

**Определение основных показателей работы технологического комплекса оборудования с бетоносмесителем гравитационно-принудительного действия / И.А. ЕМЕЛЬЯНОВА, А.И. АНИЩЕНКО, А.Н. ПЛУЖНИК, В.Ю. ШЕВЧЕНКО // Вісник НТУ «ХПІ». – 2012. – № 48 (954). – (Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія). – С. 46 – 55. – Библиогр.: 2 назв.**

Приведена методика визначення основних показників роботи технологічного комплексу обладнання, що складається з бетонозмішувача гравітаційно-примусової дії та стрічково-скребкового живильника.

A method for determining the basic performance of the techno-sky set of equipment consisting of a mixer gravitational force of the belt and scraper feeder.

УДК 621.926.5:539.215:531.36

**К.Ю. ДЕЙНЕКА**, магістр, НУВГП, Рівне

## **ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ПУЛЬСАЦІЙ ВНУТРІШНЬОКАМЕРНОГО ЗАВАНТАЖЕННЯ БАРАБАННОГО МЛИНА**

Розглянуто перехідні режими руху завантаження під час самозбудження пульсацій в камері стаціонарно обертового барабана. Для візуалізації картин руху в перерізі камери використані розрахункові сітки. На основі аналізу отриманих результатів встановлено умови інтенсифікації прояви пульсацій.

Низька енергетична ефективність барабанних млинів спричинена обмеженістю циркуляції завантаження в обертовій камері. Активізувати процес в млинах традиційних конструкцій дозволяє самозбудження пульсацій [1]. Було одержано умову асимптотичної стійкості усталеного руху млина [2] та умову стійкості течії зернистого внутрішньокамерного завантаження [3].

Чинниками нестійкості є варіації моменту інерції, моменту опору обертанню барабана та дилатансія або розпорошення завантаження [4 – 6].

Відомий теоретичний метод розрахунку змінного моменту інерції завантаження [7, 8] не відповідає фізичній сутності задачі, оскільки враховує лише його «приєднану» до барабана частину.

Натомість було розроблено метод розрахунку інерційних параметрів завантаження при візуалізації картин руху в поперечному перерізі обертової

камери [9].

Залучення принципу твердіння механічної системи [10, 11] дозволило суттєво спростити задачу завдяки врахуванню всієї маси завантаження – як «приєднаної», так і «відокремленої».

За мету роботи було поставлено визначення динамічних характеристик перехідних режимів руху завантаження в стаціонарно обертовій камері для оцінювання їх впливу на умови самозбудження та розвитку пульсацій.

При візуальному аналізі картин руху завантаження було застосовано двовимірні аналоги динамічних параметрів у безрозмірній формі.

