

**Дейнека К. Ю.**

К.Т.Н.

*Технічний коледж
Національного
університету водного
господарства
та природокористування*

Науменко Ю.В.

Д.Т.Н., професор

*Національний
університет водного
господарства та
природокористування*

Deineka K.

*The Technical College of
the National University of Water
and Environmental
Engineering*

Naumenko Yu.

*The National University of
Water and Environmental
Engineering*

УДК 621.926.5:539.215:531.36**DOI: 10.37128/2306-8744-2019-4-4**

ВПЛИВ ДРІБНОЇ ФРАКЦІЇ ПОЛІЗЕРНИСТОГО ЗАВАНТАЖЕННЯ ОБЕРТОВОГО БАРАБАНА НА РОЗМАХ АВТОКОЛИВАНЬ

Розглянуто вплив структури двофракційного полізернистого завантаження обертового барабана на розмах автоколиваний. Пульсаційний режим руху такого внутрішньокамерного завантаження використовується при автоколивному процесі подрібнення в барабанному млині. Як крупну фракцію, що моделювала молольні тіла, було застосовано сферичні частинки незв'язного зернистого матеріалу розміром 2,2 мм. Як дрібну фракцію, що моделювала частинки подрібнюваного матеріалу, було використано цемент. Як фактори експериментальних досліджень було прийнято: ступінь заповнення проміжків між частинками крупної фракції у стані спокою дисперсними частинками дрібної фракції 0, 25, 50 та 100%, відносний розмір частинок крупної фракції у камері барабана 0.519, 0.733, 1.04, 1.47, 2.08, 2.93, 4.15 та 5.87% (радіус камери барабана 212, 150, 106, 75, 53, 37.5, 26.5 та 18.75 мм), ступінь заповнення камери у стані спокою 25, 35 та 45%. Застосовано метод візуального аналізу картин руху завантаження у поперечному перерізі обертової камери та вимірювання дилатансії. Виконано відеозйомку пульсаційної течії. Величина розмаху автоколиваний оцінювалась за простотою різниці максимального та мінімального значення дилатансії завантаження за один період пульсації. Величина максимального розмаху автоколиваний досягала значення 1,36. Виявлено зміну розмаху автоколиваний від нульового значення на початку самозбудження пульсації до максимального значення при найбільшому прирості дилатансії. Зареєстровано ефект спадання максимального розмаху автоколиваний із посиленням зв'язних властивостей завантаження. Встановлено послаблення розпорошення у камері частинок крупної фракції внаслідок зчпного впливу дрібної фракції. Виявлено зростання розмаху автоколиваний монозернистого завантаження зі зменшенням відносного розміру частинок та ступеня заповнення камери. Встановлено спадання розмаху автоколиваний двофракційного завантаження зі збільшенням вмісту дрібної фракції, зменшенням відносного розміру частинок крупної фракції та збільшенням ступеня заповнення камери.

Ключові слова: *розмах автоколиваний, дилатансія, двофракційне полізернисте завантаження, обертовий барабан, дрібна фракція.*

Постановка проблеми. Поведінка стійкості руху приводного агрегату машини зернистого завантаження камери обертового барабанного типу [3] можуть виникати барабана за певних умов набуває яскраво автоколивання у вигляді пульсації завантаження у вираженого нестійкого характеру [1,2]. При втраті поперечному перерізі обертової камери [4].



Чинниками самозбудження автоколивань полі зернистого внутрішньокамерного завантаження є дилатансія заповнення та демпфуюча дія частинок дрібної фракції на взаємодію частинок крупної фракції [3]. Додатна зсувна дилатансія полягає у збільшенні об'єму зернистого матеріалу, шляхом розпорошення, внаслідок зсувної деформації при переміщенні частинок у напрямку, що є нормальним до напрямку зсування.

Пулсацийний режим руху завантаження має прикладне застосування у вигляді інноваційного автоколивного процесу подрібнення в барабанному млині [5]. Технологічна ефективність такого процесу в значній мірі визначається розмахом автоколивань, що є різницею між максимальним та мінімальним значенням дилатансії завантаження за період коливань.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Прикладна актуальність проблеми прогнозування робочих процесів барабанних машин постійно приваблює підвищену дослідницьку увагу до описування можливої нестійкої поведінки оброблюваного зернистого середовища. Така нестійкість проявляється у виникненні періодичного пулсацийного лавиноподібного обрушення вільної поверхні зернистого завантаження обертового барабана.

Значна складність цієї проблеми змушує удосконалювати традиційні та застосовувати все нові теоретичні та експериментальні методи досліджень. Останнім часом автоколивання завантаження досліджувались експериментально переважно зі застосуванням спекл-спектроскопії у роботах [6-12] та чисельно методом дискретних елементів у [13].

