

3. Пат. 73471 Україна, 7 С08В37/06, А23L1/0524. Спосіб одержання розділених на фракції пектинових продуктів / *Джой Доналд, US, Лужіо Гарі, US, Содерберг Йорген.* – 2000095566; Заявл. 29.11.1999; Опубл. 15.08.2005, Бюл.№8. – 28 с.
4. Пат. 19137 Україна, МПК С08В 37/06 (2006.01). Лінія виробництва пектинового екстракту / *Крапивницька І.О., Хачко В.І., Воїнова С.М., Омельчук Є.О., Федькін А.С.* – u200602565 ; Заявл. 09.03.2006 ; Опубл. 15.12.2006, Бюл. №12. – 4 с.
5. Пат. 30979 Україна, 6 С08В37/06. Установа для проведення гідролізу-екстрагування / *Крапивницька І. О., Гулий І. С., Мотченко О. П., Кушнір О.В.* – 98063344; Заявл. 26.06.1998 ; Опубл.15.12.2000, Бюл. № 7. – 3 с.
6. Пат. 47865 Україна, МПК(2009) С02F 1/36(2009.01), С 02F 1/48, А 61L 2/02. Пристрій для ультразвукової кавітаційної обробки рідинних середовищ у тонкому шарі в потоці / *Луговський О.Ф., Мовчанюк А.В., Берник І.М.* – u200909432 ; Заявл.14.09.2009 ; Опубл. 25.02.2010, Бюл.№4. – 6 с.
7. *Стабников В.Н.* Процессы и аппараты пищевых производств / *Стабников В.Н., Лысянский В.М., Попов В.Д.* – М.: Агропромиздат, 1985. – 503 с.
8. *Ткачов В.О.* Конспект лекцій дисципліни «Масопередача» (для студентів 3-4 курсів денної і заочної форм навчання напрямів 0926 – “Водні ресурси”, 6.060103 – “Гідротехніка (Водні ресурси) ” спеціальності 6.092600 – “Водопостачання та водовідведення) / *В.О. Ткачов, І.М. Чуб.* – Х.: ХНАМГ, 2010. – 83 с.

Приведенный аналитический обзор способов интенсификации гидролиза-экстрагирования растительного сырья для производства пектиносодержащих паст.

Пектин, протопектин, гидролиз, экстрагирования, экстрактор.

The resulted analytical review way intensification of hydrolysis-extraction of plant material to produce pastes containing pectin.

Pectin, protopektyn, hydrolysis, extraction, extractor.

УДК 621.752 (031)

АНАЛІЗ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ РУХУ ЗЕРНОВОЇ ЧАСТИНКИ ВПОДОВЖ ВІБРЮЮЧОГО ПОХИЛОГО РЕШЕТА

***В.С. Ловейкін, доктор технічних наук
Ю.В. Човнюк, кандидат технічних наук
В.П. Кулик, здобувач****

*Науковий керівник – доктор технічних наук В.С. Ловейкін

© В.С. Ловейкін, Ю.В. Човнюк, В.П. Кулик, 2012

У роботі проведений всебічний динамічний аналіз та оптимізація режимів руху зернової частинки вповдовж вібруючого похилого решета, яке здійснює поступальні гармонічні коливання паралельно площині найбільшого скочування.

Аналіз, оптимізація, режими руху, зернова частинка, вібруюче похиле решето, скочування.

Постановка проблеми. Закономірності руху зернової частинки, яка ідеалізується у вигляді матеріальної точки, вповдовж вібруючого шорсткого решета представляють самосійний інтерес для теорії вібротранспортування й вібросепарації окремих тіл малих розмірів зернових матеріалів. Ці закономірності цікаві для теорії багатьох складних процесів, наприклад, вібраційного розділення сипучих сумішей, вібротранспортування і сепарації твердих чи пружних тіл скінчених розмірів, а також для прошарку сипучого матеріалу та ін. Диференціальні рівняння руху зернової частинки вповдовж вібруючого шорсткого решета грають у теорії вказаних процесів майже таку ж фундаментальну роль, що і рівняння руху маятника у загальній теорії коливань

Розгляданому колу питань присвячена велика кількість наукової і патентної літератури. Проте питання оптимізації руху зернових частинок вповдовж вібруючого похилого шорсткого решета, яке здійснює поступальні гармонічні коливання паралельно площині найбільшого скочування, висвітлені у літературі недостатньо.