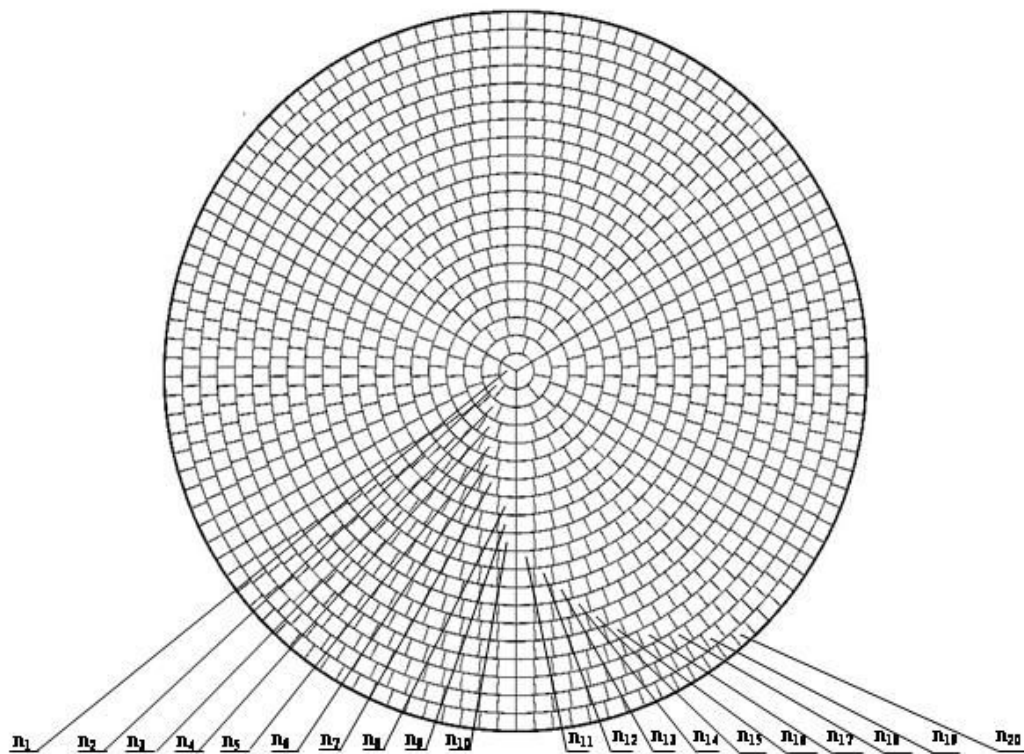
Осьовий, або його аналог полярний, момент інерції кількісно оцінювався за відношенням його до значення моменту при повному заповненні камери  $\psi_{i1}$  ( $\kappa = 1$ ), а якісно – за відношенням до моменту для пристінкового шару завантаження  $\psi_{i\infty}$  при поточному  $\kappa$ :  $\psi_{i1} = 2I_{p\bar{\sigma}}/\pi$ ,  $\psi_{i\infty} = 2I_{p\bar{\sigma}}/\left\{\pi\left[1 - (1 - \kappa)^2\right]\right\}$ , де  $I_{p\bar{\sigma}}$  – безрозмірний полярний момент інерції фігури завантаження,  $\kappa$  – ступінь заповнення камери завантаженням.

Момент опору, або його аналог статичний момент, кількісно оцінювався за відношенням його до значення умовного максимального моменту при половинному заповненні камери  $\psi_{m0,5}$  ( $\kappa = 0,5$ ), а якісно – за відношенням до умовного максимального моменту  $\psi_{mc}$  при поточному  $\kappa$ :  $\psi_{m0,5} = 3S_{y\bar{\sigma}}/2$ ,  $\psi_{mc} = 3S_{y\bar{\sigma}}/(2\sin^3\alpha)$ , де  $S_{y\bar{\sigma}}$  – безрозмірний статичний момент фігури перерізу завантаження,  $\alpha$  – половина центрального кута сегментного перерізу завантаження. Умовний максимальний момент відповідає розподілу завантаження в перерізі камери у вигляді ідеального твердотілого сегмента, що повернуто разом із барабаном зі стану спокою на прямий кут.