Ефект зростання розмаху автоколивань однофракційного зернистого завантаження зі зменшенням ступеня заповнення камери експериментально методом візуалізації картин течії було встановлено [14]. У роботі [15] було зареєстровано ефект режимного гістерезису усталеного руху двофазного полізернистого завантаження, який полягає у виникненні двох значень біфуркаційної швидкості обертання барабана при самозбудженні автоколивань із максимальним розмахом.

Проте вплив структури полізернистого завантаження на розмах автоколивань залишається невивченим. Натомість внутрішньокамерне завантаження барабанного млина має явно виражену двофракційну структуру, що складається із крупної фракції молотильних тіл та дрібної фракції частинок подрібнюваного матеріалу.

Формулювання мети досліджень.

Передбачалось встановити закономірності впливу структури двофазного зернистого завантаження камери обертового барабана на розмах автоколивань.

Викладення основного матеріалу дослідження. Як метод досліджень було

застосовано візуальний аналіз картин руху завантаження у поперечному перерізі камери обертового барабана та вимірювання дилатансії. Цифрова відео зйомка авто коливного пулсацийного руху заповнення здійснювалась із частотою 24 кадри за секунду.

Як робоче середовище використовувався двофракційний полізернистий матеріал. Крупна фракція внутрішньокамерного завантаження моделювала молотильні тіла барабанного млина, а дрібна – частинки подрібнюваного матеріалу. Крупну фракцію складали сферичні частинки незв'язного зернистого матеріалу зі середнім розміром $d=2,2 \cdot 10^{-3}$ м. Дрібну фракцію становив цемент.

Як змінні фактори експериментальних досліджень було вибрано ступінь заповнення проміжків між частинками крупної фракції у стані спокою частинками дрібної фракції k_m , відносний розмір частинок крупної фракції у камері барабана d_{2R} та ступінь заповнення камери завантаженням у стані спокою k

$$k_m = \frac{w_m}{0,4 \cdot k \cdot \pi \cdot R^2 \cdot L}, \quad d_{2R} = \frac{d}{2 \cdot R},$$

$$k = \frac{w}{\pi \cdot R^2 \cdot L},$$

де w – об'єм порції крупної фракції у стані спокою, w_m – об'єм порції дрібної фракції, 0,4 – об'ємна частка проміжків між сферичними частинками крупної фракції у стані спокою, R – радіус камери барабана, L – довжина камери.

Дискретні значення змінних факторів становили: $k_m=0, 0.25, 0.5$ та 1 ; $d_{2R}=0.00519, 0.00733, 0.0104, 0.0147, 0.0208, 0.0293, 0.0415$ та 0.0587 ($R=212, 150, 106, 75, 53, 37.5, 26.5$ та 18.75 мм); $k=0.25, 0.35$ та 0.45 .

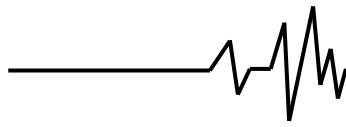
Розмах автоколивань оцінювати за величиною його приросту

$$R_v = \frac{v_{max}}{v_{min}} - 1 = \frac{S_{max}}{S_{min}} - 1,$$

$$\text{де } v_{max} = \frac{S_{max}}{k \cdot \pi \cdot R^2} \text{ та } v_{min} = \frac{S_{min}}{k \cdot \pi \cdot R^2} -$$

максимальне та мінімальне значення дилатансії за один період пулсаций заповнення; S_{max} та S_{min} – максимальне та мінімальне значення площі поперечного перерізу розпорошеного заповнення камери на картині руху за один період пулсаций.

Для аналізу отриманих результати експериментальних досліджень було одержано графічні залежності максимального приросту розмаху автоколивань R_v від відносного розміру частинок крупної фракції d_{2R} , вмісту у заповненні частинок дрібної фракції k_m та ступінь заповнення камери завантаженням у стані спокою k . На рис. 1 наведено графіки залежностей R_v від d_{2R} при $k_m=0 \dots 1$



для трьох значень k .