Аналіз останніх досліджень. Рух зернової частинки вповдовж вібруючого шорсткого решета розглянуті у роботах [1–7]. Результати, наведені у цитованих роботах, відносяться до випадку, коли вібруюче решето є плоским і здійснює поступальні коливання, а поле заданих сил, які діють на частинку, однорідне і, зокрема, представляє собою поле сили тяжіння. На думку авторів даної роботи, необхідно детально дослідити на основі отриманих диференціальних рівнянь руху у вказаних вище роботах оптимальні (щодо мінімальної девіації швидкості) режими переміщення частинок вповдовж похилого плоского решета, яке здійснює поступальні прямолінійні гармонічні коливання паралельно площині найбільшого скочування. (Під площиною найбільшого скочування розумітимемо вертикальну площину, перпендикулярну до похилого вібруючого плоского решета, а під лінією найбільшого скочування — лінію перетину площини найбільшого скочування з вібруючим решетом).

Мета досліджень полягає у встановленні на основі всебічного динамічного аналізу основних закономірностей руху (та його основних кінематичних параметрів) зернової частинки вповдовж вібруючого шорсткого решета, яке здійснює поступальні прямолінійні

гармонічні коливання паралельно площині найбільшого скочування, а також оптимізації вказаного руху (у сенсі мінімізації можливих (небажаних) коливань швидкості).

Результати досліджень. 1. Основні припущення та диференціальні рівняння руху зернової частинки. Диференціальні рівняння відносного руху зернової частинки у осях xOy , жорстко зв'язаних з вібруючим решетом, у розглядуваному випадку мають вид (вісь Ox спрямована вдовж, а вісь Oy – поперек площині; рис. 1):

$$\begin{cases} m\ddot{x} = mA\omega^2 \cdot \cos\beta \sin\omega t - mg \sin\alpha + F; & (1) \\ m\ddot{y} = mA\omega^2 \cdot \sin\beta \sin\omega t - mg \cos\alpha + N. & (2) \end{cases}$$

тут m – маса зернової частинки; A та ω – відповідно амплітуда й частота коливань решета; β – кут нахилу траєкторії коливань відносно решета (кут вібрації); α – кут нахилу решета до горизонту; g – прискорення вільного падіння ($g = 9,81 \text{ м/с}^2$); N – нормальна реакція; F – сила опору руху зернової частинки, котру будемо вважати силою сухого тертя (кулонового тертя); умови, коли необхідно враховувати також і силу в'язкого тертя, наведено у [7].

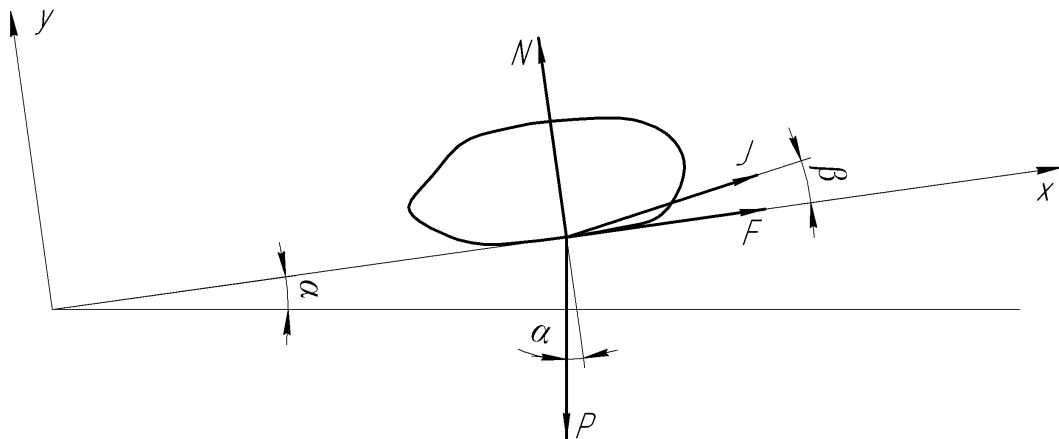


Рис. 1. Зернова частинка на похилому решеті, яка здійснює прямолінійні гармонічні коливання паралельно площині найбільшого скочування.

