

## ЗАПОБІГАННЯ ЗАКЛИНЮВАННЮ ОДИНИЦЬ СИПКОЇ МАСИ ПРОДУКТУ В РЕШЕТІ ВІБРАЦІЙНОЇ КАЛІБРУВАЛЬНОЇ МАШИНИ

Фалько О.Л., канд. техн. наук, доцент  
Донецький національний університет економіки й торгівлі  
імені Михайла Туган-Барановського

*Обґрунтовується доцільність застосування відбивної поверхні у вібраційних калібрувальних машинах, робочим органом яких є пруткове решето, з метою запобігання заклинювання плодів між прутами решета в процесі роботи машини.*

*The expediency of application of a reflecting surface in vibrating calibration the machines which working body is the sieve from rods, for the purpose of prevention of jamming of fruits between rods a sieve in the course of machine work is proved.*

**Ключові слова:** відбивна поверхня, вібропереміщення, вібротранспортування.

Сортувальні гірки не гарантують продуктивної, безперебійної й якісної роботи через можливість заклинювання продукту при малому нахилі робочого органу, а при значному нахилі робочого органу можливий неупорядкований рух одиниць продукту із проскакуванням до інших фракцій і ушкодженням [1, 2]. Конструкції тросових, валкових, шнекових калібрувальних машин і т.д. складні, енергоємні й більш дорогі [1, 2, 3]. Порівняно дешевий, досить якісний і продуктивний спосіб калібрування сипучих харчових мас – це калібрування при вібротранспортуванні продукту по решету [3, 4, 5]. Основною проблемою вібраційного калібрування на прутковому решеті є можливість заклинювання продукту. Проблема заклинювання плода між прутів вирішується у теперішній час за рахунок різних очисних пристроїв і механізмів для решіт сучасних калібрувальних машин [2,4]. Автор роботи пропонує інший, більш дешевший спосіб рішення даної проблеми. А саме, введення у конструкцію машин відбивної поверхні, яка покрита знизу тонким шаром гуми і встановлюється паралельно до решета на певній висоті над ним.

**Ціль даної статті:** теоретично обґрунтувати введення в конструкцію вібраційної калібрувальної машини відбивної поверхні.

Введення в конструкцію відбивної поверхні дозволяє знизити кінетичну енергію (швидкість) плода у момент падіння на решето. Якщо знизити швидкість падіння продукту на решето, то не зможе відбутися заклинювання настільки жорстке, як у випадку з більшою швидкістю (без відбивної пластини). Тоді в наступному періоді коливань сила інерції у момент відриву продукту від решета буде цілком достатня, щоб вирвати плід з нього. Для цього швидкість падіння плода на решето завжди повинна бути меншою за швидкість відриву плода в момент початку польоту, чому сприятиме наявність відбивної пластини.

Розглянемо рух одиниці сипкої маси, як рух матеріальної точки, що наділена властивостями шару продукту. Пов'яжемо рухому систему ХОУ з калібрувальним решетом, яке коливається (рисунок 1), на правивши вісь Х уздовж горизонтальної поверхні решета по напрямку вібропереміщення шару плодів, а вісь Y вертикально нагору. Рух рухомої системи ХОУ разом з решетом будемо розглядати в нерухомій системі координат  $\xi O_1 \tau$ .

Виходячи зі схеми сил рисунка 1, на матеріальну точку діє сила ваги G, сила тертя  $F_{тр}$ , сила нормальної реакції з боку калібрувального решета N, сила інерції  $I = mA\omega^2 \sin(\alpha)$  (де m – маса матеріальної точки, кг, A і  $\omega$  – амплітуда і частота коливань робочого органу,  $\beta$  – кут спрямованості коливань робочого органу).

Складемо рівняння сил, що діють на матеріальну точку уздовж осі Y, коли вона перебуває на решеті:

$$m\ddot{y} = I \sin \beta + N - G = mA\omega^2 \sin(\alpha) \sin \beta + N - mg \quad (1)$$