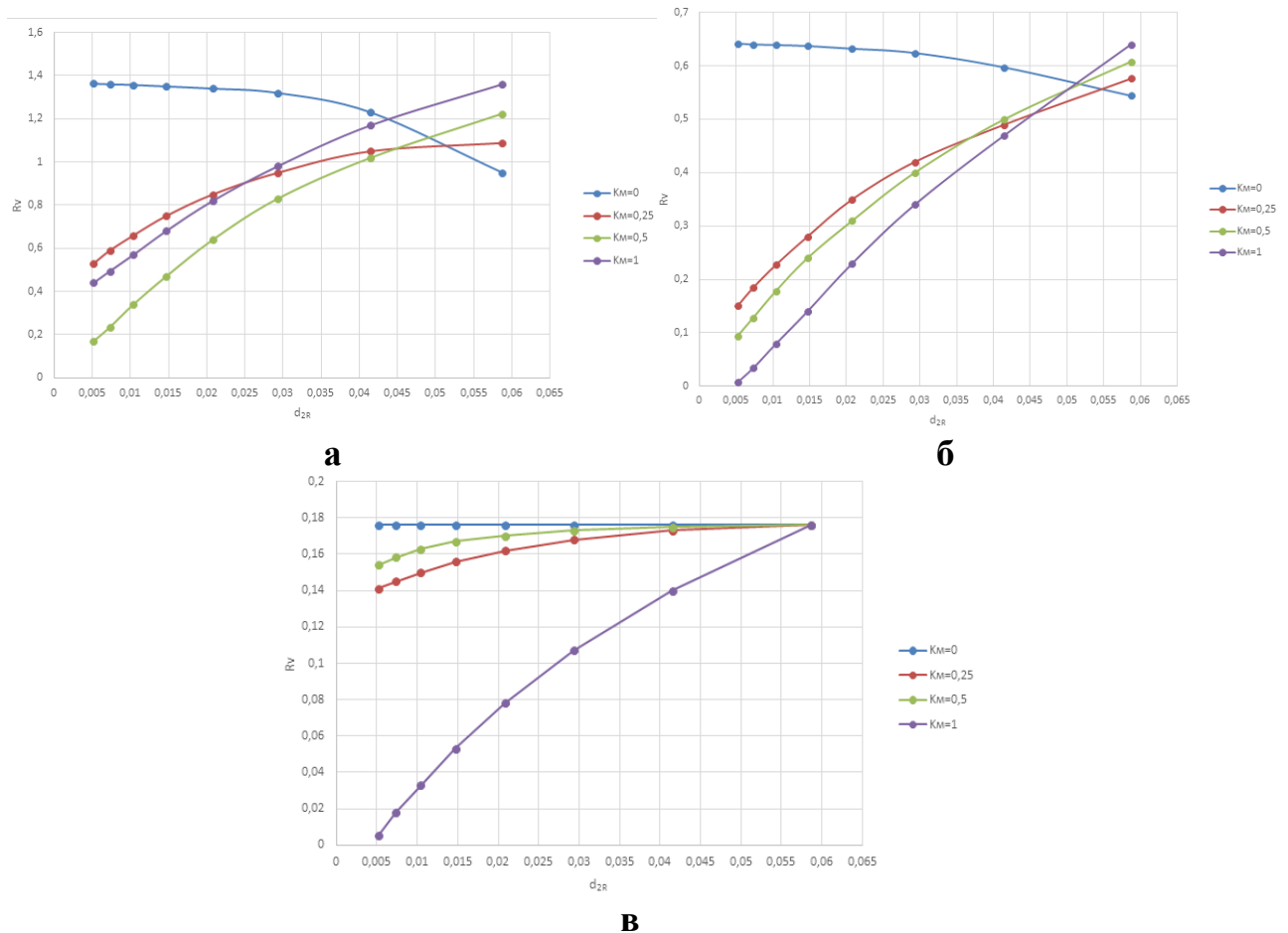


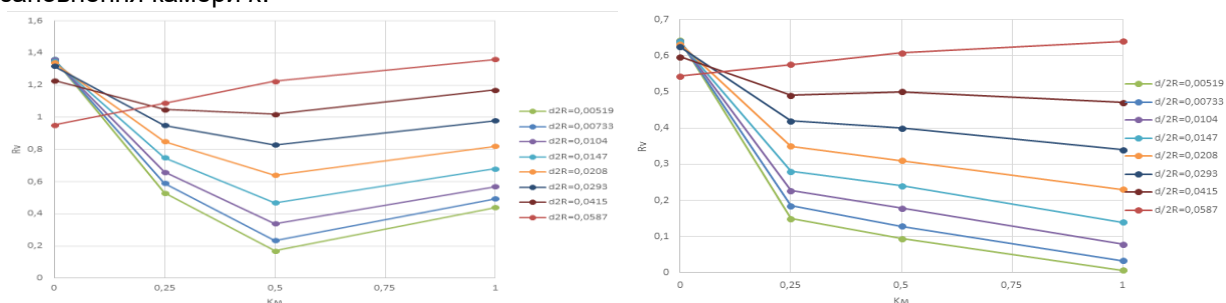
Рис. 1. Залежності максимального розмаху автоколивань R_v від відносного розміру частинок крупної фракції d_{2R} при вмісті у заповненні частинок дрібної фракції $k_M=0, 0.25, 0.5$ та 1 для ступеня заповнення камери завантаженням $k=0.25$ (а), $k=0.35$ (б) та $k=0.45$ (в)