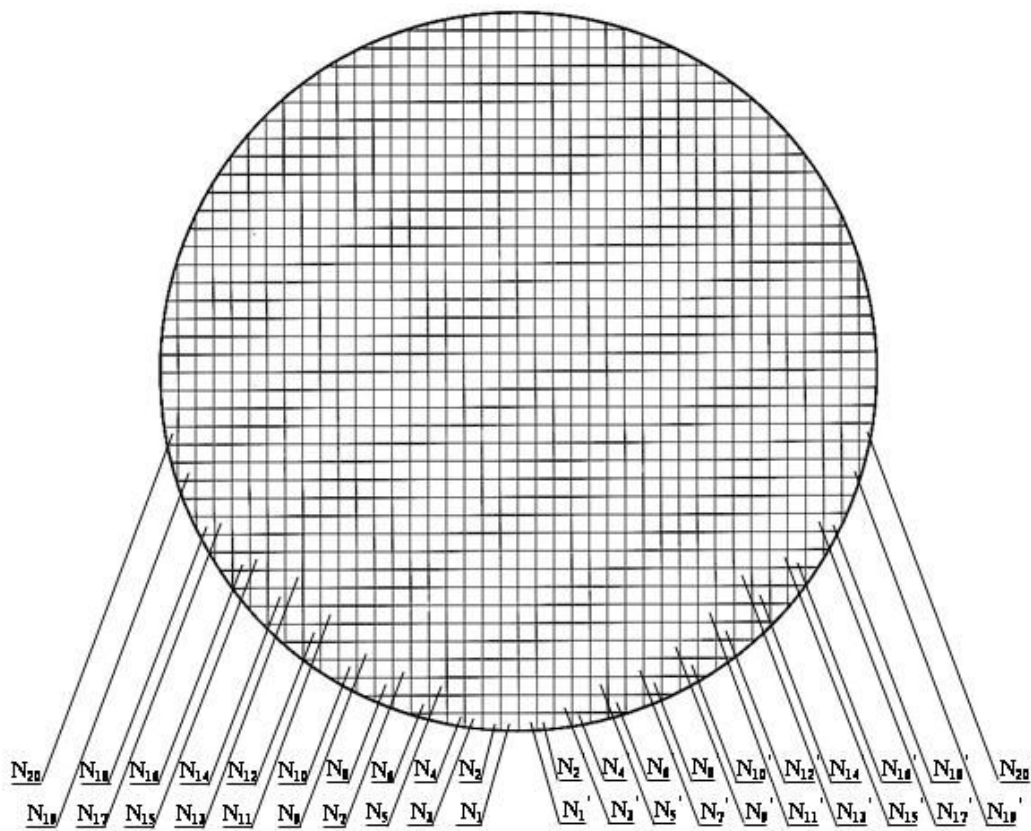
Дилатансія завантаження в камері оцінювалась за відношенням поточного заповнення площі перерізу камери до повної площі цього перерізу при поточному  $\kappa$ :  $\nu = F_{\bar{\sigma}}/(\pi\kappa)$ , де  $F_{\bar{\sigma}}$  – поточне значення безрозмірної заповненої площі. Для визначення моменту інерції використовувалась розрахункова сітка із концентричним розташуванням комірок у вигляді кільцевого сектора (рис. 1 (1)), а моменту опору – сітка із рядним розташуванням квадратних комірок (рис. 1 (2)).

Для визначення дилатансії застосовувались обидві сітки.

Число кільцевих шарів комірок першої сітки ( $n_{20}$ ) та половина числа вертикальних шарів комірок другої ( $N_{20}$  та  $N'_{20}$ ) було прийнято рівним 20. Загальне число комірок у кожній сітці становило біля 1200.



1



2

Рис. 1 – Схеми розрахункових сіток: 1 – із концентричним, 2 – із рядним розташуванням шарів комірок

Молольне завантаження моделювалось зернистим матеріалом із розміром елементів  $d = 2,2$  мм.

Як подрібнюваний матеріал застосовувався цемент. Було використано камеру без виступів діаметром  $D = 212$  мм та довжиною 100 мм.

Співвідношення  $d/D \approx 0,01$  відповідає умовам роботи трубних млинів.

Для візуалізації руху використовувалась цифрова відеозйомка.

Фіксувались картини перехідного режиму періодичного руху завантаження під час пульсацій.

Зображення картин покривалось розрахунковими сітками і лічилось кількість заповнених комірок. Було оброблено 104 картини руху.

На рис. 2 зображено отримані послідовні картини руху завантаження для одного періоду коливань при  $\kappa = 0,15 - 0,5$ .

Пульсації виникали у діапазоні відносної швидкості обертання  $\psi_\omega = \omega/\omega_{кр} = 0,85 - 1,15$ , нижня межа якого зменшувалась із посиленням демпфуючого впливу подрібнюваного матеріалу при збільшенні його вмісту у завантаженні. Тривалість періоду коливань завантаження в камері становила біля 0,5 с. Частота коливань у 1,05 – 1,3 рази перевищувала частоту обертання і зростала зі зменшенням заповнення камери.

