

Економічні показники БГУ [4]

Показники	Одиниці вимірювання	Добове внесення маси до реактора, т/добу					
		10	20	40	60	80	100
Добрива	т/рік	3394	6789	13578	20367	29200	36500
	т/добу	9,3	18,6	37,2	55,8	74,4	93
Біогаз	тис. м <sup>3</sup> /рік	328,5	657	1314	1971	2628	3285
	м <sup>3</sup> /добу	900	1800	3600	5400	7200	9000
Вартість БГУ	тис. грн.	2869	3894	5727	7755	9586	11696
Експлуатаційні витрати	тис. грн.	114,76	155,76	229,08	310,2	383,44	467,84
Вартість добрив	тис. грн./рік	304,441	608,973	1217,946	1826,919	2619,24	3274,05
Вартість газу за рік	тис. грн./рік	663,57	1327,14	2654,28	3981,42	5308,56	6635,7
Вигоди	тис. грн./рік	968,011	1936,113	3872,226	5808,339	7927,8	9909,75
Термін окупності	місяці	33	24	16	15	14	13

- вартості води для розбавлення сировини;
- заправки і роботи БГУ;
- спостереження, огляду і ремонту установок;
- зберігання та внесення біодобрив;
- розподілу і використання біогазу.

Поточні витрати не менш важливі, ніж витрати на будівництво БГУ і зазвичай складають не більше 4 % на рік від початкової вартості установки.

**Виплати по кредиту.** Вартість біогазової установки залежить від відсоткових і основних виплат позикових фінансових коштів на будівництво установки. Необхідно також враховувати інфляцію.

**Експлуатаційний період установки.** При підрахунку амортизації потрібно брати очікуваний термін експлуатації установки близько 15 років при регулярній технічній підтримці та ремонту.

Розрахунок економічної вигоди біогазової установки і порівняння альтернативних проектів біогазових установок наведено у табл. 3.

Окупність установки рідко перевищує рік, але потрібно знати, що практичні результати можуть відрізнятися від теоретичних розрахунків з багатьох причин (затримка збільшення врожайності і пов'язаних з ними доходами, будівництво і введення в експлуатацію може зайняти більше часу). Тому більш раціонально планувати окупність установки на 2-3 роки залежно від доступних умов кредитування. В таких випадках, а також при роботі установки в психрофільному режимі, для економічних розрахунків можна використовувати метод мінімальних щорічних доходів.

Поступила 08.2012

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Экономическая оценка биогазовых технологий [Электронный ресурс]: Руководство – Электрон. дан. (5 файлов) – Режим доступа: <http://77.121.11.22/ecolib/2/1/14.pdf> – Название с экрана.
2. Биодобрения – основа улучшения качества сельскохозяйственной продукции [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://zorgbiogas.ru/upload/pdf/Zorgbiogas-biofertilizer.pdf>.
3. Прайс-лист ТзОВ-фірма «Укрпродторг» станом на 31 січня 2012 року [Електронний ресурс]. Режим доступа: <http://uptorg.com.ua/ua/price/>.
4. Статья расходов компании ООО Агробіогаз [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.biogas.vn.ua/docs/Presentation.pdf>.
5. Научное обоснование эффективности получения органических удобрений [Электронный ресурс]: Материалы презентации корпорации БиоГазЭнергоСтрой. – Электрон. дан. (1 файл). – Режим доступа: <http://www.bioges.ru/images/stories/file/preseent.pdf> – Название с экрана.

УДК 621.9.048:539

**ПАЛАМАРЧУК І.П., д-р техн. наук, професор, ЛИСОГОР В.М., д-р техн. наук, професор,  
ПАЛАМАРЧУК В.І., аспірант**

Вінницький національний аграрний університет

## **ОБҐРУНТУВАННЯ РОБОЧОГО РЕЖИМУ ВІБРОПЛАНЕТАРНОГО ПРИВОДУ МАШИНИ ДЛЯ РІЗАННЯ ПРУЖНО-ПЛАСТИЧНОЇ ХАРЧОВОЇ СИРОВИНИ**

Посадження вібраційної та планетарної дії виконавчих органів різальної машини дозволяє інтенсифікувати процес обробки та поліпшити якісні параметри отримуваної продукції. В роботі приведена схема реалізації такого процесу та математична модель виконавчих органів машини. Режим досліджуваної вібропланетарної обробки обґрунтований на основі дослідження динаміки руху елементів приводного механізму.