За відсутності дрібної фракції у заповненні $k_M=0$, розмах автоколивань полізернистого заповнення камери обертового барабана R_v зростає зі зменшенням відносного розміру частинок крупної фракції заповнення d_{2R} . Натомість, за наявності дрібної фракції $k_M>0$, розмах автоколивань R_v спадає зі зменшенням відносного розміру d_{2R} (рис. 1). Інтенсивність зростання R_v , за відсутності дрібної фракції $k_M=0$, та спадання R_v , за наявності такої фракції $k_M>0$, при зменшенні d_{2R} , різко посилюється зі зменшенням ступеня заповнення камери k .

На рис. 2 наведено графіки залежностей R_v від k_M при $d_{2R}=0.00519...0.0587$ для трьох значень k .

Розмах автоколивань R_v спадає зі збільшенням вмісту дрібної фракції k_M (рис. 2). Інтенсивність спадання R_v посилюється зі зменшенням відносного розміру d_{2R} та різко посилюється зі зменшенням ступеня заповнення камери k .

На рис. 3 наведено графіки залежностей R_v від d_{2R} при $k=0.25...0.45$ для чотирьох значень k_M .



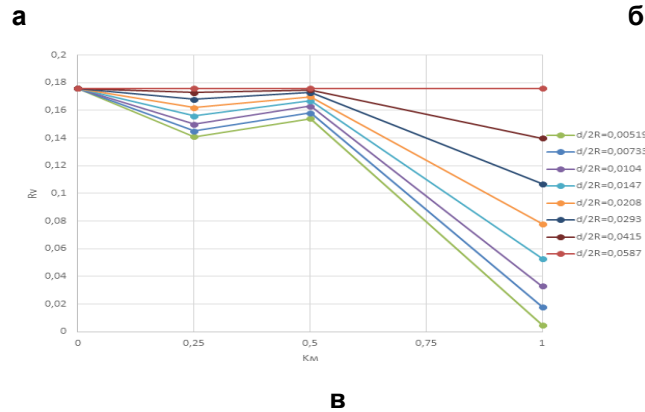


Рис. 2. Залежності максимального розмаху автоколивань R_v від вмісту у заповненні частинок дрібної фракції K_M при відносному розмірі частинок крупної фракції $d_{2R}=0.00519, 0.00733, 0.0104, 0.0147, 0.0208, 0.0293, 0.0415$ та 0.0587 для ступеня заповнення камери завантаженням $\kappa=0.25$ (а), $\kappa=0.35$ (б) та $\kappa=0.45$ (в)

