

The methods of sugar syrup production as one of the most widespread half-finished item of food industry were shown. The process flowsheet of sugar syrup production on kvass obtaining was proposed, which main element is syrup pan. Technological stages of production were described. Choice of the equipment to sugar syrup brew was recommended.

Key words: sugar syrup, sugar, syrup pan, technological scheme, evaporation, kvass.

УДК 621.926.5:539.215

Ю.В. НАУМЕНКО, докт. техн. наук, доц., НУВГП, Рівне

МОДЕЛЮВАННЯ ТРИФАЗНОГО РЕЖИМУ РУХУ ВНУТРІШНЬОКАМЕРНОГО ЗАВАНТАЖЕННЯ БАРАБАННОГО МЛИНА

У статті розглянуто задачу моделювання картин руху внутрішньокамерного завантаження барабанного млина. Застосовано аналітико-експериментальний метод досліджень. Візуалізація отриманих картин руху засвідчує хорошу збіжність результатів розрахунку із експериментальними даними.

Ключові слова: барабанний млин, внутрішньокамерне завантаження, трифазний режим руху, зсувний шар, поверхня ковзання, профіль швидкості, картина руху, візуалізація, моделювання.

Існуючі методики розрахунку робочих процесів барабанних млинів базуються на гіпотезі про двофазний водоспадний режим руху завантаження в робочій камері [1].

Проте реальним режимом є трифазний при виникненні третьої зсувної зони руху, де і здійснюється основний процес подрібнення.

Однак отримані низкою авторів [2] результати моделювання трифазного або змішаного режиму (рис. 1) не дозволили прогнозувати поведінку завантаження в камері.

За мету роботи було поставлено побудову моделі та візуалізацію картин трифазного режиму руху завантаження у поперечному перерізі камери.

Було прийнято уточнену трифазну схему руху завантаження в перерізі обертової зі швидкістю ω камери, що містить тверdotільну зону I, зону невідного падіння II та зону зсувного шару III (рис. 2).

Подрібнення переважно ударною дією реалізується на межі ВС переходу між другою та третьою зонами. Основний процес здрібнення переважно стиранням відбувається у верхній частині третьої зони при швидкій течії із значним зсувним градієнтом.

© Ю.В. Науменко, 2014

The methods of sugar syrup production as one of the most widespread half-finished item of food industry were shown. The process flowsheet of sugar syrup production on kvass obtaining was proposed, which main element is syrup pan. Technological stages of production were described. Choice of the equipment to sugar syrup brew was recommended.

Key words: sugar syrup, sugar, syrup pan, technological scheme, evaporation, kvass.

УДК 621.926.5:539.215

Ю.В. НАУМЕНКО, докт. техн. наук, доц., НУВГП, Рівне

МОДЕЛЮВАННЯ ТРИФАЗНОГО РЕЖИМУ РУХУ ВНУТРІШНЬОКАМЕРНОГО ЗАВАНТАЖЕННЯ БАРАБАННОГО МЛИНА

У статті розглянуто задачу моделювання картин руху внутрішньокамерного завантаження барабанного млина. Застосовано аналітико-експериментальний метод досліджень. Візуалізація отриманих картин руху засвідчує хорошу збіжність результатів розрахунку із експериментальними даними.

Ключові слова: барабанний млин, внутрішньокамерне завантаження, трифазний режим руху, зсувний шар, поверхня ковзання, профіль швидкості, картина руху, візуалізація, моделювання.

Існуючі методики розрахунку робочих процесів барабанних млинів базуються на гіпотезі про двофазний водоспадний режим руху завантаження в робочій камері [1].

Проте реальним режимом є трифазний при виникненні третьої зсувної зони руху, де і здійснюється основний процес подрібнення.

Однак отримані низкою авторів [2] результати моделювання трифазного або змішаного режиму (рис. 1) не дозволили прогнозувати поведінку завантаження в камері.

За мету роботи було поставлено побудову моделі та візуалізацію картин трифазного режиму руху завантаження у поперечному перерізі камери.

