

УДК 621.926.5:539.215:531.36

СТВОРЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ БАРАБАННИХ МЛІНІВ ІЗ АВТОКОЛИВНИМ ВНУТРІШНЬОКАМЕРНИМ ЗАВАНТАЖЕННЯМ

К. Ю. Дейнека

Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне
вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028, Україна. E-mail: informal9m@i.ua

Показано, що стійкість стаціонарного обертання барабана визначається варіаціями вісьового моменту інерції внутрішньокамерного завантаження в його усталеному русі та співвідношенням жорсткості механічної характеристики машинного агрегату. Розглянуто стійкість гравітаційного руху завантаження обертового барабана. Показано, що нестійкість зростає зі збільшенням дилатансії завантаження при деформуванні. Демпфуючий вплив подрібнюваного матеріалу на взаємодію молоткових тіл посилює пульсації завантаження. На основі аналізу отриманих результатів встановлено умови інтенсифікації прояву автоколивальності.

Ключові слова: автоколивальне внутрішньокамерне завантаження, нестійкість руху, дилатансія, демпфуючий вплив.

THE DESIGN OF THE BEST OPERATING CONDITIONS OF BALL-TUBE MILLS WITH SELF-EXCITED INTRACHAMBER FILLING OSCILLATIONS

K. Yu. Deyneka

National University of Water Management and Nature Resources Use, Rivne
vul. Soborna, 11, Rivne, 33028, Ukraine. E-mail: informal9m@i.ua

The stability of stationary rotation of drum was demonstrated to be determined by the variation of centroidal moment of inertia of intrachamber filling in its steady-state flow and by the ratio of severity of speed-torque characteristics of machine. The rotating drum granular filling flow stability is considered. The instability was demonstrated to rise as the filling dilatation under deformation increased. The damping effect of in-process material on grinding solids collisions excites the filling oscillations. The rises of the rate of oscillator conditions are established on the basis of examination of the data were determined.

Key words: self-excited intrachamber filling oscillations, flow instability, dilatation, damping effect.

СОЗДАНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ БАРАБАННЫХ МЕЛЬНИЦ С АВТОКОЛЕБАТЕЛЬНОЙ ВНУТРИКАМЕРНОЙ ЗАГРУЗКОЙ

К. Ю. Дейнека

Національний університет водного господарства та природокористування, г. Рівно
ул. Соборная, 11, г. Рівно, 33028, Україна. E-mail: informal9m@i.ua

Показано, що устійчивість стаціонарного вращення барабана определяется вариациями осевого момента инерции внутрикамерной загрузки в ее установившемся движении и соотношениями жесткости механической характеристики машинного агрегата. Рассмотрена устійчивость гравитационного движения загрузки вращающегося барабана. Показано, что неустойчивость возрастает с увеличением дилатансии загрузки при деформировании. Демпфирующее влияние измельчаемого материала на взаимодействие молотковых тел усиливает пульсации загрузки. На основе анализа полученных результатов установлены условия интенсификации проявления автоколебаний.

Ключевые слова: автоколебательная внутримельничная загрузка, неустойчивость движения, дилатансия, демпфирующее влияние.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Барабанні млини завдяки низькій перевазі залишаються основним обладнанням багатотоннажного подрібнення дисперсних матеріалів. Разом із тим недоліком таких млинів є відносно низька інтенсивність циркуляції завантаження в камері барабана, що зумовлено утворенням значної квазітвердотільної маси завантаження поблизу стінки камери.

Останнім часом збільшилась кількість пропозицій щодо активізації циркуляції молоткового завантаження шляхом генерування пульсуючого режиму його руху із застосуванням різноманітних внутрішньокамерних енергообмінних пристроїв. Однак, внаслідок низької надійності, зумовленої високою абразивністю завантаження, такі засоби не набули широкого застосування.

При роботі барабанних млинів виникають нестійкі режими обертання, що проявляються у вигляді

ді збудження вимушених коливань у приводі та утворенні змінної складової сигналу активної потужності приводного двигуна.

На теперішній час основною причиною нестійких режимів обертання барабанних млинів вважаються фрикційні крутильні коливання внутрішньокамерного завантаження, що викликані її проковзуванням відносно поверхні камери. Однак застосування таких спрощених моделей призводить до неврахування низьких параметрів і зумовлює розбіжність одержуваних результатів з експериментальними даними.