Використовуючи вираз (1) одержимо диференціальне рівняння руху уздовж осі Y:

$$\ddot{y} = A\omega^2 \sin(\alpha) \sin \beta - g + \frac{N}{m} \quad (2)$$

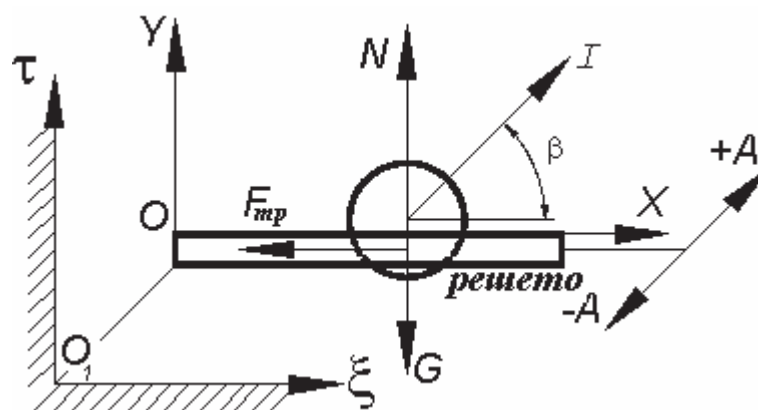


Рис. 1 – Сили, що діють на матеріальну точку

Нормальна реакція  $N$  існує тільки тоді, коли шар продукту перебуває на решеті, тобто під час, коли рух продукту уздовж осі  $Y$  не здійснюється, тобто до моменту початку польоту, коли  $\ddot{y} = 0, \dot{y} = 0, y = 0$ . Тому для знаходження  $N$ , рівняння (2) дорівнюємо до нуля і одержимо наступний вираз:

$$\frac{N}{m} = g - A\omega^2 \sin(\alpha t) \sin \beta \quad (3)$$

Можемо знайти момент кінця етапу ковзання й початку етапу польоту, він же момент відриву матеріальної точки від решета  $t_{\text{отр}}$ , прийнявши умову  $N=0$  при  $t=t_{\text{отр}}$ . одержимо з виразу (3):

$$t_{\text{отр}} = \frac{\varphi_{\text{отр}}}{\omega} = \frac{1}{\omega} \arcsin \left[ \frac{g}{A\omega^2 \sin \beta} \right] \quad (4)$$

У момент відриву  $t_{\text{отр}}$  початкова швидкість польоту уздовж осі  $\tau$  дорівнюватиме швидкості решета:

$$\dot{\tau}_{\text{отр}} = A\omega \cos \omega t_{\text{отр}} \sin \beta \quad (5)$$

Знайдемо час польоту плода  $t_1$  уздовж осі  $\tau$  до моменту зупинки, при відсутності верхньої відбивної поверхні:

$$\dot{\tau}_{\text{отр}} - gt_1 = 0 \Rightarrow t_1 = \frac{\dot{\tau}_{\text{отр}}}{g} \quad (6)$$

де  $g$  – прискорення вільного падіння. Найбільша висота польоту плода уздовж  $\tau$  від положення плода в момент відриву при відсутності відбивної поверхні складе:

$$\tau_{\text{max}} = \dot{\tau}_{\text{отр}} t_1 - \frac{gt_1^2}{2} \quad (7)$$

Швидкість плода у момент падіння на решето уздовж  $\tau$ , при відсутності відбивної поверхні дорівнює:  $-\dot{\tau}_{\text{отр}}$ , якщо решето перебуває в положенні відповідному  $t_{\text{отр}}$ , відповідно до закону руху решета  $\tau_{\text{решета}} = A \sin \omega t_{\text{отр}}$ .

Через те, що амплітуда  $A$  значно менша за  $\tau_{\text{max}}$ , при вільному падінні плода з висоти  $\tau_{\text{max}}$  на решето, залежно від положення решета у момент падіння, швидкість падіння плода може незначно відрізнятися від:  $-\dot{\tau}_{\text{отр}}$ . Слід зазначити, що найбільш доцільним для моменту падіння є крайнє верхнє положення решета. У цьому випадку висота падіння плода буде найменшою і, відповідно, швидкість співударення плода з решетом буде мінімально можливою (також тому що швидкість самого решета  $A\omega \cos \omega t \sin \beta$  в крайньому положенні дорівнює нулю, через те, що  $\cos \omega t = 0$ ).

