

Паламарчук І. П.
Цуркан О. В.
Янович В. П.
Герасимов О. О.
Пентюк Б. М.
Жегалюк О. В.

**Вінницький
національний
аграрний
університет**

УДК 66.047

ВИЗНАЧЕННЯ АМПЛІТУДНО- ЧАСТОТНИХ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВІБРАЦІЙНОЇ СУШАРКИ ДЛЯ СУШІННЯ НАСІННЯ ГАРБУЗА

В статье приведены результаты решения дифференциальных уравнений закона движения системы «вибровозбудителя – сушильная камера» в графическом виде в декартовой системе координат, на основе которых обоснованы рациональные координаты вибровозбудителя, обеспечивающих минимальные энергозатраты и максимальную интенсивность процесса фильтрационно-конвективной сушки семян тыквы, определены основные амплитудные и энергетические параметры процесса.

The article includes the results of solving differential equations of motion of the system of law "vibratory drive - drying chamber" in graphical form in the Cartesian coordinate system on which reasonably rational coordinates vibrobudzhuvacha that provide minimal energy consumption and maximum intensity of the process of filtration – convective drying pumpkin seeds, the main amplitude and energy parameters of the process.

Вступ.

В процесах вібраційного сушіння високовологих насінневих матеріалів, зокрема, насіння гарбуза, шар якого на початковій стадії процесу характеризується наявністю значної кількості вільної незв'язаної вологи, з метою інтенсифікації процесу вологовидалення необхідно забезпечити максимальне співвідношення вертикальної і горизонтальної складових амплітуди вібрацій, що може спричинити додаткові енерговитрати. Тому, пошук факторів інтенсифікації процесу вологовидалення, які не спричиняють значного нагріву посівного матеріалу є актуальною задачею.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Математична модель закону руху системи «вібробуджувач-сушильна камера» на основі диференціальних рівнянь Лангранжа 2-го роду та визначення напрямків інтенсифікації процесу сушіння високовологих насінневих матеріалів приведені в [1]. Результати втілення концепції сушіння високовологого насіння, теоретичних та експериментальних досліджень

на основі математичної моделі та розробленого дослідно-промислового зразка вібраційної сушарки висвітлені в [2]. Домінуючий вплив вертикальних переміщень робочої камери вібраційної сушарки приведено в [3].

Формулювання мети.

Метою даної роботи є аналітичне обґрунтування раціональних параметрів вібробуджувача, які забезпечують максимальне співвідношення вертикальної і горизонтальної складових амплітуди вібрацій днища сушильної камери при мінімальних енергозатратах.

На основі аналізу математичної моделі камери вібраційної сушарки в програмному середовищі MathCAD, було отримано траєкторії руху днища в полярній системі координат та визначено критерій оптимізації, що являє собою максимальне співвідношення вертикальної та горизонтальної складових амплітуди.

Реальні траєкторії руху камери було отримано за допомогою цифрової відеореєстрації з кроком кута розміщення вібробуджувача 45° , що дало можливість



здійснити порівняльний аналіз теоретичних та експериментальних досліджень.

Викладення основного матеріалу.

Для визначення числових значень співвідношення вертикальної та горизонтальної

складових амплітуди A_z , A_x було здійснено перехід від полярної до Декартової системи координат. При цьому досліджуване рівняння набуло вигляду (1).