За мету досліджень було поставлено визначення умов нестійкості руху барабанних млинів і вплив її на робочі процеси подрібнення.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Ефект нестійкості руху завантаженого барабана млина у вигляді автоколивальності було зареєстровано експериментально [1]. Він проявляється у двох фо-

рмах. Перший прояв автоколивань є біфуркацією усталеного руху системи із утворенням періодичного атратора. Другий прояв автоколивань у вигляді пульсації завантаження є біфуркацією зсувного зернистого потоку з утворенням дивного атратора внаслідок хаотизації руху.

Перший прояв нестійкості полягає у неможливості вільного обертання барабану із заданою швидкістю без примусової її стабілізації. Це зумовлює самовільний відхід величини швидкості від початкового значення переважно у бік збільшення. Встановлено, що чинниками нестійкості для першого прояву ефекту є варіації жорсткості залежностей осьового моменту інерції та моменту опору завантаження від швидкості обертання [2].

Другий прояв ефекту виникає за умови примусової стабілізації кутової швидкості, наприклад шляхом автоматичного керування приводом барабану. Він полягає у самозбудженні коливань завантаження у поперечному перерізі камери у вигляді пульсацій, що ускладнюють стаціонування швидкості. Під час таких коливань значна частина завантаження у верхній половині камери відокремлюється від поверхні та здійснює невідільне падіння зі взаємодією елементів між собою. Це викликає суттєве зменшення твердотільної зони та значну інтенсифікацію циркуляції завантаження. Встановлено, що чинниками нестійкості другого прояву ефекту є дилатансія завантаження у камері обертового барабану, що реалізується переважно в зсувному потоці [3]. Встановлено, також, що дія частинок подрібнюваного матеріалу є чинником хаотизації взаємодії елементів завантаження. Це зумовлює розширення діапазону біфуркаційних значень швидкості обертання, переважно у бік зменшення нижнього числа.

На основі методу візуалізації отриманих картин руху завантаження в поперечному перерізі камери обертового барабану, із використанням розрахункових сіток із концентричним і рядним розташуванням комірок [4], було отримано залежності динамічних параметрів внутрішньокамерного завантаження – при усталених режимах руху від швидкості обертання [5], а при перехідних режимах – від часу [6].

Узагальнення одержаних результатів дозволило отримати якісні залежності моменту інерції I_3 , моменту опору M_3 і дилатансії ν завантаження від швидкості обертання барабану ω та похідних цих динамічних параметрів по ω (рис. 1). Аналіз залежностей свідчить про виникнення автоколивань в режимах руху завантаження, виділених штриховкою, переважно із повним, а також із частковим підкиданням.

Встановлено, що наявність подрібнюваного матеріалу в завантаженні зумовлює інтенсифікацію його автоколивань шляхом зменшення нижньої біфуркаційної відносної швидкості обертання, з $\psi_\omega \rightarrow 1$ аж до $\psi_\omega = 0,3$ (рис. 2). При цьому діапазон швидкостей при максимальній амплітуді коливань лишається незмінним, незалежно від вмісту матеріалу – $\psi_\omega = 0,85 - 1,15$ (рис. 3).

Було оцінено вплив вмісту частинок подрібнюваного матеріалу в завантаженні на підвищення ефективності подрібнення в млинах із автоколивним завантаженням. Продуктивність помелу оцінювалася