Було прийнято уточнену трифазну схему руху завантаження в перерізі обертової зі швидкістю ω камери, що містить тверdotільну зону I, зону невідного падіння II та зону зсувного шару III (рис. 2).

Подрібнення переважно ударною дією реалізується на межі ВС переходу між другою та третьою зонами. Основний процес здрібнення переважно стиранням відбувається у верхній частині третьої зони при швидкій течії із значним зсувним градієнтом.

© Ю.В. Науменко, 2014

Здрібнення переважно роздавлюванням виникає у нижній частині третьої зони при сповільненні потоку.

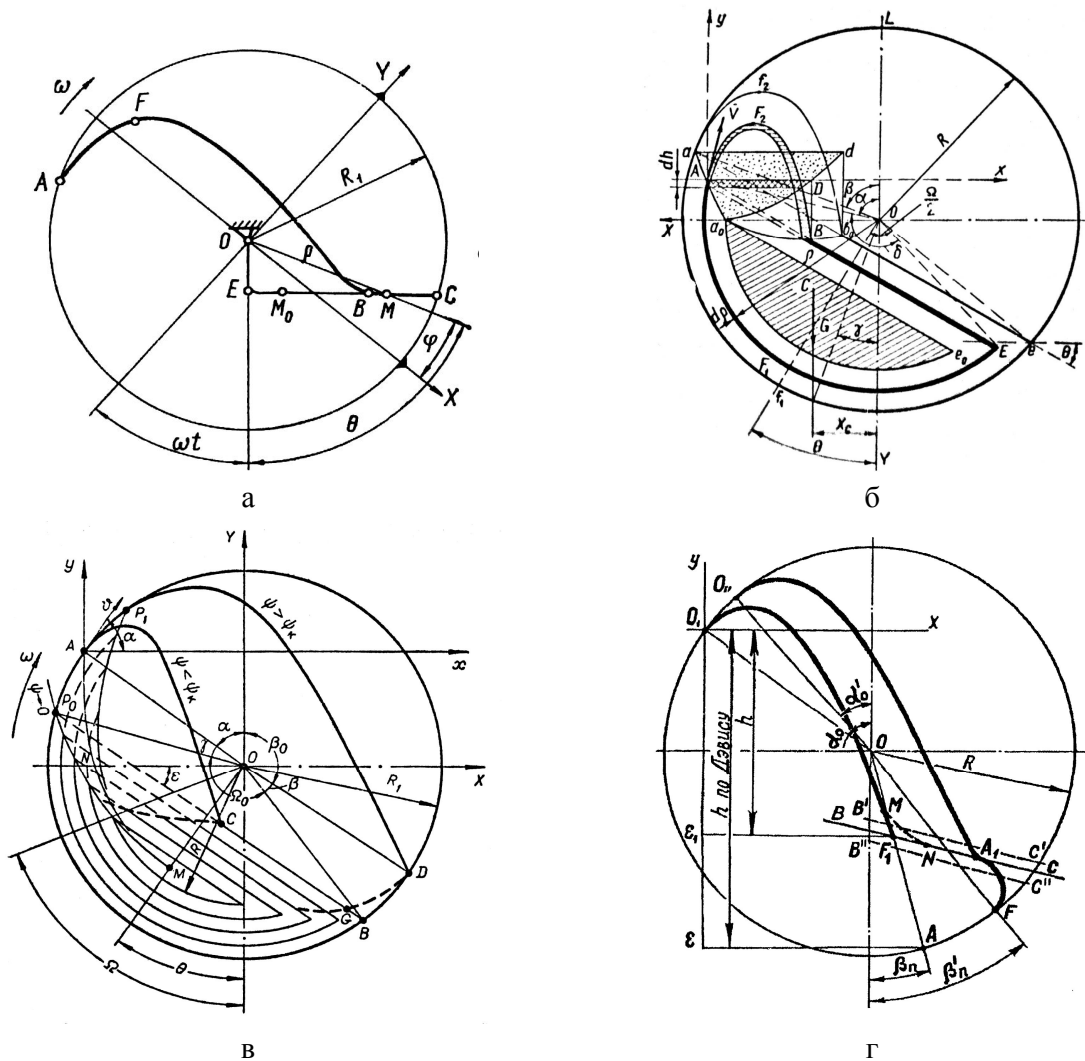


Рис. 1 – Схеми картин руху завантаження при змішаному режимі: а – за Маляровим П.В., б – за Юдахиним М.М., в – за Морозовим Є Ф., г – за Матією В.М.