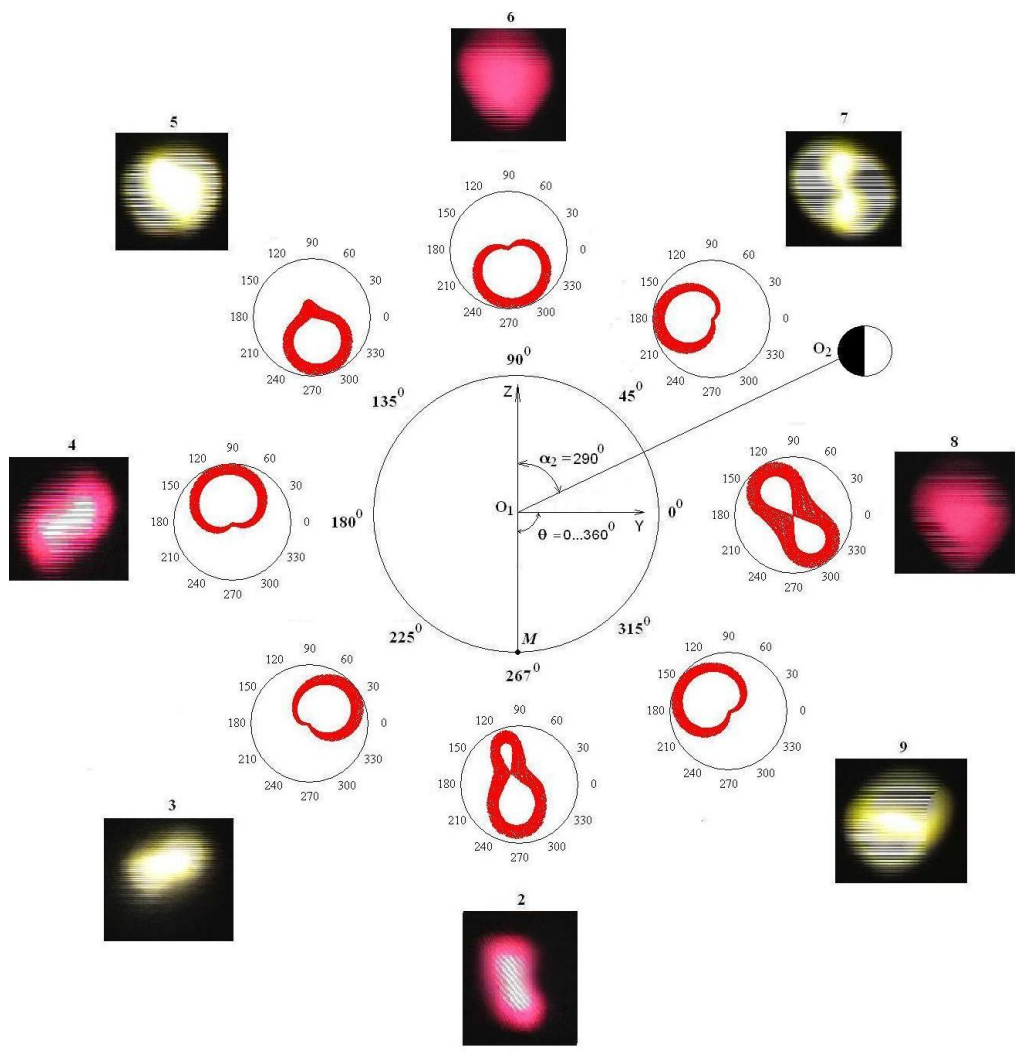


Рис. 1. Порівняльний аналіз теоретичних та експериментальних досліджень траєкторії руху найнижчої точки (№2) днища сушильної камери

$$A_x = \frac{F_m \alpha_x \omega}{(k_x^2 - \omega^2)^2 + \alpha_x^2 \omega^2} \cos(\omega t) + \frac{F_m (k_x^2 - \omega^2)}{(k_x^2 - \omega^2)^2 + \alpha_x^2 \omega^2} \cdot R \cdot \cos\left(\frac{3\pi}{2} - a \cdot \cos(\omega t - a_2)\right)$$

$$A_z = \frac{F_m \alpha_z \omega}{(k_z^2 - \omega^2)^2 + \alpha_z^2 \omega^2} \sin(\omega t) + \frac{F_m (k_z^2 - \omega^2)}{(k_z^2 - \omega^2)^2 + \alpha_z^2 \omega^2} \cdot R \cdot \sin\left(\frac{3\pi}{2} - a \cdot \cos(\omega t - a_2)\right)$$

де

$$\alpha_x = 2\sqrt{k_x^2 - \omega^2}, \quad \alpha_z = 2\sqrt{k_z^2 - \omega^2} - \text{коєфіцієнти дисипації енергії системи;}$$