При русі зернової частинки вдовж вібруючого решета ($y \equiv 0$)

$$F = \begin{cases} -f \cdot N & \text{при } \dot{x} > 0; \\ f \cdot N & \text{при } \dot{x} < 0, \end{cases} \quad (3)$$

де f – коефіцієнт тертя ковзання, а нормальна реакція визначається з (2):

$$N = N(t) = mg \cos\alpha - mA\omega^2 \cdot \sin\beta \cdot \sin\omega t. \quad (4)$$

Зернова частинка може рухатись без відриву від решета ("без

підкидання”), якщо $N(t) > 0$, тобто

$$W = \frac{A\omega^2}{g} \cdot \frac{\sin \beta}{\cos \alpha} \leq 1. \quad (5)$$

При $\beta = 0$ нерівність (5) задовольняється автоматично.

Параметр W , який дорівнює відношенню амплітуди поперечної складової переносної сили інерції $I = mA\omega^2 \sin \beta$ до поперечної складової сили тяжіння $mg \cos \alpha$, вважатимемо параметром перевантаження [7].

При відносному спокої зернової частинки на поверхні ($\dot{x} \equiv 0, y \equiv 0$) сила сухого тертя $F = F^{(0)}$ не визначається з (3), а знаходиться з (1): $F^{(0)} = F^{(0)}(t) = mg \cdot \sin \alpha - mA\omega^2 \cdot \cos \beta \cdot \sin \omega t$.

Стан відносного спокою при цьому зберігається до тих пір, поки виконується умова:

$$-f \cdot N(t) < F^{(0)}(t) < f_1 \cdot N(t), \quad (6)$$

де f_1 – коефіцієнт тертя спокою; зазвичай $f_1 \geq f$.

Рівняння ковзання зернової частинки по решету ($y \equiv 0$) отримуємо з (1) при врахуванні (3) та (4):

$$\ddot{x} = -g \cdot \frac{\sin(\alpha \pm \rho)}{\cos \rho} + A\omega^2 \cdot \frac{\cos(\beta \mp \rho)}{\cos \rho} \cdot \sin \omega t, \quad (7)$$

де $\rho = \arctg f$ – кут тертя ковзання; верхні знаки відповідають ковзанню зернової частини вперед ($\dot{x} > 0$), а нижні – назад ($\dot{x} < 0$).