Поведінка завантаження робочої камери барабана описується пластичною реологічною моделлю двовимірного руху зернистого середовища:

$$F_x - \frac{g}{\gamma} \left(\frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} \right) = \frac{\partial V_x}{\partial t} + V_x \frac{\partial V_x}{\partial x} + V_y \frac{\partial V_x}{\partial y};$$

$$F_y - \frac{g}{\gamma} \left(\frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial x} \right) = \frac{\partial V_y}{\partial t} + V_x \frac{\partial V_y}{\partial x} + V_y \frac{\partial V_y}{\partial y};$$

$$(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}^2 = (\sigma_x + \sigma_y + 2k \cdot ctg\varphi)^2 \sin^2 \varphi;$$

$$\frac{\partial V_x}{\partial x} + \frac{\partial V_y}{\partial y} = 0; \quad \frac{2\tau_{xy}}{\sigma_x - \sigma_y} = \frac{\frac{1}{2} \left(\frac{V_y}{V_x} - \frac{V_x}{V_y} \right) \pm \operatorname{tg} \varphi}{1 \mp \frac{1}{2} \left(\frac{V_y}{V_x} - \frac{V_x}{V_y} \right) \operatorname{tg} \varphi};$$

де x, y – координати; F_x, F_y – проекції масових сил; $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}=\tau_{yx}$ – компоненти тензора напружень; V_x, V_y – проекції вектора швидкостей; φ – кут внутрішнього тертя; k – коефіцієнт зчеплення; γ – об'ємна вага середовища; t – час; g – гравітаційне прискорення.