Пульсації завантаження спостерігались при ступені заповнення камери  $\kappa \geq 0,15$ , а упевнений пульсаційний рух виникав при  $\kappa \geq 0,25$ .

На рис. 3 наведено графіки розрахованих залежностей  $\psi_{i1}$ ,  $\psi_{i\omega}$ ,  $\psi_{m0,5}$ ,  $\psi_{mc}$  та  $v$  від  $\psi_\omega$  на протязі одного періоду пульсацій завантаження для восьми ступенів заповнення камери  $\kappa = 0,15, 0,2, 0,25, 0,3, 0,35, 0,4, 0,45$  та  $0,5$ ; де  $t$  – час,  $t_n$  – тривалість періоду коливань. При обчисленні моментів враховувалась похибка, зумовлена дилатансією завантаження у камері барабана.

Порівняльний аналіз картин руху та графічних залежностей засвідчує істотне зростання амплітуди коливань координат елементів, положення вільної поверхні завантаження та моментів інерції, опору і дилатансії зі зменшенням ступеня заповнення камери.

Таким чином, пульсації внутрішньокамерного завантаження барабанних млинів виникають переважно у режимі руху із повним підкиданням його елементів.

Інтенсивність пульсаційного руху суттєво посилюється зі зменшенням ступеня заповнення камери та збільшенням вмісту подрібнюваного матеріалу у завантаженні. Частота автоколивань завантаження дещо перевищує частоту обертання барабана.