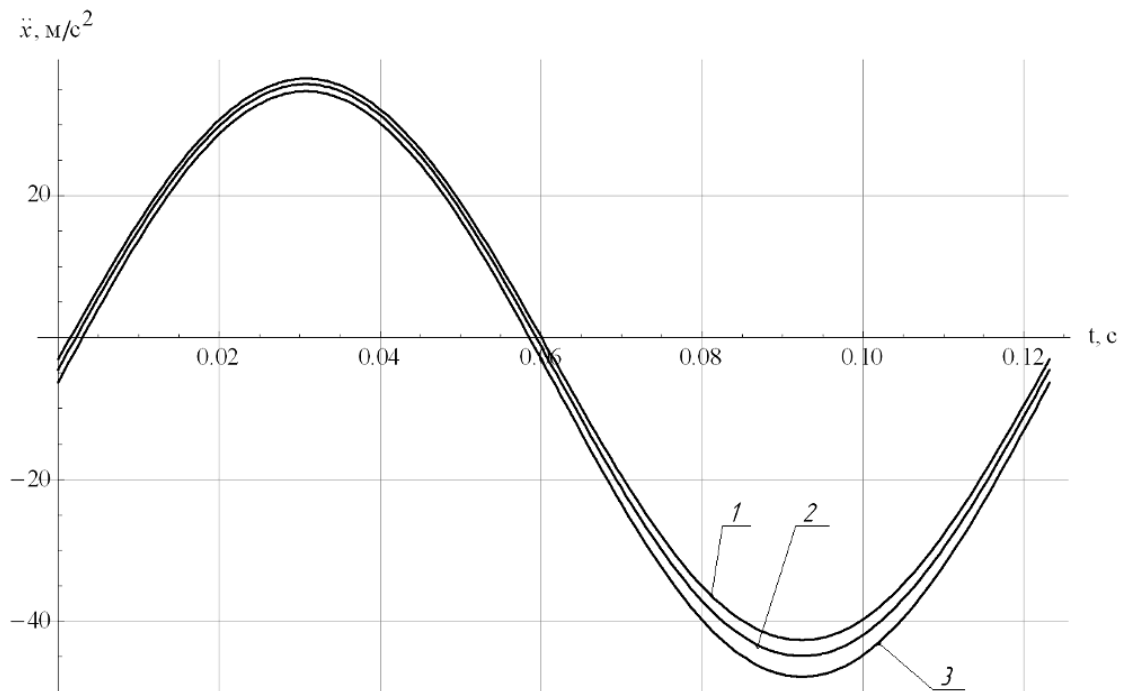


Рис. 2. Графік прискорення зернової частинки гороху – 1, овса – 2 та гречки – 3 на похилому решеті, при їх ковзанні вперед ($\dot{x} > 0$).

На рис. 2 зображено графік прискорення зернової частинки гороху, овса, та гречки на похилому решеті при їх ковзанні вперед, за таких умов: кут нахилу решета $\alpha = 8^\circ$; частота коливань $\omega = 51 \text{ c}^{-1}$; радіус кривошипа $r = 0,5A = 0,0075 \text{ м}$; довжина шатуна $l = 0,465 \text{ м}$; коефіцієнт тертя ковзання гороху $f = 0,175$, овса $f = 0,322$, гречки $f = 0,511$ по решету (сталі).

2. *Методи розв'язку задачі.* З математичної точки зору розглядувана задача зводиться до вивчення розв'язків нелінійних диференціальних рівнянь, котрі у кожній з певних (визначених) частин фазового простору є лінійним, однак мають у кожній такій частині різну аналітичну форму запису, і навіть різний порядок [див. (1) та (2) при $F \equiv N \equiv 0$ й рівняння (7)]. Аналітичний розв'язок подібної задачі може бути виконаний точними методами – так званим зворотним методом [2], а також методами поетапного інвертування, припасовування, точкових відображень.

Нас у подальшому будуть цікавити лише усталені режими руху зернової частинки вниз (вподовж похилої площини) без підкидання [1,2,8]. Рух зернової частинки без відриву від вібруючого решета може мати місце при виконанні умови (5), тобто при умові, що параметр перевантаження $W \leq 1$.

Умови існування та стійкості всіх можливих усталених режимів руху частинки при відсутності підкидання подані у [7]. Ці умови виражаються через чотири безрозмірних параметри:

$$Z'_{1\pm} = \frac{g}{A\omega^2} \cdot \frac{\sin(\alpha \pm \rho_1)}{|\cos(\beta \mp \rho_1)|}, \quad Z'_{\pm} = \frac{g}{A\omega^2} \cdot \frac{\sin(\alpha \pm \rho)}{|\cos(\beta \mp \rho)|} \quad (8)$$

де ($\rho_1 = \arctg f_1$ та $\rho = \arctg f$ – відповідно кути тертя спокою та ковзання), поряд з котрими використовуються також параметри δ_{1+} , δ_+ , пов'язані з $Z'_{1\pm}$ та Z'_{\pm} співвідношеннями

$$\delta_{1+} = \arcsin Z'_{1+}; \quad \delta_+ = \arcsin Z'_+. \quad (9)$$

У вказаній таблиці 1 [7] розглянемо регулярний режим 4А, який зводиться до наступної формули (усталеного) режиму:

1) починаючи з моменту, який відповідає значенню фазового кута від $\omega t_1 = \varphi_{0+} = \delta_{1+}$ до $\omega t_2 = \varphi_{+0} = f(\delta_+, \delta_{1+})$ зернова частинка знаходиться у русі, а саме ковзає вниз (вперед) вподовж похилого решета; тут $f(\delta_+, \delta_{1+})$ визначається з розв'язку наступного трансцендентного рівняння:

$$\cos\{f(\delta_+, \delta_{1+})\} = \cos(\delta_{1+}) - [f(\delta_+, \delta_{1+}) - \delta_{1+}] \cdot \sin(\delta_+); \quad (10)$$

2) при $\omega t_2 = \varphi_{+0} = f(\delta_+, \delta_{1+})$ має місце відносний спокій до моменту $\omega t_3 = \varphi_{0+} + 2\pi = \delta_{1+} + \pi$;

3) при $\omega t_3 = \varphi_{0+} + 2\pi = \delta_{1+} + \pi$ знову починається ковзання

зернової частинки вниз (вперед) вповодж похилого решета до зупинки (настання моменту відносного спокою зернової частинки на решеті).

Період перемикань такого режиму руху складає:

$$T_{\Pi} = \frac{2\pi}{\omega}. \quad (11)$$

Необхідний та достатніми умовами існування та стійкості такого усталеного режиму є:

$$A) \begin{cases} Z'_{1+} < 1; \\ Z'_{1-} \leq -1 \end{cases} \quad \psi(\delta_+, \delta_{1+}, \pi + \delta_+) < 0, \quad (12)$$

де

$$\begin{aligned} \psi(\delta_+, \delta_{1+}, \pi + \delta_+) &= \cos(\delta_{1+}) + \cos(\pi + \delta_+) - (\pi + \pi + \delta_+ - \delta_{1+}) \cdot \sin(\delta_+) = \\ &= \cos(\delta_{1+}) - \cos(\delta_+) - (2\pi + \delta_+ - \delta_{1+}) \cdot \sin(\delta_+); \end{aligned} \quad (13)$$

$$B) \begin{cases} Z'_{1+} < 1; \\ Z'_{1-} > -1; \end{cases} \quad \begin{cases} \psi(\delta_+, \delta_{1+}, \pi - \gamma_{1-}) \geq 0; \\ \psi(\delta_+, \delta_{1-}, \pi + \delta_+) < 0, \end{cases} \quad (14)$$

де

$$\psi(\delta_+, \delta_{1+}, \pi - \gamma_{1-}) = \cos(\delta_{1+}) - \cos(\gamma_{1-}) - (2\pi - \gamma_{1-} - \delta_{1+}) \cdot \sin(\delta_+), \quad (15)$$

$$\gamma_{1-} = -\arcsin(Z'_{1-}), \quad (16)$$

а

$$\psi(\delta_+, \delta_{1-}, \pi + \delta_+) = \cos(\delta_{1-}) - \cos(\delta_+) - (2\pi + \delta_+ - \delta_{1-}) \cdot \sin(\delta_+). \quad (17)$$

Середня швидкість руху V , яка для відносно невеликих кутів нахилу решета до горизонту α ($0 < \alpha < \rho$) може бути названою швидкістю вібротранспортування або вібропереміщення, має наступний аналітичний вигляд (запис):

$$V = \frac{A\omega}{\pi \cdot \cos \rho} \cdot \cos(\beta - \rho) \cdot f(\delta_+, \delta_{1+}). \quad (18)$$

При $\beta = 0$ вираз (18) спрощується:

$$V = \frac{A\omega}{\pi \cdot \cos \rho} \cdot f(\delta_+, \delta_{1+}) \quad (19)$$

Слід зазначити, що вказаний усталений режим руху зернової частинки асимптотично стійкий у “великому” в усій області свого існування, яка визначається нерівностями (12)–(14).

3. Якісний характер залежності середньої швидкості руху частинки від параметрів. Із міркувань подібності з’ясувати вказаний характер залежності можна, подаючи цю залежність у наступній формі:

$$V = A\omega\phi \cdot \left(\frac{A\omega^2}{g}, \alpha, \beta, f_1, f \right), \quad (20)$$

де ϕ – деяка безрозмірна функція п'яти безрозмірних параметрів.