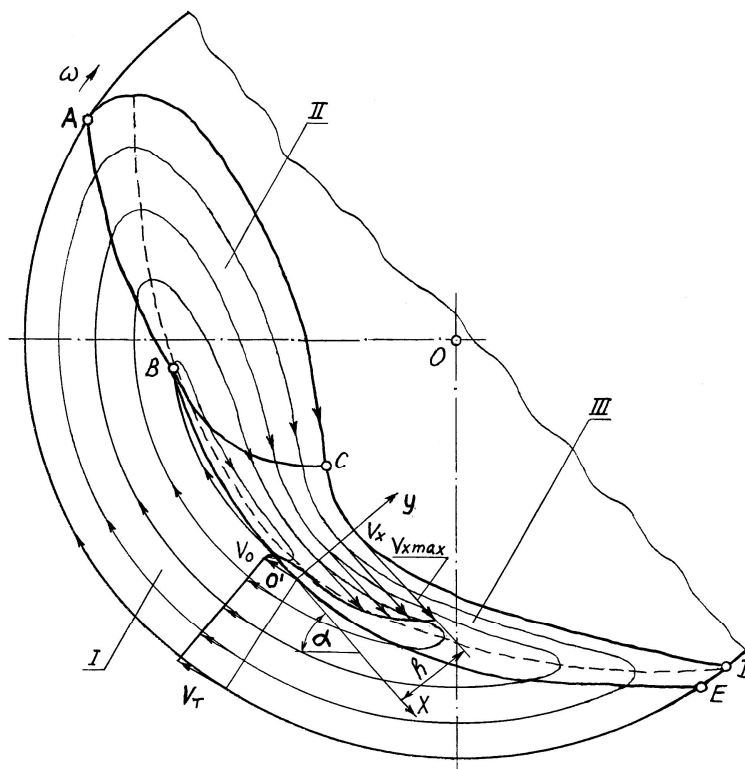


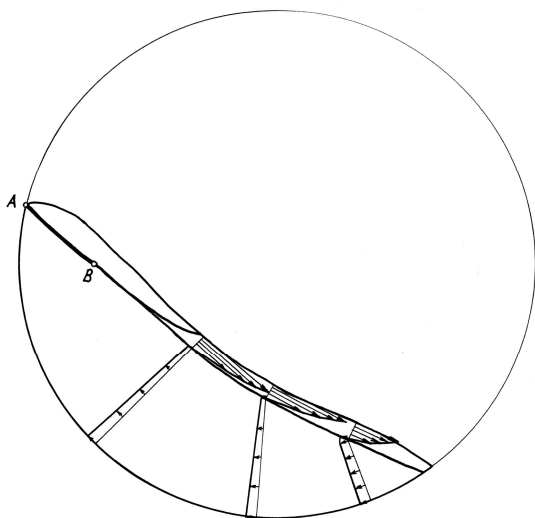
Рис. 2 – Схема трифазного режиму руху завантаження.

На основі розрахунку напружено-деформованого стану завантаження було розв'язано задачі про визначення поверхні ковзання при переході між першою та другою зонами та кінематичних параметрів руху зсувного шару в третій зоні [3].

Для чисельного визначення картин руху було застосовано аналітико-експериментальний метод, який полягав у розрахунку параметрів на основі одержаних аналітичних залежностей із урахуванням експериментальних даних.

Як приклад розрахунку на рис 3 – 7 наведено отримані розрахункові ка-

ртини руху завантаження із виділеними поверхнями переходу зон АВ та епюрами швидкостей у декількох перерізах зсувного шару і твердотільної зони та відповідні фотографії картини руху для п'яти випадків роботи млинів.

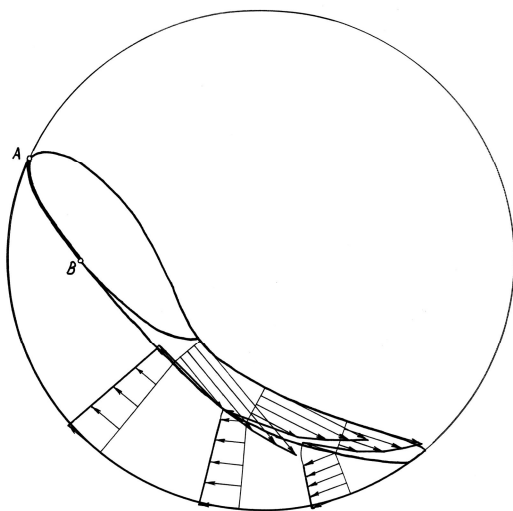


а



б

Рис. 3 – Розрахункова (а) та експериментальна (б) картини руху завантаження при $\psi_{\omega}=0,1$, $\kappa=0,25$, $d/D=0,0024$ та гладкій камері.



а



б

Рис. 4 – Розрахункова (а) та експериментальна (б) картини руху завантаження при $\psi_{\omega}=0,4$, $\kappa=0,3$, $d/D=0,01$ та гладкій камері.

Картини розташовано за зростанням відносної швидкості обертання ψ_{ω} та ступеня заповнення κ , при середньому діаметрі молотків d та діаметрі камери D .

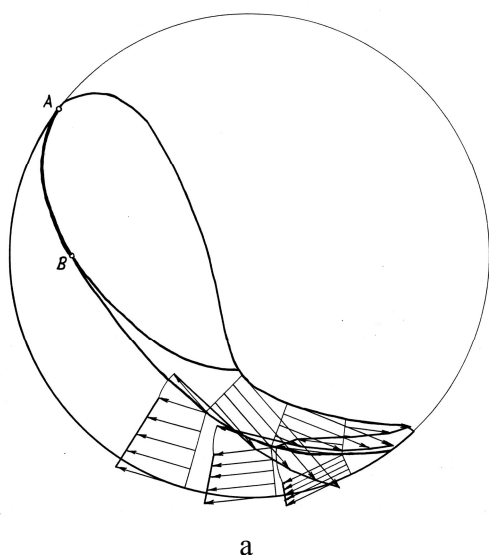


Рис. 5 – Розрахункова (а) та експериментальна (б) картини руху завантаження при $\psi_{\omega} = 0,75$, $\kappa = 0,35$, $d/D = 0,026$ та гладкій камері.