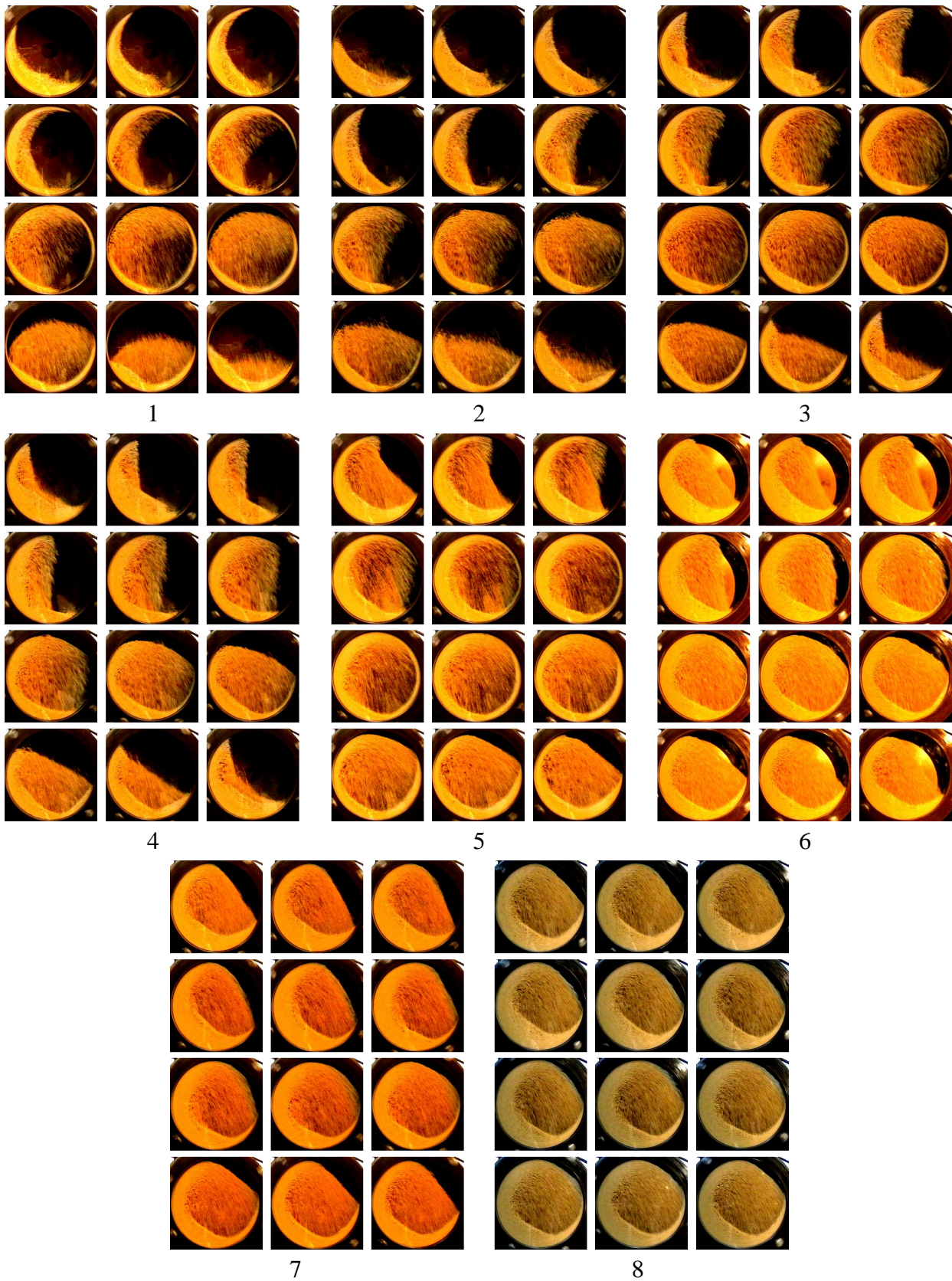
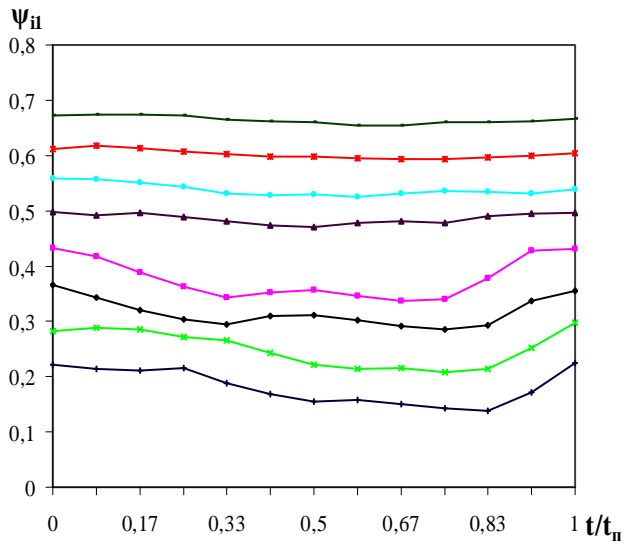
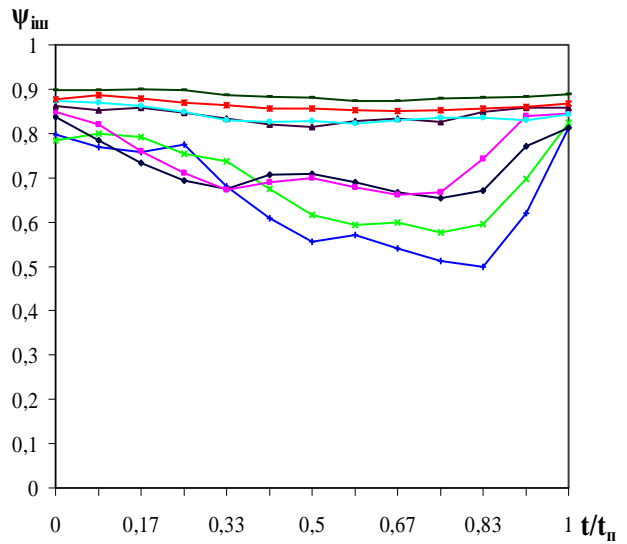