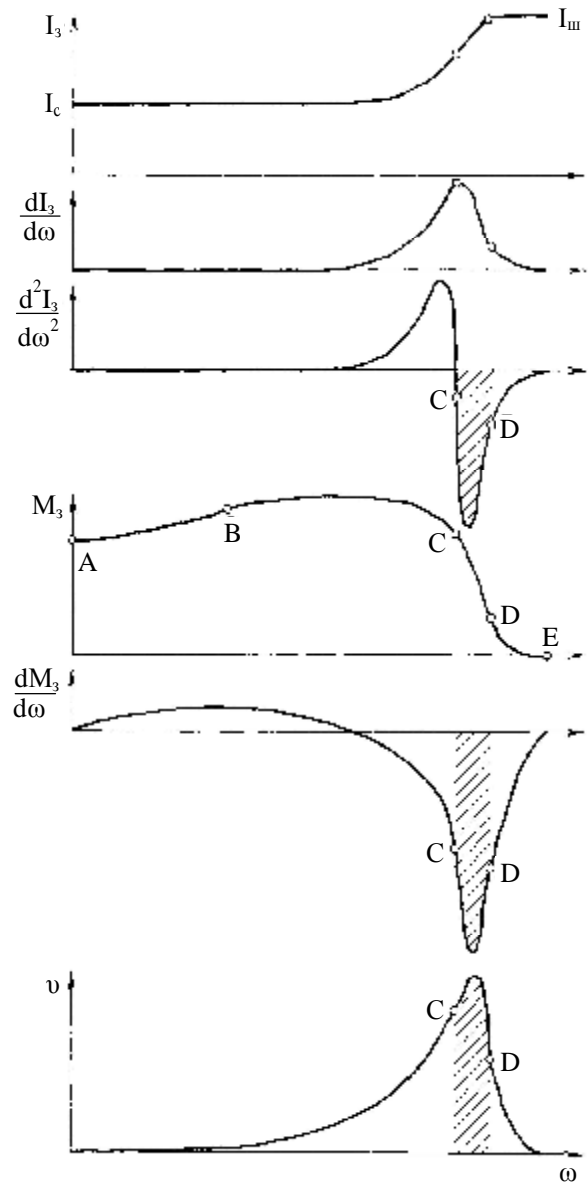


Рисунок 1 – Схема якісних залежностей динамічних параметрів завантаження від швидкості обертання ω : АВ – режим руху завантаження без підкидання, ВС – із частковим підкиданням, CD – із повним підкиданням, DE – неповного центрифугування

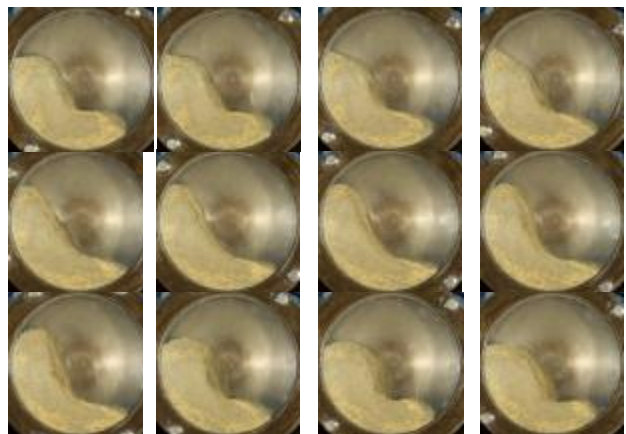


Рисунок 2 – Послідовні картини автоколивань завантаження при ступені заповнення камери завантаженням $\kappa=0,3$, наявності матеріалу та $\psi_\omega=0,3$

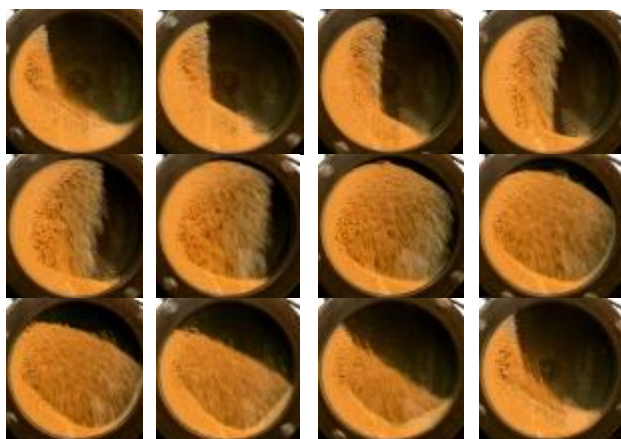


Рисунок 3 – Картини коливань при $\kappa=0,3$, відсутності матеріалу та $\psi_{\omega}=0,85-1,15$

за значенням просіву через контрольне сито № 008, а енергетична ефективність – за питомими витратами енергії при одержанні цього просіву. Чисельне значення зміни продуктивності оцінювалось співвідношеннями Π_M/Π_T , де Π_M та Π_T – продуктивність помелу для модернізованого та традиційного режимів, а зміни питомих витрат енергії – співвідношеннями $E_M/E_T=(N_M/\Pi_M)/(N_T/\Pi_T)$, де E_M та E_T – питомі витрати енергії, N_M та N_T – потужності приводу для цих режимів.

Ступінь заповнення камери завантаженням становила $\kappa=0,3$. Ступені заповнення частинками подрібнюваного матеріалу проміжків між молотковими тілами $\kappa_{мп}$ складали 0,25, 0,5, 0,75 та 1. Для традиційного режиму приймалось $\psi_{\omega}=0,75$. Тривалість подрібнення становила 30 хвилин. Результати наведено на рис. 4.