Введення у конструкцію верхньої відбивної пластини (рисунок 2) на певній висоті над решетом, дозволяє істотно змінити процес вібропереміщення сипких харчових продуктів. Знизу відбивну поверхню доцільно покрити шаром гуми товщиною приблизно 2...3 мм, для гасіння ударних імпульсів. Залежно від марки й товщини гумового покриття можна приймати коефіцієнт відновлення  $R_{\text{вос}}$ . Відповідно до джерела [3] наприклад: для плодів картоплі при товщині гумового покриття 2 мм,  $R_{\text{вос}}=1/3$ . Нехай  $i$  – буде коефіцієнтом, що визначає висоту розташування пластини, залежно від  $\tau_{\text{max}}$ , тобто висота

розташування, відбивної поверхні, над нейтральним положенням решета дорівнює  $\tau_{\max} \cdot i$ , де  $i \in (0 \dots 1)$ . Можна припустити, що найбільш доцільне зниження швидкості падіння відбудеться при  $i=0,4 \dots 0,5 \tau_{\max}$ .

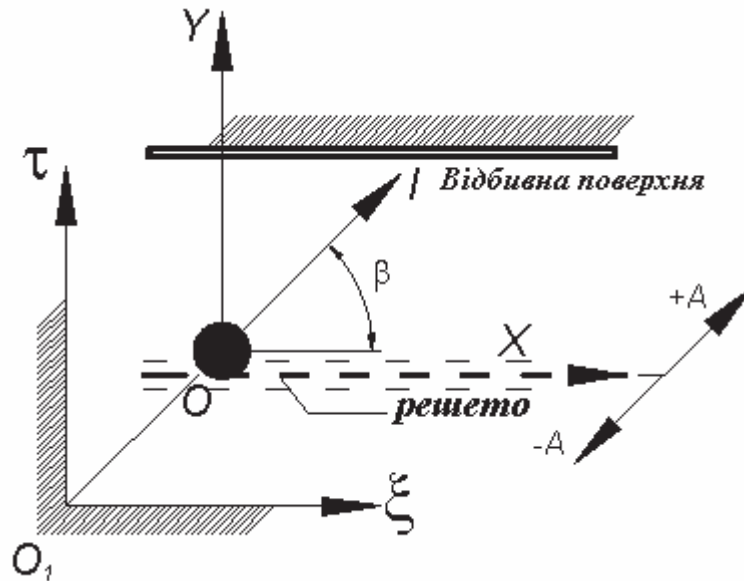


Рис. 2 – Розташування відбивної поверхні

Тоді час польоту до моменту зіткнення  $t_c$  із відбивною поверхню, встановленою на висоті  $\tau_{\max} \cdot i$  над решетом згідно законів механіки, можна знайти з рівняння руху, що описує координату:

$$\dot{t}_{\text{отр}} t_c - \frac{gt_c^2}{2} = \tau_{\max} i \quad (8)$$

Момент  $t_c$  вимірюється від  $t_{\text{отр}}$ , а не від початку періоду коливань решета, у якому почався цикл переміщення. Знайшовши  $t_c$  із умови (8), можна визначити швидкість у момент зіткнення з відбивною поверхнею:

$$\dot{t}_c = \dot{t}_{\text{отр}} - gt_c \quad (9)$$

Знаючи коефіцієнт відновлення  $R_{\text{вос}}$  після удару, можна скласти рівняння зміни координати плода в процесі падіння від відбивної поверхні, до решета:

$$\tau_{\max} i - R_{\text{вос}} \dot{t}_c t_{\text{п}} - \frac{gt_{\text{п}}^2}{2} = 0 \quad (10)$$

Із квадратного рівняння (10) можна легко визначити значення моменту падіння  $t_{\text{п}}$ , вимірюваного від моменту  $t_c$ . Визначивши  $t_{\text{п}}$  можна розрахувати швидкість падіння плода на решето уздовж осі  $\tau$ :

$$\dot{t}_{\text{п}} = -R_{\text{вос}} \dot{t}_c - gt_{\text{п}} \quad (11)$$

Швидкість  $\dot{t}_{\text{п}}$  визначена без врахування швидкості решета у момент  $t_{\text{п}}$ :

$$\tau_{\text{реш}} = A \omega \cos \omega t_{\text{п}} \sin \beta \quad (12)$$

Момент падіння  $t_{\text{п}}$  здебільшого приблизно відповідає положенню решета у момент  $t_{\text{отр}}$ , тому що висота польоту до відбивної поверхні дорівнює висоті падіння  $\tau_{\max} \cdot i$ . Однак, незначним зсувом відбивної поверхні нагору або униз можна досягти, щоб момент падіння  $t_{\text{п}}$  доводився на крайнє верхнє положення решета, коли його швидкість дорівнює нулю ( $\cos \omega t_{\text{п}} = 0$ ), а швидкість падіння плода  $\dot{t}_{\text{п}}$  зменшиться, у зв'язку зі зменшенням висоти падіння. Швидкість співударяння з решетом буде складатися тільки з величини швидкості падіння продукту  $\dot{t}_{\text{п}}$ , яка буде значно менша за  $\dot{t}_{\text{отр}}$ , що, фактично, дозволить здійснити режим вібропереміщення сипкого продукту без випадків заклинювання продукту в решеті або з дуже низькою ймовірністю заклинювання. Таким чином, необхідною умовою розробленого процесу вібропереміщення є:

$$\dot{t}_{\text{отр}} > \dot{t}_{\text{п}} \quad (13)$$

Визначити, як знизиться швидкість (відповідно, кінетична енергія) падіння у процентному співвідношенні в порівнянні зі швидкістю відриву продукту, за рахунок введення у конструкцію відбивної поверхні, можна по формулі, яка визначить ефективність використання відбивної поверхні:

$$E = \frac{\dot{t}_n}{\dot{t}_{отр}} 100\% \quad (14)$$

### Висновки

Шляхом аналітичних досліджень доведено доцільність використання у конструкції калібрувального решета верхньої відбивної пластини для запобігання заклинюванню плодів між прутами решета. Наведені вище аналітичні дослідження показують, що застосування відбивної поверхні, обумовлено коефіцієнтом відновлення  $R_{вос}$ , від значення якого залежить різниця у швидкостях відриву  $\dot{t}_{отр}$  й падіння  $\dot{t}_n$  і, відповідно, ефективність використання відбивної поверхні.

Перспектива досліджень полягає в розрахунковому й експериментальному підтвердженні наведеного обґрунтування. Необхідно визначитися з оптимальними геометричними і кінематичними параметрами запропонованого процесу.

### Література

1. Фан-Юнг А.Ф. и др. Технология консервирования плодов и овощей. -М.: Пищевая промышленность, - 1969. - 452с.
2. Сытников Е.Д., Качанов В.А. Оборудование консервных заводов. - М.: Легкая и пищевая промышленность, - 1981, - 243 стр.
3. Фалько А. Л. Размерная классификация сыпучих пищевых продуктов/: монография / А.Л. Фалько. - Донецк, ДонНУЕТ: 2009. - 215с. - ISBN 978-966-385-164-8.
4. Заплетніков І.М. Теоретичне дослідження нового способу вібротранспортування харчових мас / Заплетніков І.М., Фалько О.Л., Фалько О-й Л., Коваленко А.В., Певцова С.О. // Донецьк, ДонНУЕТ: Тематичний збірник наукових праць Вип. №18. 2008 р. с.179-188
5. Кобринский А.Е. Виброударные системы, динамика и устойчивость/ Кобринский А.Е. и Кобринский А.А. // Главная редакция физико-математической литературы изд-во «Наука», - М: 1973, - 592 с.

УДК 631.361.8-533.4

## ВИЗНАЧЕННЯ ПОРІВНЯЛЬНИХ ШУМОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОВОЧЕРІЗОК

Заплетніков І.М., д-р техн. наук, професор, Кіріченко В. О., канд. техн. наук, Севаторова І.С.  
Донецький національний університет економіки і торгівлі  
імені Михайла Туган-Барановського, м. Донецьк

*В статті наведено результати дослідження шумових характеристик овочерізки Robot coupe CL 30 А під час експлуатації та порівняльний аналіз з шумовими характеристиками інших овочерізок.*

*The article presents the results of the study noise characteristics vegetable cutters Robot coupe CL 30 A during operation and comparative analysis of noise characteristics of other machines for cutting vegetables.*

**Ключові слова:** овочерізки, шумові характеристики, гранично допустимі шумові характеристики, звуковий тиск, звукова потужність.

Одним з найбільш трудомістких процесів на підприємствах харчування вважається подрібнення овочів. Тому для полегшення праці робітників цих підприємств використовують різноманітне ріжуче обладнання. Це обладнання, як і будь-яке технологічне обладнання, повинно мати високі експлуатаційні характеристики, до яких відноситься і його шумові характеристика (ШХ).

Підвищений рівень шуму шкідливо діє на організм людини, при цьому знижується продуктивність праці, підвищується стомлюваність, виникають професійні захворювання. Ці фактори нерідко стають причинами плинності кадрів на підприємствах харчування [1].