Рис. 2 – Послідовні картини руху завантаження для одного періоду пульсацій:  
 1 –  $\kappa = 0,15$ ; 2 –  $\kappa = 0,2$ ; 3 –  $\kappa = 0,25$ ; 4 –  $\kappa = 0,3$ ; 5 –  $\kappa = 0,35$ ; 6 –  $\kappa = 0,4$ ; 7 –  $\kappa = 0,45$ ;  
 8 –  $\kappa = 0,5$

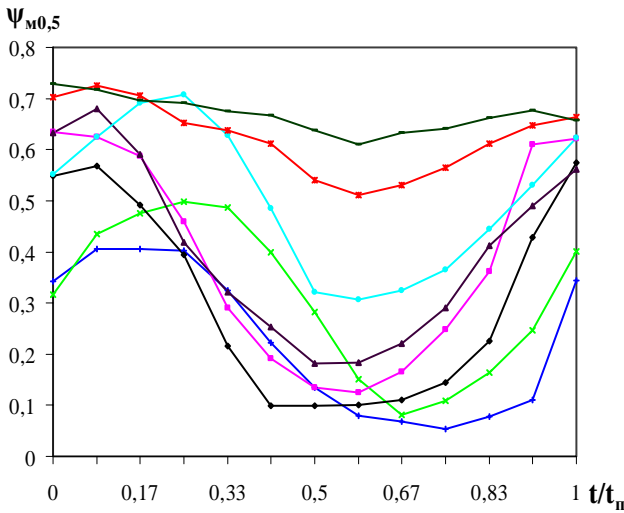




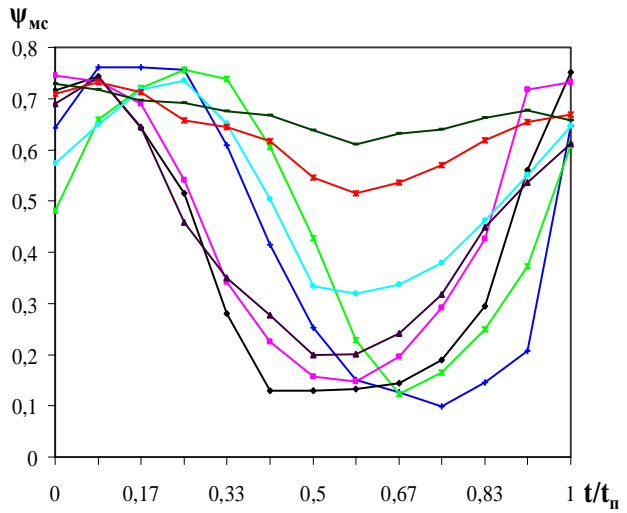
1



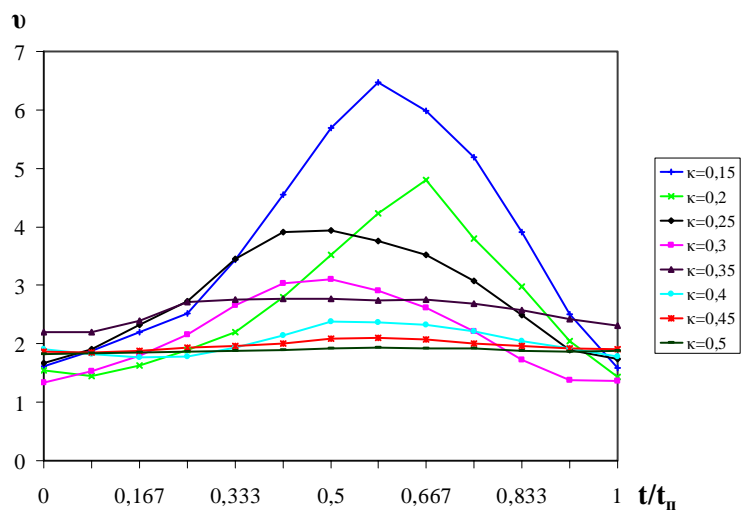
2



3



4



5

Рис. 3 – Залежності  $\psi_{il}$  (1),  $\psi_{iii}$  (2),  $\psi_{M0,5}$  (3),  $\psi_{Mc}$  (4) та  $v$  (5) від  $\psi_{\omega}$  для одного періоду пульсацій завантаження при  $\kappa = 0,15 - 0,5$