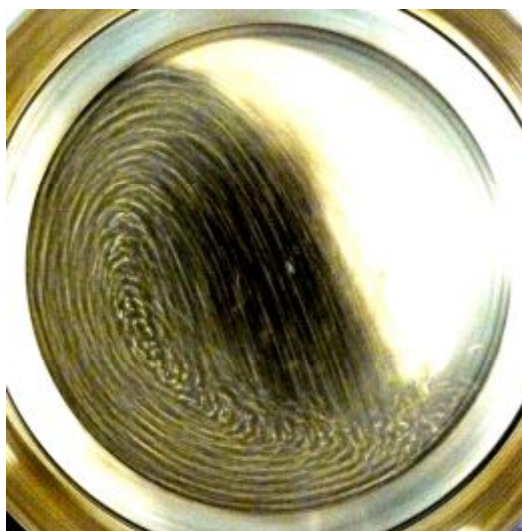
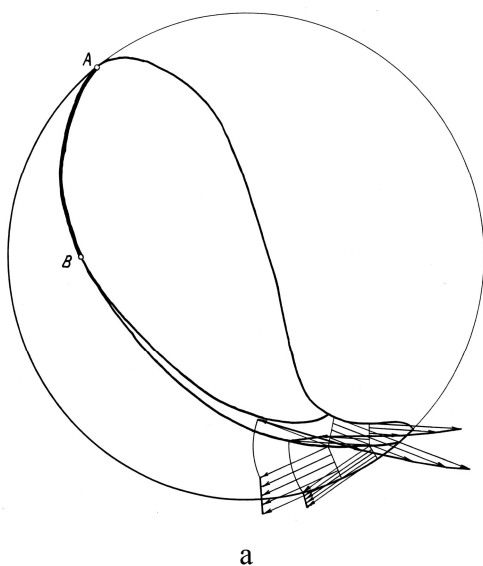
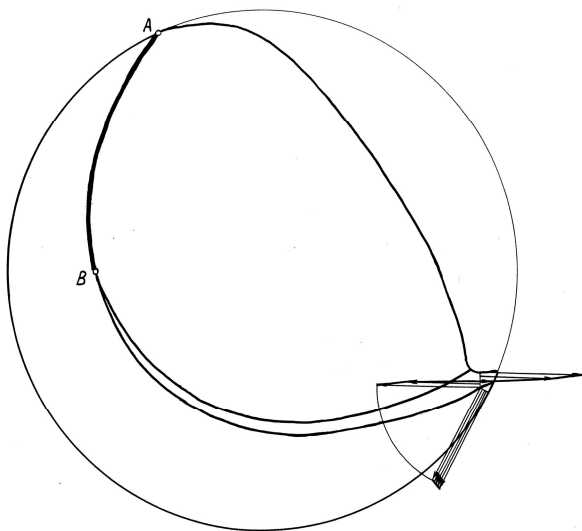


Рис. 6 – Розрахункова (а) та експериментальна (б) картини руху завантаження при $\psi_{\omega} = 0,9$, $\kappa = 0,4$, $d/D = 0,022$ та хвильовій камері.

Значення ординат епюр швидкості зсувного шару оцінювалось за величиною лінійної швидкості поверхні камери. Масштаб швидкості для всіх картин руху – однаковий.

Порівняння картин засвідчує близькість положення вільної поверхні та меж зон руху завантаження для розрахункових та експериментальних результатів.

На рис. 8 зображено положення поверхні зсування завантаження, отримані за допомогою розрахунку та експерименту для попередніх п'яти картин руху. Розбіжність результатів не перевищує 13 %.