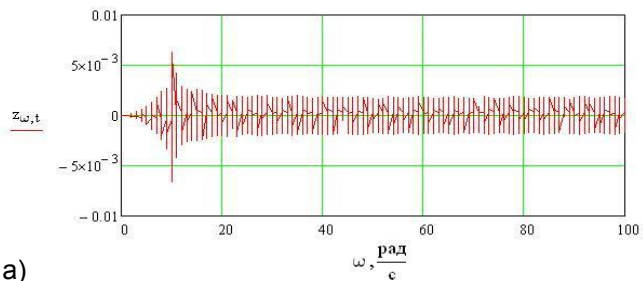
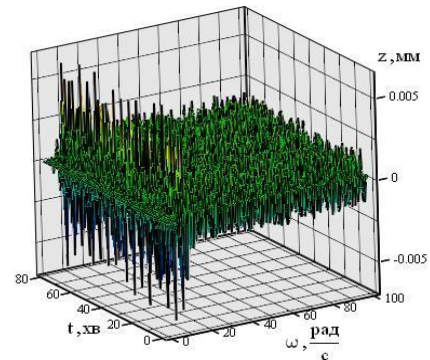
$$k_x^2 = \frac{m_\delta \cdot \omega^2 - m_\delta \cdot \omega^2 \cos(\omega) + C_x}{m_k \cdot \mu + m_\delta}, \quad k_z^2 = \frac{m_\delta \cdot \omega^2 - m_\delta \cdot \omega^2 \cos(\omega) + C_z}{m_k \cdot \mu + m_\delta} - \text{власна частота коливань}$$

системи;

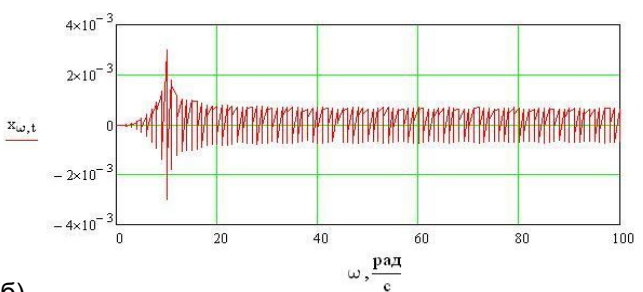
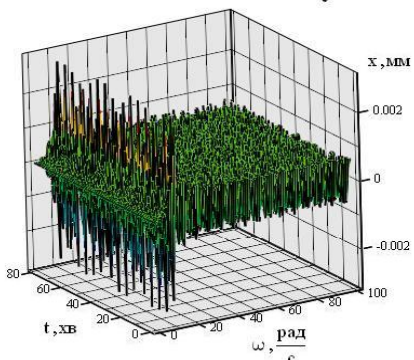
$$F_m = \frac{m_\delta \omega^2 e}{m_k \cdot \mu + m_\delta} - \text{вимушуюча сила.}$$

На основі теоретичного аналізу даної системи було отримано графічні залежностей амплітудно-частотних характеристик досліджуваного обладнання (рис. 2.). З метою визначення оптимального кута розміщення вібробудувача α_2 відносно сушильної камери при якому співвідношення вертикальної

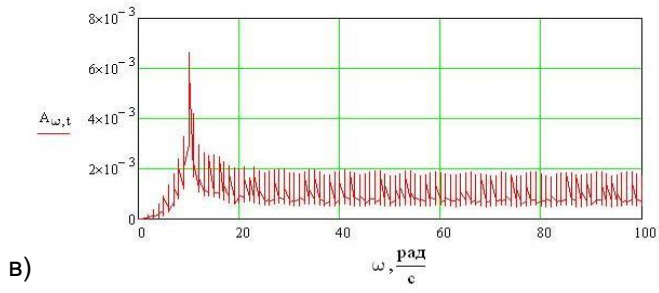
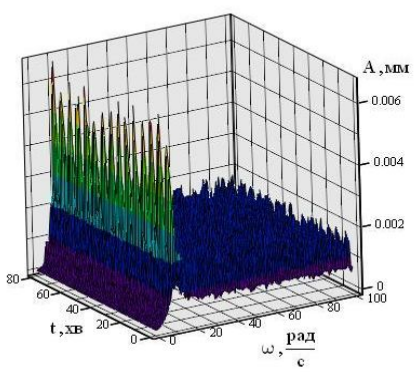
та горизонтальної складових амплітуди коливань $\frac{A_z}{A_x}$ набуває максимального значення, було проведено аналітичний пошук в математичному середовищі MathCAD результати якого приведені на рис. 3.