**Список літератури:** 1. Пат. 7180 України, МПК В 02 С 17/00. Спосіб подрібнення сипкого матеріалу в барабанному млині / *Науменко Ю.В., Науменко К.Ю.* – № u20041008352; заявл. 14.10.04; опубл. 15.06.05, Бюл. № 6. 2. *Науменко К.Ю.* Нестійкі режими обертання барабанних млинів / *К.Ю. Науменко* // Вісник НУВГП. – Рівне: НУВГП, 2006. – Вип. 2 (34), Ч. 2. – С. 111 – 119. 3. *Дейнека К.Ю.* Стійкість руху внутрішньокамерного завантаження барабанного млина / *К.Ю. Дейнека* // Вісник НУВГП. – Рівне: НУВГП, 2008. – Вип. 3 (43). – С. 250 – 257. 4. *Дейнека К.Ю.* Создание рациональных режимов работы барабанных мельниц с автоколебательной внутрикамерной загрузкой / *К.Ю. Дейнека* // Вісник НТУ«ХП». – 2010. – № 65. – С. 69 – 74. 5. *Дейнека К.Ю.* Створення раціональних режимів роботи барабанних млинів із автоколивним внутрішньокамерним завантаженням / *К.Ю. Дейнека* // Вісник КНУ ім. М. Остроградського. – Кременчук, 2011. – Вип. 3 (68), ч. 1. – С. 93 – 95. 6. *Дейнека К.Ю.* Встановлення умов самозбудження пульсацій внутрішньокамерного завантаження барабанного млина / *К.Ю. Дейнека* // Вісник НТУ«ХП». – 2011. – № 50. – С. 72 – 79. 7. *Крюков Д.К.* Усовершенствование размольного оборудования горнообогатительных предприятий / *Д.К. Крюков.* – М.: Недра, 1966. – 174 с. 8. *Крюков Д.К.* Маховой момент шаровых мельниц / *Д.К. Крюков* // Изв. вузов. Горн. журн. – 1958. – № 2. – С. 131 – 134. 9. *Науменко К.Ю.* Застосування методу візуалізації для визначення змінних інерційних параметрів внутрішньокамерного завантаження барабанного млина / *К.Ю. Науменко* // Вісник НУВГП. – Рівне: НУВГП, 2007. – Вип. 4 (40). – Ч. 3. – С. 9 – 16. 10. *Новоселов В.С.* Аналитическая механика систем с переменными массами / *В.С. Новоселов.* – Л.: Изд-во ЛГУ, 1969. – 240 с. 11. *Бессонов А.П.* Основы динамики механизмов с переменной массой звеньев / *А.П. Бессонов.* – М.: Наука, 1967. – 279 с.

*Надійшла до редколегії 20.08.12*

УДК 621.926.5:539.215:531.36

**Візуалізація пульсацій внутрішньокамерного завантаження барабанного млина / К.Ю. ДЕЙНЕКА** // Вісник НТУ «ХП». – 2012. – № 48 (954). – (Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія). – С. 55 – 61. – Бібліогр.: 11 назв.

Рассмотрены переходные режимы движения загрузки во время самовозбуждения пульсаций в камере стационарно вращающегося барабана. Для визуализации картин движения в сечении камеры использованы расчетные сетки. На основе анализа полученных результатов установлены условия интенсификации проявления пульсаций.

The transient granular filling flow in the process of self-excitation of its fluctuations in a stationary rotating drum chamber is considered. The design-basis graticules were used for cross-section flow patterns visualization. The rises of the rate of pulsations conditions are established on the basis of examination of the data were determined.