**Ключові слова:** вібробудувач, планетарний механізм, різання, сателіт, різучий диск.

Combination of vibration and planetary action of executive branches of cutting machine allows to intensify the process of treatment and improve the high-quality parameters of the got products. There is the resulted chart of realization of such process and mathematical model of executive branches of machine in work. Mode of the explored vibroplanetary treatment is grounded of research of dynamics of motion of elements of drive mechanism.

**Keywords:** vibrodrive, planetary mechanism, cutting, satellite, cutting disk.

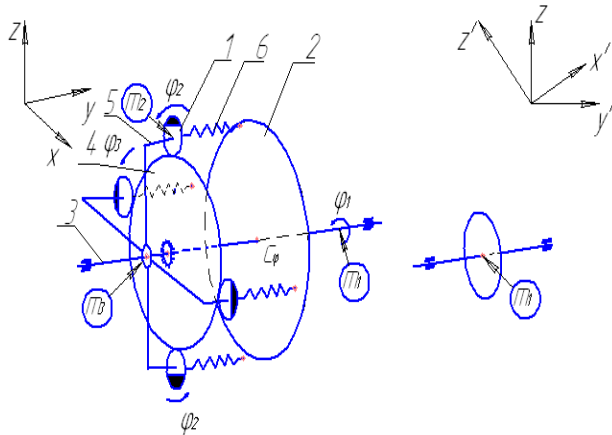
Використання вібраційного технологічного поля для реалізації різання в процесах переробних і харчових виробництв дозволяє покращити як динамічні властивості даної операції, так і якісні характеристики обробки [1]. Динамічні властивості віброрізання забезпечуються інтенсивністю вібраційної дії при багаторазовому проковзуванні бічної поверхні ножа відносно оброблюваного матеріалу в умовах зменшення технологічного опору матеріалу, послаблення структури розрізуваної сировини та зниження теплових навантажень у зоні контакту. Поліпшення якісних параметрів процесу віброрізальної обробки зумовлюється рівномірністю розподілення навантаження, очищувальним ефектом для виконавчих органів тех-

нологічної машини, можливістю мінімізації шорсткості отриманого зрізу. Окрім того, зменшення сил тертя в процесі даної обробки дозволяє вважати застосування вібраційного різання як енергозберігаючу технологію.

Метою даної наукової роботи є обґрунтування структури та робочих параметрів віброрізальної машини на основі дослідження динаміки руху її виконавчих органів.

Виконавчі органи досліджуваної машини (рис. 1) здійснюють вібраційний кутовий та обертовий планетарний рух, що дозволяє поєднати інтенсивність механічної дії з високим рівнем технологічної реалізації, притаманним вібраційним та планетарним приводам [2].

Обертання приводного валу 1 та системи, що складається з ріжучого 2 та сонячного 4 дисків, призводить до прокочування елементів 1, які несуть незрівноважену масу. В результаті разом із обертовим рухом робочого диску через пружні елементи 6 надається коливний кутовий рух, реалізуючи означені вище



а-модель виконавчих органів машини

б-рухома система координат для маси  $m_1$

Рис. 1. Математична модель вібропланетарної дискової машини: 1-незрівноважений сателіт; 2-ріжучий диск; 3-приводний вал вібробуджувача; 4-сонячний диск; 5-води́ло; 6-пружні елементи;  $m_1, m_2, m_3, m_4$  - характерні маси системи;  $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4$  - узагальнені координати системи

технологічні ефекти.

В досліджуваній коливальній системі можна відзначити три характерні маси (рис. 1а):

$$-m_1 = m_{рд} + m_{пм} + m_{цд};$$

$$-m_2 = m_c + m_{деб};$$

$$-m_3 = m_v;$$

де  $m_{рд}$  – маса ріжучих дисків;

$m_{пм}$  – маса основних рухомих елементів приводного механізму, а саме приводного валу, муфти, шківів;

$m_{цд}$  – маса центрального диску;

$m_c$  – маса сателітів;

$m_{деб}$  – маса дебалансів або незрівноважених інерційних елементів;

$m_v$  – маса води́ла.