а)



б)



в)

Рис. 2. Амплітудно-частотна характеристика руху точки на днищі сушильної камери: а) - АЧХ горизонтальної складової коливань; б)- АЧХ вертикальної складової коливань; в) - АЧХ результуючої амплітуди коливань

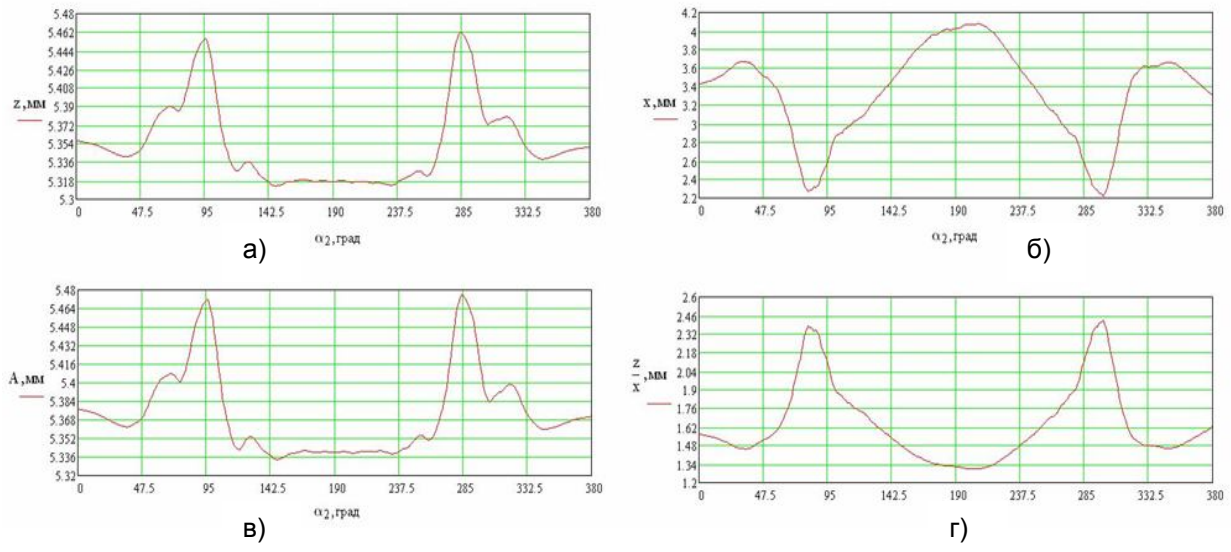


Рис. 3. Графічна залежність складових амплітуди від кута розміщення віброзбуджувача:
а) - горизонтальної складової амплітуди коливань; б) - вертикальної складової амплітуди коливань; в) - результуючої амплітуди коливань; г) - співвідношення горизонтальної та вертикальної складових амплітуди

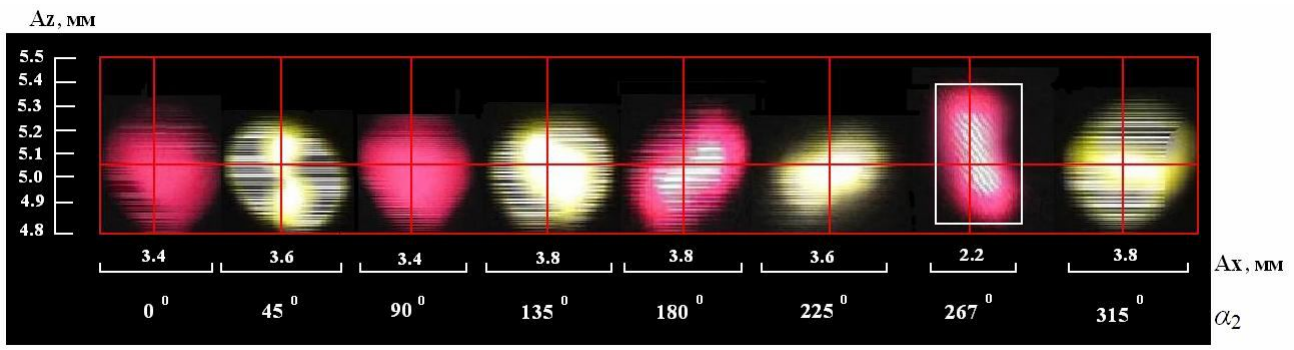


Рис. 4. Експериментальна залежність співвідношення горизонтальних та вертикальних складових амплітуди коливань

Також було проведено дослідження енергетичних параметрів системи «віброзбуджувач-сушильна камера». Споживана потужність визначалась за формулою (2) [4]:

$$N = 2(m_k \cdot \mu + m_o)^{-1} \cdot m_o^2 e^2 \omega^2 \sqrt{A_z^2 + A_x^2} \quad (2)$$

де m_k, m_o - відповідно маси контейнера та дебалансів, кг;

μ - коефіцієнт приєднаної маси;
 e - ексцентриситет, мм;
 ω - кутова частота приводного валу.