а



б

Рис. 7 – Розрахункова (а) та експериментальна (б) картини руху завантаження при $\psi_\omega = 1,05$, $\kappa = 0,45$, $d/D = 0,0024$ та гладкій камері.

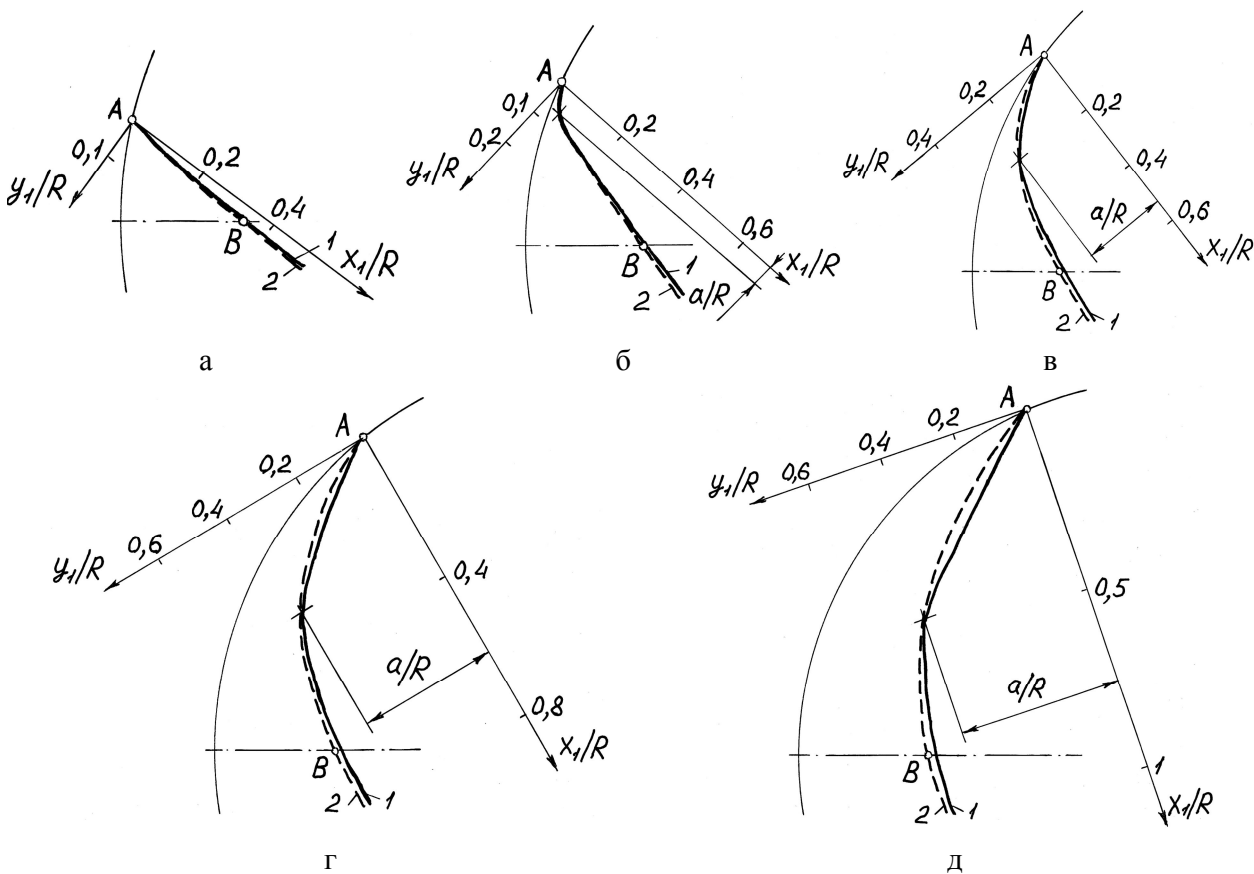


Рис. 8 – Положення поверхні зсування завантаження: 1 – розрахунок, 2 – експеримент; при $\psi_\omega = 0,1$, $\kappa = 0,25$, $d/D = 0,0024$ та гладкій камері (а); при $\psi_\omega = 0,4$, $\kappa = 0,3$, $d/D = 0,01$ та гладкій камері (б); при $\psi_\omega = 0,75$, $\kappa = 0,35$, $d/D = 0,026$ та гладкій камері (в); при $\psi_\omega = 0,9$, $\kappa = 0,4$, $d/D = 0,022$ та хвильовій камері (г); при $\psi_\omega = 1,05$, $\kappa = 0,45$, $d/D = 0,0024$ та гладкій камері (д).