Наведені вище формули для V (18),(19), зрозуміло, можуть бути записані у вигляді (20). Розгляд цих формул дозволяє прийти до певних висновків.

1. За незмінної амплітуди прискорення $A\omega^2$, кутів α та β і коефіцієнтів f_1, f модуль середньої швидкості руху зернової частинки V прямо пропорціональний амплітуді швидкості коливань $A\omega$ або обернено пропорціональний частоті коливань ω . Таким чином, заданий рівень прискорення коливань решета доцільно забезпечувати шляхом вибору найбільшого можливого значення амплітуди коливань чи найменшої припустимої частоти коливань. Цей висновок є справедливим для всіх процесів вібраційного переміщення, у яких середня швидкість руху може залежати тільки від трьох розмірних параметрів: A, ω, g .

2. При незмінних амплітуді швидкості коливань $A\omega$ й параметрах α, β, f_1, f збільшення амплітуди прискорення $A\omega^2$ призводить, як правило, до зростання модуля середньої швидкості руху зернової частинки. Інтенсивність цього зростання залежить від вибору фіксованих параметрів. Звідси випливає (з тими ж обмеженнями), що при постійній частоті коливань ω й незмінних тих самих параметрах модуль середньої швидкості V зростає зі змінною амплітуди коливань A швидше, ніж за лінійним законом. При постійній амплітуді коливань A й незмінних вказаних параметрах модуль середньої швидкості зростає зі змінною частоті коливань ω швидше, ніж за лінійним законом; при цьому збільшення частоти ω за незмінної амплітуди A призводить до більшого зростання швидкості, ніж аналогічне збільшення амплітуди A за незмінної частоти ω .

3. При постійній частоті ω і амплітуді A коливань, а також при незмінних параметрах α, f_1, f залежність середньої швидкості V від кута вібрації β має, як правило, один яскраво виражений максимум. Це випливає з безперервності функції $V = V(\beta)$ і того, що V перетворюється у нуль або стає від'ємною при поздовжніх коливаннях поверхні ($\beta = 0$) й при поперечних коливаннях ($\beta = \pi/2$).

4. Зі збільшенням кута α за незмінних параметрів A, ω, β, f_1, f середня швидкість руху зернової частинки V зменшується; якщо при $\alpha = 0$ швидкість була додатньою, то при деякому значенні кута $\alpha = \alpha_0 > 0$ вона перетворюється у нуль ($\alpha_0 \approx \arctg(f^2 \cdot \tg\beta), \alpha < \rho$)

4. Вибір оптимальних параметрів коливань. Оптимальний

вибір параметрів коливань решета суттєво залежить як від прийнятого критерію оптимізації, так і від накладених обмежень [7]. Нижче наведені результати, які відносяться до типових постановок задачі.

Зокрема, забезпечення найбільшої середньої швидкості при відсутності підкидання є суттєвим для проектування решітної частини зерноочисних машин, призначених для сепарації зернових матеріалів. При цьому заданими зазвичай є кут нахилу плоскої поверхні α , коефіцієнт тертя f_1 та f й або частина ω , або ж амплітуда коливань A , а визначити слід кут вібрації β й відповідно або амплітуда, або частота вібрації.

Згідно [7], за інших однакових умов вигідніше забезпечити необхідний рівень прискорення $(A\omega^2)_{opt}$ вибором якомога більшої амплітуди A .