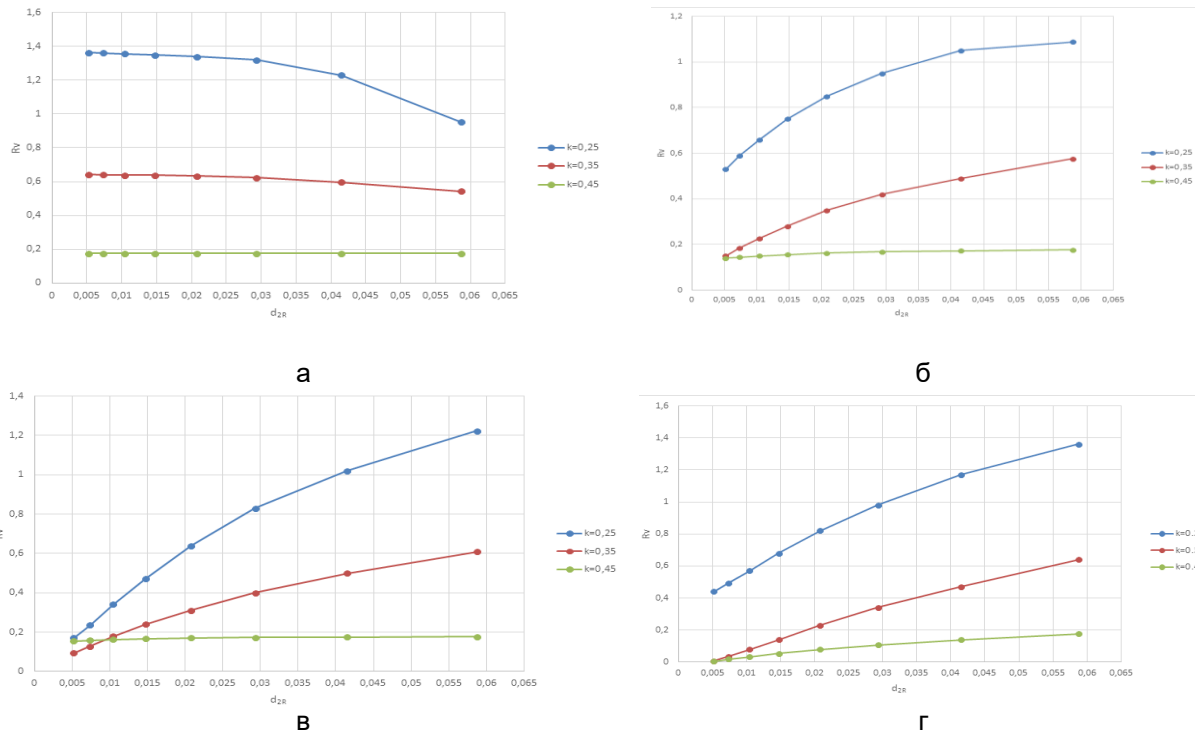


Рис. 3. Залежності максимального розмаху автоколивань R_v від відносного розміру частинок крупної фракції d_{2R} при ступені заповнення камери завантаженням $\kappa=0.25, 0.35$ та 0.45 для вмісту у заповненні частинок дрібної фракції $K_M=0$ (а), 0.25 (б), 0.5 (в) та 1 (г)

За відсутності дрібної фракції $K_M=0$, розмах автоколивань R_v зростає зі зменшенням відносного розміру d_{2R} (рис. 3а). Інтенсивність зростання R_v , зі зменшенням d_{2R} , посилюється зі зменшенням ступеня заповнення камери κ .

За наявності дрібної фракції $K_M>0$, розмах автоколивань R_v спадає зі зменшенням відносного розміру d_{2R} (рис. 3б,в,г). Інтенсивність спадання R_v , при зменшенні d_{2R} , посилюється зі збільшенням вмісту дрібної фракції K_M , зі зменшенням ступеня заповнення камери κ та при малих значеннях d_{2R} .

Висновки. 1. Величина розмаху автоколивань змінюється від нульового значення, на початку самозбудження пульсацій, до максимального значення при найбільшому прирості дилатансії зернистого завантаження камери обертового барабана.

2. Послаблення розпорошення зони невідного падіння частинок у поперечному перерізі камери, внаслідок зчпного впливу дрібної фракції, обмежує величину максимальної та мінімальної дилатансії заповнення протягом



періоду пульсацій та спричинює зниження максимального розмаху автоколивань полізернистого завантаження.

3. Максимальний розмах автоколивань спадає із посиленням зв'язних властивостей зернистого завантаження.

4. При однофракційному завантаженні розмах автоколивань зростає зі зменшенням відносного розміру частинок та ступеня заповнення камери.

5. При двофракційному завантаженні розмах автоколивань зростає зі зменшенням вмісту дрібної фракції, збільшенням відносного розміру частинок крупної фракції та зменшенням ступеня заповнення камери.

6. При зміні вмісту дрібної фракції в завантаженні у межах 0...1, відносного розміру частинок крупної фракції у камері 0,00519...0,0587 та ступеня заповнення камери 0,25...0,45, величина максимального розмаху автоколивань набуває значень 0,005...1,363.

7. Подальшого з'ясування потребує вплив структури полізернистого завантаження обертового барабана на частотні параметри автоколивань, що самозбуджуються.

Список використаних джерел

1. Zimmer, F., Kollmer, J. E., Posche, T. (2013). Polydirectional stability of granular matter. *Physical Review Letters*, 111, 16, 168003. doi.org/10.1103/PhysRevLett.111.168003

2. Maghsoodi, H., Luijten, E. (2016). Chaotic dynamics in a slowly rotating drum. *Fevista Cubana de Fisica*, 33, 1, 50-54.

3. Deineka, K. Y., Naumenko, Y. V. (2018). The tumbling mill rotation stability. *Naukovyi Visnyk Nationalnoho Hirnychoho Universytetu*, 1 (163), 60-68. doi.org/10.29202/nvngu/2018-1/10

4. Дейнека, К. Ю., Науменко, Ю. В. (2016). Параметри автоколивань внутрішньокамерного завантаження барабанного млина. *Вібрації в техніці та технологіях*, 3 (83), 29-34.