Приведені у графічному вигляді залежності потужності, яка витрачається на збудження коливань камери сушарки, дозволяють визначити оптимальні амплітудно-частотні параметри процесу у сталому режимі коливань (60...80 с) (рис.5).

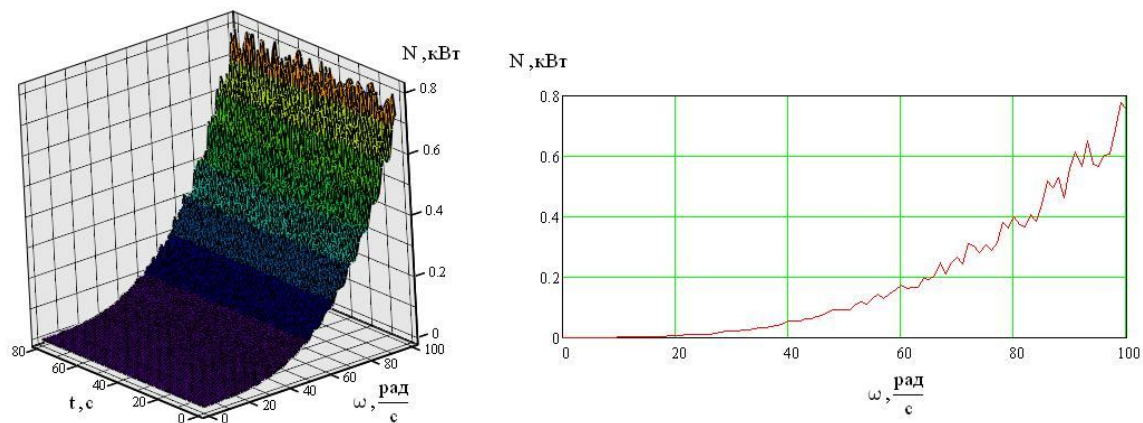
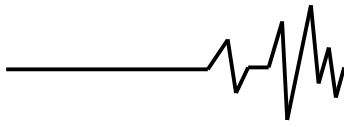


Рис. 5. Енергетична характеристика досліджуваного обладнання

Висновки

1. Отримано лінійні рівняння в Декартовій системі координат із урахуванням коефіцієнтів дисипації та маси оброблюваного середовища, яка описує закономірність руху камери вібраційної сушарки.

2. Отримано графічні залежності амплітудно-частотних характеристик досліджуваної системи залежно від координат вібробудувача для вертикальної та горизонтальної складових коливань. Максимальне значення співвідношення $A_z / A_x = 2,46$ спостерігається при значеннях кута $\alpha_2 = 290^\circ$ без завантаження камери та $\alpha_2 = 267^\circ$ із завантаженням робочої камери.

3. Проведено аналіз енергетичних характеристик даної коливної системи, який свідчить, що мінімальні значення споживаної потужності віброприводом досягаються шляхом встановлення вала вібробудувача в межах кута $\alpha_2 = 267^\circ \dots 290^\circ$. Це задовольняє умови мінімальних енергозатрат при максимальному співвідношенні складових амплітуди коливань, що забезпечує найбільш інтенсивне волого видалення.

Література

1. Цуркан О.В. Математична модель динаміки руху робочої камери енергоощадної вібраційної сушарки / О.В. Цуркан, О.В. Солоня, О.О. Герасимов, Л.Д. Величко // Вібрації в техніці і технологіях. – 2008, № 2 (51). – С. 52-56.
2. Варсанюфьев В.Д. Вибрационная техника в химической промышленности / В.Д. Варсанюфьев, Е.С. Кольман-Иванов // м.: Химия, 1982. – 240с.
3. Ханик Я.М. Фільтраційне сушіння як енергозберіжливий метод зневоднення матеріалів / Я.М. Ханик, О.В. Ковальчук, А.Я. Ханик, Т.І. Римар // Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2007. – №4 – С. 79-82.
4. Липовий І.Г. Кінематичні та енергетичні характеристики вібраційно-планетарної машини / І.Г. Липовий, С.А. Шаргородський, В.П. Янович // Вібрації в техніці і технологіях. – 2008. – №2(51). – С. 22-24.