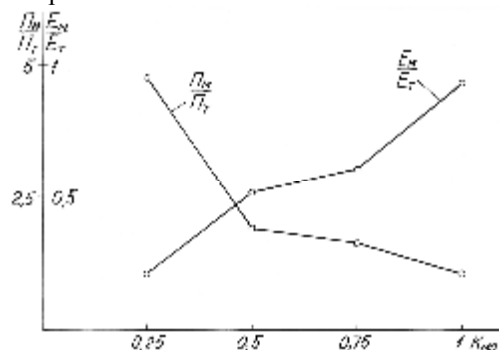


Рисунок 4 – Залежності Π_M/Π_T та E_M/E_T від $\kappa_{мп}$

ВИСНОВКИ. Виявилось, що застосування автоколивного режиму руху внутрішньокамерного завантаження порівняно із традиційним процесом подрібнення в барабанних млинах дозволяє в середньому підвищити продуктивність приблизно на 20-50% та знизити питомі витрати енергії на 17-33%. При цьому зі зменшенням вмісту подрібнюваного матеріалу в завантаженні ефективність процесу помелу зростає.

ЛІТЕРАТУРА

1. Автоколебания внутрикамерной загрузки барабанной мельницы / К.Ю.Науменко // Научные исслед., наносистемы и ресурсосберегающ. техноло-

гии в стройиндустрии: Сб. докл. Междунар. науч.-практич. конф. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г.Шухова, 2007. – Ч. 7. Энергосберегающ. технол. комплексы и оборуд. для пр-ва строит. материалов. – С. 81–83.

2. Науменко К.Ю. Нестійкі режими обертання барабанних млинів // Вісн. НУВГП. – Рівне: НУВГП, 2006. – Вип. 2(34), ч. 2. – С. 111–119.

3. Дейнека К.Ю. Стійкість руху внутрішньокамерного завантаження барабанного млина // Вісн. НУВГП. – Рівне: НУВГП, 2008. – Вип. 3(43). – С. 250–257.

4. Науменко К.Ю. Застосування методу візуалізації для визначення змінних інерційних параметрів внутрішньокамерного завантаження барабанного млина // Вісн. НУВГП. – Рівне: НУВГП, 2007. – Вип. 4(40), ч. 3. – С. 9–16.

5. Дейнека К.Ю. Експериментальне визначення динамічних параметрів внутрішньокамерного завантаження барабанного млина методом візуалізації // Зб. наук. праць (галуз. машинобудування, буд-во). – Полтава: ПолтНТУ, 2009. – Вип. 23, т. 1. – С. 123–133.

6. Дейнека К.Ю. Експериментальне визначення характеристик автоколивань внутрішньокамерного завантаження барабанного млина методом візуалізації // Вісн. НУВГП. – Рівне: НУВГП, 2009. – Вип. 3(47), ч. 2. – С. 351–358.

REFERENCES

1. Naumenko K.Y. Autooscillations intrachamber download rattler // Scientific research., Nano-and resource-yusch. technology in the construction industry: Sat. Proceedings. Inter-dunar. Scientific-practical. Conf. – Belgorod: Izd BSTU. Shukhov, 2007. – Part 7. Energosberega-yusch. Tekhnol. facilities and equipment. for Prospect Island builds. materials. – P. 81–83 [in Russian].

2. Naumenko K.Y. Unstable rotation modes rattler. Bulletin of NUVGP. – Exactly: NUVGP, 2006. – Vol. 2(34), Part 2. – P. 111–119 [in Ukrainian].

3. Deineka K.Y. Stability of motion vnutrekamernoy download rattler. Vestik NUVGP. – Exactly: NUVGP, 2008. – Vol. 3 (43). – P. 250–257 [in Ukrainian].

4. Naumenko K.Y. Application of Visualization Methods for determining variable inertial parameters vnutrekamernoy download rattler. Bulletin of NUVGP. – Exactly: NUVGP, 2007. – Vol. 4 (40), Part 3. – P. 9–16 [in Ukrainian].

5. Deineka KY Experimental determination of dynamic parameters vnutrekamernoy download rattler by visualization. Coll. Nauchn. works (engineering, construction). – Poltava: PoltNTU, 2009. – Vol. 23., V. 1. – P. 123–133 [in Ukrainian].

6. Deineka K.Y. Experimental determination of the characteristics of oscillations vnutrikakamernoy download rattler by visualization. Bulletin of NUVGP. – Exactly: NUVGP, 2009. – Vol. 3 (47), Part 2. – P. 351–358 [in Ukrainian].

Стаття надійшла 20.10.2010.

Рекомендована до друку
д.т.н., проф. Масловим О.Г.