5. Deineka, K., Naumenko, Y. (2019). Revealing the effect of decreased energy intensity of grinding in a tumbling mill during self-excitation of auto-oscillating of the intrachamber fill. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (1 (97)), 6-15. doi.org/10.15587/1729-4061.2019.155461

6. Yang, H., Zhang, B. F., Li, R., Zheng, G., Zivkovic, V. (2017). Particle dynamics in avalanche flow of irregular sand particles in the slumping regime of a rotating drum. *Powder Technology*, 311, 439-448. doi.org/10.1016/j.powtec.2017.01.064

7. Balmforth, N. J., McElwaine, J. N. (2018). From episodic avalanching to continuous flow in a granular drum. *Granular matter*, 20, 3, 52. doi.org/10.1007/s10035-018-0822-1

8. Lin, S. H., Yang, H., Li, R., Zheng, G., Zivkovic, V. (2018). Velocities of irregular particles in a

continuously avalanching surface flow within a rotating drum. *Powder Technology*, 338, 376-382. doi.org/10.1016/j.powtec.2018.07.040

9. Li, R., Yang, H., Zheng, G., Chen, Q., Sun, Q. C. (2019). Study of granular state transition in a rotation drum by using speckle visibility spectroscopy and the edit distance with real penalty algorithm. *Powder Technology*, 347, 10-16. doi.org/10.1016/j.powtec.2019.02.043

10. Zhang, Y. J., Yang, H., Li, R., Chen, Q., Sun, Q. C., Kong, P. (2019). Accumulation phenomenon in continuous flow of irregular particles in rotating drum. *Powder Technology*, 355, 333-339. doi.org/10.1016/j.powtec.2019.07.051

11. Mou, S., Yang, H., Li, R., Wang, B., Sun, Q., Kong, P. (2019). An improved wavelet analytical method for studying particle dynamics of the passive layer within a granular drum. *J. Phys.: Conf. Ser.*, 1237, 042071. doi:10.1088/1742-6596/1237/4/042071

12. Mou, S. H., Yang, H., Li, R., Zhang, G. H., Sun, Q. C., Kong, P. (2019). Particle dynamics of the passive layer within a granular drum using wavelet analysis. *Powder Technology*, 344, 1-9. doi.org/10.1016/j.powtec.2018.11.108

13. Kasper, J. H., Magnanimo, V., Jarray, A. (2019). Dynamics of discrete wet granular avalanches in a rotary drum. *Proceedings of the 8th International Conference on Discrete Element Methods (DEM8)*.

14. Науменко, Ю. В., Дейнека, К. Ю. (2017). Вплив ступеня заповнення обертової камери на автоколивання зернистого завантаження. *Вібрації в техніці та технологіях*, 4 (87), 65-69.

15. Дейнека, К. Ю., Науменко, Ю. В. (2018). Вплив структури полідисперсного завантаження обертового барабана на самозбудження автоколивань. *Вібрації в техніці та технологіях*, 3 (90), 75-82.

Список джерел у транслітерації

1. Zimmer, F., Kollmer, J. E., & Poschel, T. (2013). Polydirectional stability of granular matter. *Physical Review Letters*, 111, 16, 168003. doi.org/10.1103/PhysRevLett.111.168003

2. Maghsoodi, H., & Luijten, E. (2016). Chaotic dynamics in a slowly rotating drum. *Fevista Cubana de Fisica*, 33, 1, 50-54.

3. Deineka, K. Y., & Naumenko, Y. V. (2018). The tumbling mill rotation stability. *Naukovyi Visnyk Nationalnoho Hirnychoho Universytetu – Scientific Bulletin of National Mining University*, 1 (163), 60-68. doi.org/10.29202/nvngu/2018-1/10

4. Deineka, K. Y., & Naumenko, Y. V. (2016). Parametry avtokolyvan vnutrishnokamernoho zavantazhennia barabannoho mlyna [Self-oscillation parameters of tumbling mill intrachamber fill]. *Vibratsii v tekhnitsi ta tekhnolohiiakh – Vibration in Technics and Technologies*, 3 (83), 29-34 [in Ukrainian].