На рис. 9 наведено розрахункові та експериментальні профілі швидкості зсувного шару для попередніх п'яти картин руху. Розбіжність між ними не перевищує 11 %.

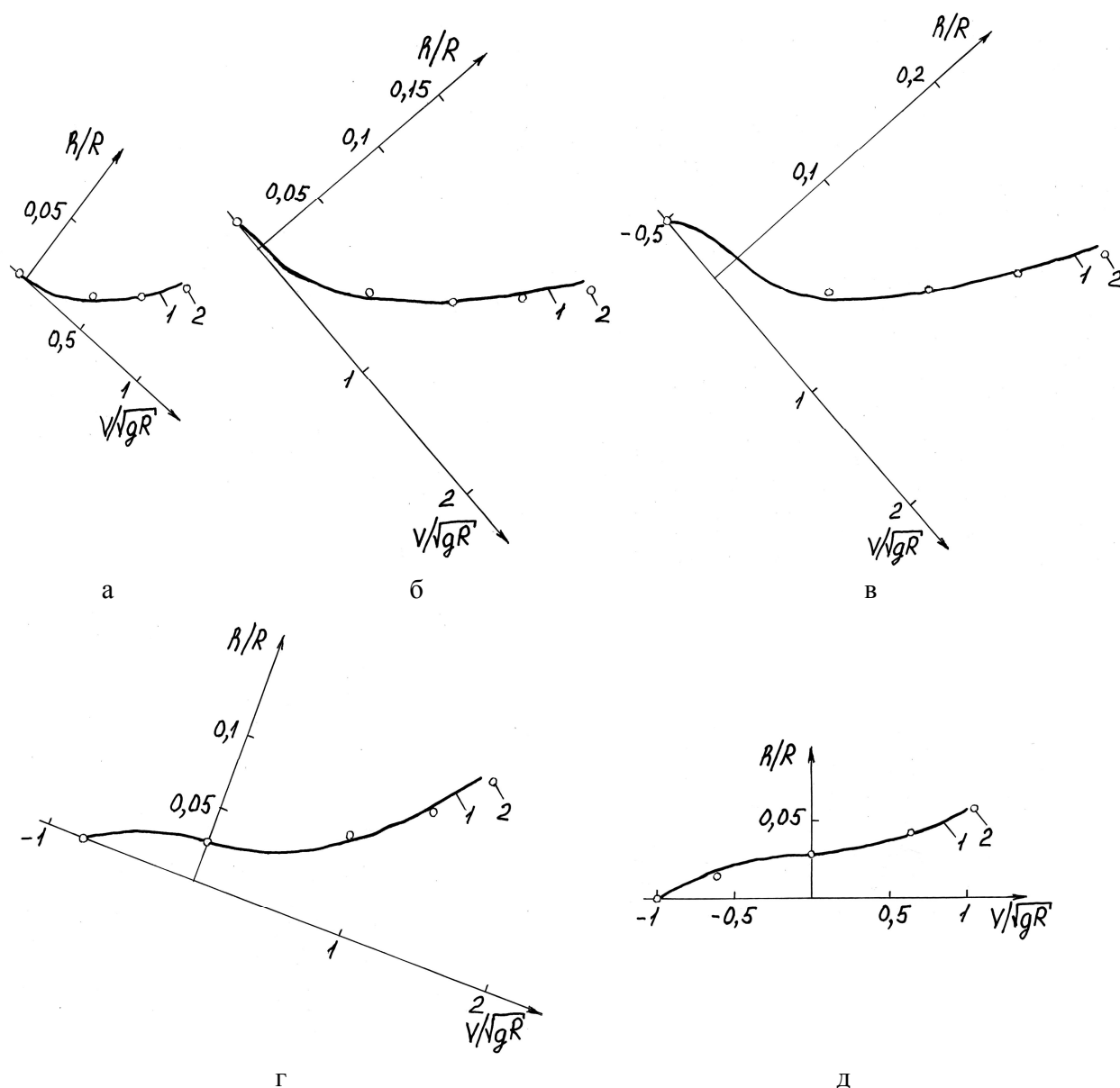


Рис. 9 – Профіль швидкості зсувного шару завантаження (позначення за рис. 7)

Таким чином, порівняльний візуальний аналіз картин руху завантаження, отриманих за допомогою розрахунку на основі трифазного режиму руху, демонструє хорошу збіжність із експериментальними даними. Розбіжність для положення поверхні зсування та профілю швидкості зсувного шару не перевищує 11 – 13 %.

Список літератури: 1. Андреев С.Е. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых / С.Е. Андреев, В.А. Перов, В.В. Зверевич. – М.: Недра, 1980. – 415 с. 2. Маляров П.В. О движении

внешнего слоя шаров при смешанном режиме работы барабанных мельниц / П.В. Маляров, В.Ф. Степурин // Обогащение руд. – 1979. – № 2 (142). – С. 29 – 32. 3. Науменко Ю.В. Основы теории режимів роботи барабаних млинів: монографія / Ю.В. Науменко. – Рівне: Видавництво СПД Зелент О.І., 2009. – 282 с.

References: 1. *Andreev S.E.* Crushing, grinding and screening of minerals shallow / *S.E. Andreev, V.A. Perov, V.V. Zverevich.* – М.: Nedra, 1980. – 415 p. 2. *Maljarov P.V.* On the motion of the outer layer of balls in mixed mode tumbling mills / *P.V. Maljarov, V.F. Stepurin* // *Obogashhenie rud.* – 1979. – № 2 (142). – P. 29 – 32. 3. *Naumenko Ju.V.* Basic theory of operating modes of tumbling mills: monograph / *Ju.V. Naumenko.* – Rivne: Vidavnictvo SPD Zelent O.I., 2009. – 282 p.

