccentricity  $\varepsilon$

### ВИСНОВКИ

Виходячи з проведених досліджень, можна сказати, що параметри машини підібрані для забезпечення траєкторії руху решета, максимально наближеної за формою до прямолінійної. Проте вихрові потоки, що виникають навіть при такій траєкторії, не дозволяють ефективно переробляти дрібні класи корисних копалини.

Для збагачення великих класів вугілля потрібно збільшення амплітуди вертикальних коливань решета. Це призводить до значної відмінності форми траєкторії руху решета від прямолінійної. Що, у свою чергу, посилює вихрові потоки, що переміщують матеріал та знижують показники збагачення.

Тому розробка відсаджувальної машини з прямолінійною траєкторією руху решета та оперативним регулюванням його вертикальних і горизонтальних амплітуд коливань є актуальною проблемою.

### ЛІТЕРАТУРА

1. **Басс К.М., Небаатов А.В., 2001.** Проблемы повышения эффективности отсадочных машин с механическим приводом подвижного решета. Днепропетровск, Збагачення корисних копалин, Вып.11, 123-125.
2. **Небаатов А.В., Басс К.М., 2002.** Регулирование параметров движения решета в отсадочных машинах с подвижным решетом. Днепропетровск, Вибрации в технике и технологиях, Вып. 5, 41-44.
3. **Басс К.М., Небаатов А.В., 2001.** Оперативное регулирование процесса обогащения в отсадочных машинах с механическим приводом подвижного решета. Днепропетровск, Збагачення корисних копалин, Вып.13, 26-28.
4. **Франчук В.П., Бондаренко А.А., 2016.** Горизонтальные классификаторы. Основы теории и расчета. Днепропетровск, НГУ, 111.
5. **Пилов П.И., 2003.** Гравитационная сепарация полезных ископаемых. Днепропетровск, 123.
6. **Шохин В.Н., Лопатин А.Г., 1993.** Гравитационные методы обогащения, Москва, 350.

7. **Верхотуров М.В., 2006.** Гравитационные методы обогащения. Москва, 351.
8. **Берт Р.О., Миллз К., 1990.** Технология гравитационного обогащения. Москва, 574.
9. **Кусков В.Б., 2001.** Гравитационные методы обогащения. Санкт-Петербург, 75.
10. **Смірнов В.О., Білецький В.С., 2005.** Донецьк, Гравітаційні процеси збагачення корисних копалин, 300.
11. **Егоров В.Л., 1986.** Обогащение полезных ископаемых. Москва, 421.
12. **Франчук В.П., Бондаренко А.А., 2014.** Теоретические основы процесса движения жидкости в классификаторе гидравлическом горизонтальном. Днепропетровск, Геотехническая механика, Вып.114, 185-191.
13. **Франчук В.П., Бондаренко А.А., 2013.** Разработка математической модели движения потока в классификаторе гидравлическом горизонтальном. Житомир, Вестник ЖГТУ, Технические науки, Вып.3(66), 140-149.
14. **Франчук В.П., Бондаренко А.А., 2015.** Математическая модель движения несущего потока в классификаторе гидравлическом горизонтальном. Днепропетровск, Підводні технології, Вып.01, 21-28.

### REFERENCES

1. **Bass K.M., Nebatov A.V., 2001.** Problemy povysheniya jeffektivnosti otsadochnyh mashin s mehanicheskim privodom podvizhnogo resheta. Dnepropetrovsk, Mineral processing, Vol. 11, 123-125 (in Russian).
2. **Nebatov A.V., Bass K.M., 2002.** Regulirovanie parametrov dvizheniya resheta v otsadochnyh mashinah s podvizhnym reshetom. Dnepropetrovsk, Vibration in Technics and Technology, Vol.5, 41-44 (in Russian).
3. **Bass K.M., Nebatov A.V., 2001.** Operativnoe regulirovanie processa obogashheniya v otsadochnyh mashinah s mehanicheskim privodom podvizhnogo resheta. Dnepropetrovsk, Mineral processing, Vyp.13, 26-28 (in Russian).
4. **Franchuk V.P., Bondarenko A.O., 2016.** Gorizonta'nye klassifikatory. Osnovy teorii i rascheta. Dnepropetrovsk, NMU, 111 (in Russian).
5. **Pilov P.I., 2003.** Gravitacionnaja separacija poleznyh iskopaemyh. Dnepropetrovsk, 123 (in Russian).



6. **Shohin V.N., Lopatin A.G., 1993.** Gravitacionnye metody obogashhenija, Moskva, 350 (in Russian).
7. **Verhoturov M.V., 2006.** Gravitacionnye metody obogashhenija. Moskva, 351 (in Russian).
8. **Bert R.O., Millz K., 1990.** Tehnologija gravitacionnogo obogashhenija. Moskva, 574 (in Russian).
9. **Kuskov V.B., 2001.** Gravitacionnye metody obogashhenija. Sankt-Peterburg, 75 (in Russian).
10. **Smirnov V.O., Bilec'kij V.S., 2005.** Gravitacijni procesi zbagachennja korisnih kopalin. Donec'k, 300 (in Ukrainian).
11. **Egorov V.L., 1986.** Oboga-shhenie poleznyh iskopaemyh. Moskva, 421 (in Russian).
12. **Franchuk V.P., Bondarenko A.O., 2014.** Teoreticheskie osnovy processa dvizhenija zhidkosti v klassifikatore gidravlicheskom gorizonta'nom. Dnepropetrovsk, Geotechnical mechanics, Vol. 114, 185-191 (in Russian).
13. **Franchuk V.P., Bondarenko A.O., 2013.** Razrabotka matematicheskoy modeli dvizhenija potoka v klassifikatore gidravlicheskom gorizonta'nom. Zhitomir, Visnik ZDTU, Engineerings sciences, Vol. 3(66), 140-149 (in Russian).
14. **Franchuk V.P., Bondarenko A.O., 2015.** Matematicheskaja model' dvizhenija

nesushhego potoka v klassifikatore gidravlicheskom gorizonta'nom. Underwater Technologies, No 1, 21-28 (in Russian).

### **Research of excitation mechanism of vibrations movable sieve of jiggging machine**

*Andrii Nebatov*

**Summary.** In the article a realizable analysis of dependences of trajectory of motion and amplitudes of vibrations of movable sieve is from the structural parameters of mechanism of excitation of vibrations of jiggging machine. Dependence of possible rejection of scope of vertical vibrations is analyzed, dependence of scope of vertical and horizontal vibrations on the size of eccentricity mehanyzmu drive sieves. Drawn conclusion on a grant to the movable sieve of rectilinear trajectory of motion.

**Key words:** jiggging machine, mobile sieve, directing.