5. Deineka, K., & Naumenko, Y. (2019). Revealing the effect of decreased energy intensity of grinding in a tumbling mill during self-excitation of



auto-oscillating of the intrachamber fill. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1, 1 (97), 6-15. doi.org/10.15587/1729-4061.2019.155461

6. Yang, H., Zhang, B. F., Li, R., Zheng, G., & Zivkovic, V. (2017). Particle dynamics in avalanche flow of irregular sand particles in the slumping regime of a rotating drum. *Powder Technology*, 311, 439-448. doi.org/10.1016/j.powtec.2017.01.064

7. Balmforth, N. J., & McElwaine, J. N. (2018). From episodic avalanching to continuous flow in a granular drum. *Granular matter*, 20, 3, 52. doi.org/10.1007/s10035-018-0822-1

8. Lin, S. H., Yang, H., Li, R., Zheng, G., & Zivkovic, V., 2018. Velocities of irregular particles in a continuously avalanching surface flow within a rotating drum. *Powder Technology*, 338, 376-382. doi.org/10.1016/j.powtec.2018.07.040

9. Li, R., Yang, H., Zheng, G., Chen, Q., & Sun, Q. C. (2019). Study of granular state transition in a rotation drum by using speckle visibility spectroscopy and the edit distance with real penalty algorithm. *Powder Technology*, 347, 10-16. doi.org/10.1016/j.powtec.2019.02.043

10. Zhang, Y. J., Yang, H., Li, R., Chen, Q., Sun, Q. C., & Kong, P. (2019). Accumulation phenomenon in continuous flow of irregular particles in rotating drum. *Powder Technology*, 355, 333-339. doi.org/10.1016/j.powtec.2019.07.051

11. Mou, S., Yang, H., Li, R., Wang, B., Sun, Q., & Kong, P. (2019). An improved wavelet analytical method for studying particle dynamics of the passive layer within a granular drum. *J. Phys.: Conf. Ser.*, 1237, 042071. doi:10.1088/1742-6596/1237/4/042071

12. Mou, S. H., Yang, H., Li, R., Zhang, G. H., Sun, Q. C., & Kong, P. (2019). Particle dynamics of the passive layer within a granular drum using wavelet analysis. *Powder Technology*, 344, 1-9. doi.org/10.1016/j.powtec.2018.11.108

13. Kasper, J. H., Magnanimo, V., & Jarray, A. (2019). Dynamics of discrete wet granular avalanches in a rotary drum. *Proceedings of the 8th International Conference on Discrete Element Methods (DEM8)*.

14. Naumenko, Y. V., & Deineka, K. Y. (2017). Vplyv stupenia zapovnennia obertovoi kamery na avtokolyvannia zernystoho zavantazhennia [The influence of the degree of filling of the rotating chamber on the self-oscillating grain fill]. *Vibratsii v tekhnitsi ta tekhnolohiiakh – Vibration in Technics and Technologies*, 4 (87), 65-69 [in Ukrainian].

15. Deineka, K. Y., & Naumenko, Y. V. (2018). Vplyv struktury polidispersnoho zavantazhennia obertovoho barabana na samozbudzhennia avtokolyvan [Influence of structure of polydisperse fill of rotating drum on self-excited self-oscillations]. *Vibratsii v tekhnitsi ta tekhnolohiiakh – Vibration in Technics and Technologies*, 3 (90), 75-82 [in Ukrainian].

ВЛИЯНИЕ МЕЛКОЙ ФРАКЦИИ ПОЛИЗЕРНИСТОЙ ЗАГРУЗКИ ВРАЩАЮЩЕГОСЯ БАРАБАНА НА РАЗМАХ АВТОКОЛЕБАНИЙ

Рассмотрено влияние структуры двухфракционной полизернистой загрузки вращающегося барабана на размах автоколебаний. Пульсационный режим движения такой внутрикамерной загрузки используется при автоколебательном процессе измельчения в барабанной мельнице. В качестве крупной фракции, которая моделировала мелющие тела, были применены сферические частицы несвязного зернистого материала размером 2,2 мм. В качестве мелкой фракции, которая моделировала частицы измельчаемого материала, был использован цемент. В качестве факторов экспериментальных исследований были приняты: степень заполнения промежутков между частицами крупной фракции в состоянии покоя дисперсными частицами мелкой фракции 0, 25, 50 и 100%, относительный размер частиц крупной фракции в камере барабана 0.519, 0.733, 1.04, 1.47, 2.08, 2.93, 4.15 и 5.87% (радиус камеры барабана 212, 150, 106, 75, 53, 37.5, 26.5 и 18.75 мм), степень заполнения камеры в состоянии покоя 25, 35 и 45%. Применен метод визуального анализа картин движения загрузки в поперечном сечении вращающейся камеры и измерения дилатансии. Выполнена видеосъемка пульсационного течения. Величина размаха автоколебаний оценивалась по приросту разницы максимального и минимального значения дилатансии загрузки за один период пульсаций. Величина максимального размаха автоколебаний достигала значения 1,36. Выявлено изменение размаха автоколебаний от нулевого значения в начале самовозбуждения пульсаций до максимального значения при наибольшем приросте дилатансии. Зарегистрирован эффект снижения максимального размаха автоколебаний с усилением связных свойств загрузки. Установлено ослабление разрыхления в камере частиц крупной фракции в результате связного влияния мелкой фракции. Выявлено возрастание размаха автоколебаний монозернистого размера частиц и степени заполнения камеры. Установлено снижение размаха автоколебаний двофракционного загрузки с увеличением содержания мелкой фракции, уменьшением относительного размера частиц крупной фракции и увеличением степени заполнения камеры.