Надійшла до редколегії (Received by the editorial board) 30.03.14

УДК 621.926.5:539.215

Моделиювання трифазного режиму руху внутрішньокамерного завантаження барабанного млина / Ю.В. НАУМЕНКО // Вісник НТУ «ХПІ». – 2014. – № 27 (1070). – (Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія). – С. 45 – 52. – Бібліогр.: 3 назв. – ISSN 2079-0821.

В статье рассмотрена задача моделирования картин движения внутрикамерной загрузки барабанной мельницы. Применен аналитико-экспериментальный метод исследований. Визуализация полученных картин движения свидетельствует о хорошей сходимости результатов расчета с экспериментальными данными.

Ключевые слова: барабанная мельница, внутрикамерная загрузка, трехфазный режим движения, сдвиговый слой, поверхность скольжения, профиль скорости, картина движения, визуализация, моделирование.

UDC 621.926.5:539.215

The tumbling mill intrachamber filling three-phase flow simulation / Yu.V. NAUMENKO // Visnyk NTU «KhPI». – 2014. – № 27 (1070). – (Series: Khimiya, khimichna tekhnolohiya ta ecolohiya). – P. 45 – 52. – Bibliogr.: 3 names. – ISSN 2079-0821.

The paper considers the problem of tumbling mill intrachamber filling flow patterns simulation is considered. The analytical-experimental investigative techniques were used. The obtained flow patterns visualization corroborates a close relationship between the data were calculated and the experimental data.

Keywords: tumbling mill, intrachamber filling, three-phase flow, shifting layer, sliding surface, velocity profile, flow pattern, visualization, simulation.