Розглянемо нижче випадок з наступними даними:

$$0 < \alpha < \min(\arctg f; \arctg f_1); \quad \beta = 0; \quad f_1 \geq f; \quad y \equiv 0; \quad \dot{x} > 0.$$

Тоді інтегрування рівняння (7) один раз по часу t за початкових умов $\dot{x}|_{t=0} = 0$ дає:

$$\dot{x}(t) = 2 \cdot A \omega \cdot \sin^2\left(\frac{\omega t}{2}\right) - g \cdot \frac{\sin(2 + \rho)}{\cos \rho} \cdot t, \quad \rho = \arctg f, \quad (21)$$

а середнє значення швидкості вібротранспортування (вібропереміщення) \bar{V} набуває вигляду:

$$\bar{V} = \frac{1}{nT} \int_0^{nT} \dot{x}(t) dt = \frac{1}{n \cdot \left(\frac{2 \cdot \pi}{\omega}\right)} \cdot \int_0^{\frac{n \cdot 2\pi}{\omega}} \dot{x}(t) dt = \frac{\omega}{2\pi n} \cdot \left\{ A \omega \cdot \frac{2\pi}{\omega} \cdot n - g \cdot \frac{\sin(t + \rho)}{\cos \rho} \times \right. \quad (22)$$

$$\left. \frac{4\pi^2 \cdot n^2}{\omega^2} \cdot \frac{1}{2} \right\} = \frac{\omega}{2\pi n} \cdot \left\{ A \cdot 2\pi n - g \frac{\sin(\alpha + \rho)}{\cos \rho} \cdot \frac{4\pi^2 n^2}{\omega^2} \cdot \frac{1}{2} \right\} = \omega \cdot A - g \frac{\sin(\alpha + \rho)}{\omega \cos \rho} \cdot \pi n.$$

На рис. 3 зображено графік переміщення зернової частинки гороху, овса, та гречки на похилому решеті при їх ковзанні вперед за умов наведених вище.

Для того, щоб $\bar{V} > 0$ протягом $n \cdot T$ – часу слід виконати умову:

$$\frac{A \cdot \omega}{g} > \frac{\sin(\alpha + \rho)}{\cos \rho} \cdot \pi n. \quad (23)$$

За заданої величини $A = const$ частота ω повинна задовольняти умову:

$$\omega > \sqrt{\frac{g \cdot \sin(\alpha + \rho)}{A \cdot \cos \rho} \cdot \pi n}; \quad \omega > \omega^* = \sqrt{\frac{g \cdot \sin(\alpha + \rho)}{A \cdot \cos \rho} \cdot \pi n}. \quad (24)$$

За заданої величини $\omega = const$ (частота постійна) A повинна задовольняти умову:

$$A > \frac{g}{\omega^2} \cdot \frac{\sin(\alpha + \rho)}{\cos \rho} \cdot \pi n. \quad (25)$$

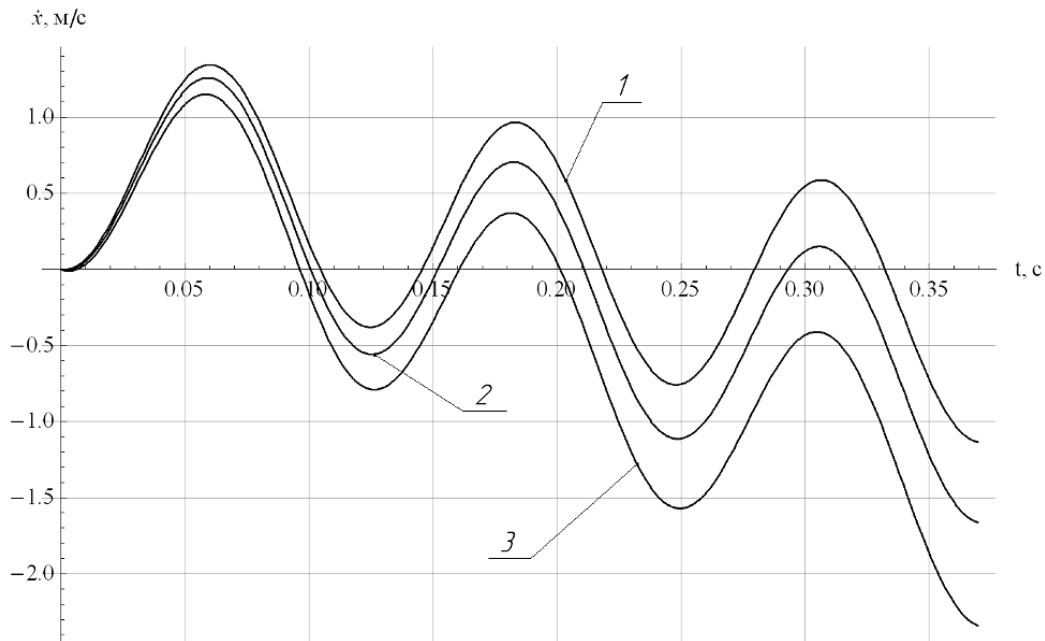


Рис. 3. Графік переміщення зернової частинки гороху – 1, овса – 2 та гречки – 3 на похилому решеті.