Ключевые слова: размах автоколебаний, дилатансия, двухфракционная полизернистая загрузка, вращающийся барабан, мелкая фракция.



INFLUENCE OF SMALL FRACTION OF POLYGRANULAR FILL OF ROTATING DRUM ON SELF-OSCILLATION SWING

The influence of the structure of two-fractional polygranular fill of a rotating drum on the self-oscillation swing is considered. The pulsating mode of flow of such intrachamber fill is used in the self-oscillating grinding process in a tumbling mill. Spherical particles of non-coherent granular material of 2.2 mm size were used as a large fraction modeling the grinding bodies. Cement was used as the small fraction modeling the particles of the crushed material. The factors of experimental studies were accepted: the gaps between particles of large fraction degree of filling at rest dispersed particles of small fraction 0, 25, 50 and 100%, the relative size of particles of large fraction in the drum chamber 0.519, 0.733, 1.04, 1.47, 2.08, 2.93, 4.15 and 5.87% (drum chamber radius 212, 150, 106, 75, 53, 37.5, 26.5 and 18.75 mm), the chamber degree of filling at rest 25, 35 and 45%. The method of visual analysis of fill motion patterns in the cross section of a rotating chamber and measurement of dilatation was applied. Video of the fill pulsating flow

was taken. The magnitude of the self-oscillation swing was estimated by the increase in the difference of the maximum and minimum values of the fill dilatation over one period of pulsating. The maximum range of self-oscillation swing reached the value of 1.36. The change of the self-oscillation swing from zero at the beginning of self-excitation of pulsations to the maximum value with the greatest increase of dilatation was revealed. The effect of a decrease in the maximum range of self-oscillation swing with enhanced fill coherent properties has been registered. The attenuation of the spray of particles of large fraction in the chamber due to the coherent effect of the small fraction was established. An increase in the self-oscillation swing of single-grain fill was found with a decrease in the relative particle size and the chamber degree of filling. A decrease in the self-oscillation swing of two-fractional fill was found with an increase in the content of small fraction, a decrease in the relative size of particles of a large fraction, and an increase in the chamber degree of filling.

Keywords: self-oscillation swing, dilatation, two-fractional polygranular fill, rotating drum, small fraction.

Відомості про авторів

Дейнека Катерина Юрїївна – кандидат технічних наук, голова циклової комісії «Галузеве машинобудування» Технічного коледжу Національного університету водного господарства та природокористування (вул. Орлова, 35, м. Рівне, Україна, 33027, e-mail: deineka-kateryna@ukr.net).
Науменко Юрій Васильович – доктор технічних наук, професор кафедри будівельних, дорожніх, меліоративних, сільськогосподарських машин і обладнання Національного університету водного господарства та природокористування (вул. Соборна, 11, м. Рівне, Україна, 33028, e-mail: informal9m@i.ua).

Дейнека Катерина Юрьевна – кандидат технических наук, председатель цикловой комиссии «Отраслевое машиностроение» Технического колледжа Национального университета водного хозяйства и природопользования (ул. Орлова, 35, г. Ровно, Украина, 33027, e-mail: deineka-kateryna@ukr.net).

Науменко Юрий Васильевич – доктор технических наук, профессор кафедры строительных, дорожных, меліоративных, сельскохозяйственных машин и оборудования Национального университета водного хозяйства и природопользования (ул. Соборная, 11, г. Ровно, Украина, 33028, e-mail: informal9m@i.ua).

Deineka Kateryna – Candidate of Technical Sciences (Ph.D), Chairman of the Cycle Commission "Industry Engineering" of the Technical College of the National University of Water and Environmental Engineering (St. Orlova, 35, Rivne, Ukraine, 33027, e-mail: deineka-kateryna@ukr.net).

Naumenko Yurii – Doctor of Technical Sciences (Dr.Sc), Professor of the Department of construction, road, reclamation, agricultural machines and equipment of the National University of Water and Environmental Engineering (St. Soborna, 11, Rivne, Ukraine, 33018, e-mail: informal9m@i.ua).