Величину n можна обрати з наступних міркувань:

$$n = \left[\frac{L}{\bar{V} \cdot \left(\frac{2\pi}{\omega}\right)} \right] + 1. \quad (26)$$

У вигляді (26) дужки $[]$ означають цілу частину числа, яке стоїть всередині дужок, L – довжина (шлях), яку проходить частинка при її вібротранспортуванні (вібропереміщенні).

Висновки

1. Проведений всебічний динамічний аналіз та оптимізація режимів руху зернової частинки вповодж вібруючого похилого решета, яке здійснює поступальні гармонічні коливання паралельно площині найбільшого скочування.

2. Встановлені основні кінематичні параметри руху зернової частинки, за яких остання рухається тільки вниз вповодж вказаного вище вібруючого похилого решета ($\dot{x} > 0$), для різних значень A, f, α та n .

3. Отримані у роботі результати можуть у подальшому слугувати для уточнення і вдосконалення інженерних методів розрахунку вібросепаруючих та вібротранспортуючих систем.

Список літератури

1. Блехман И.И. Исследования процесса вибросепарации вибротранспортовки. / И.И. Блехман // Инженерный сборник. – 1952. – Т. XI. – С. 35–78.
2. Блехман И.И. Вибрационное перемещение / И.И. Блехман, Г.Ю. Джанелидзе. – М.: Наука, 1964. – 410 с.
3. Брусин В.А. К теории вибротранспортовки / В.А. Брусин // Изв. вузов. Радиофизика. – 1960. – Т. III. – Вып. 3. – С. 467–477.
4. Василенко П.М. Теория движения частиц по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин / П.М. Василенко. – К.: Издательство Академии сельскохозяйственных наук УССР. – 1960. – С. 283.
5. Заика П.М. Теория движения частиц / П.М. Заика. – М. Машиностроения, 1967. – 144 с.
6. Нагаев Р.Ф. Периодические режимы вибрационного перемещения / Р.Ф. Нагаев. – М. – Наука, 1978. – 160 с.
7. Вибрации в технике : Справочник. В 6-ти томах – Т.4. Вибрационные процессы и машины / Под ред. Э.Э. Лавендела. – М.: Машиностроение, 1981. – 509 с.
8. Блехман И.И. нелинейные задачи теории вибротранспорта и вибросепарации / И.И. Блехман, Г.Ю. Джанелидзе // Труды международного симпозиума по нелинейным колебаниям, АН УССР. – 1963. – Т. III. – С. 41–71.

В работе проведенный всесторонний динамический анализ и оптимизация режимов движения зерновой частички вдоль вибрирующего наклонного решета, которое осуществляет поступательные гармоничные колебания параллельно плоскости самого большого скатывания.

Анализ, оптимизация, режимы движения, зерновая частичка, вибрирующее наклонное решето, скатывание.

In paper carried out comprehensive dynamic analysis and optimisation of regimes of traffic of grain part along vibrating advanced deck which carries out forward harmonious oscillations in parallel plane of biggest rolled.

Analysis, optimisation, traffic regimes, grain part, vibrating advanced deck, rolled.

УДК 631.01(091)

ЗАРОДЖЕННЯ МАШИННО-ТРАКТОРНИХ СТАНЦІЙ В УКРАЇНІ

О.П. Деркач, кандидат історичних наук

У статті розкрито зародження машинно-тракторних станцій на теренах України на початку ХХ ст.

Машинно-тракторні станції, трактори, механізація, сільськогосподарські машини.

© О.П. Деркач, 2012