Дана система містить чотири степені вільності, що можуть бути означені наступними узагальненими

координатами:

$\varphi_1$  – кут повороту маси  $m_1$  при обертанні навколо горизонтальної осі;

$\varphi_2$  – кут повороту маси  $m_2$  при обертанні навколо осей сателітів;

$\varphi_3$  – кут повороту маси  $m_3$  навколо горизонтальної осі;

$\varphi_4$  – кут повороту маси  $m_1$  при коливанні (рис. 1б)

В результаті дослідження динаміки руху виконавчих органів означеного вібропланетарного приводу [2, 3] було отримано наступні рівняння

$$\begin{cases} I_1 \ddot{\varphi}_4 + 3I_3 \ddot{\varphi}_2 = M_{кр} - M_{оп1} \\ (I_2 + 3I_3) \ddot{\varphi}_2 = 3(R+r)(k\dot{\varphi}_1)^2 \sin k\varphi_1 - M_{оп2} - C_\varphi \varphi_2 \\ I_1 \ddot{\varphi}_4 = C_\varphi (\varphi_2 - \varphi_4) - M_{оп4} \end{cases} \quad (1)$$

де  $I_1, I_2, I_3$  – моменти інерції відповідних мас системи;

$R, r$  – радіуси відповідно води́ла та сателіту;

$k$  – коефіцієнт, що враховує передаточне відношення;

$M_{кр}$  – крутний момент на приводному валу;

$M_{оп1}, M_{оп2}, M_{оп4}$  – моменти опору в підшипникових вузлах відповідних мас системи;

$C_\varphi$  – коефіцієнт жорсткості пружних елементів при обертанні.

З достатньою степінню вірогідності можна вважати, що  $\dot{\varphi}_1 = \omega_1 = const$  та  $\varphi_1 = \omega_1 t$ .

Введемо позначення

$$k_\varphi^2 = \frac{C_\varphi}{I_2 + 3I_3}; \quad B_1 = \frac{3(R+r)}{I_2 + 3I_3}; \quad B_2 = \frac{M_{оп2}}{I_2 + 3I_3}.$$

Тоді одне з рівнянь системи (1) переписуємо у вигляді

$$\ddot{\varphi}_2 + k_\varphi^2 \varphi_2 = B_1 (k\omega_1)^2 \sin k\omega_1 t - B_2 \quad (2)$$

Рівняння (2) є лінійним диференціальним рівнянням другого порядку із сталими коефіцієнтами. Тому використовуючи метод Коші розв'язання подібних залежностей, отримуємо:

$$\varphi_2 = C_1 \sin k_\varphi t + C_2 \cos k_\varphi t + \frac{B_1 (k\omega_1)^2}{k_\varphi^2 - (k\omega_1)^2} - \frac{B_2}{k_\varphi^2} \quad (3)$$

де  $C_1, C_2$  – постійні інтегрування, що знаходимо за початкових умов  $\varphi_{20} = 0, \dot{\varphi}_{20} = \omega_{20}$ :

$$C_1 = \frac{\omega_{20}}{k_\varphi}; \quad C_2 = \frac{B_2}{k_\varphi^2} - \frac{B_1 (k\omega_1)^2}{k_\varphi^2 - (k\omega_1)^2}; \quad (4)$$

В результаті рівняння (3) можна записати у вигляді

$$\varphi_2 = \left[ \frac{B_2}{k_\varphi^2} - \frac{B_1 (k\omega_1)^2}{k_\varphi^2 - (k\omega_1)^2} \right] (\cos k_\varphi - 1) + \frac{\omega_{20}}{k_\varphi} \sin k_\varphi t \quad (5)$$

Використовуючи рівняння (5), очевидно, що отримання максимальної амплітуди коливань незрівноваженого сателіту при мінімальних енерговитратах

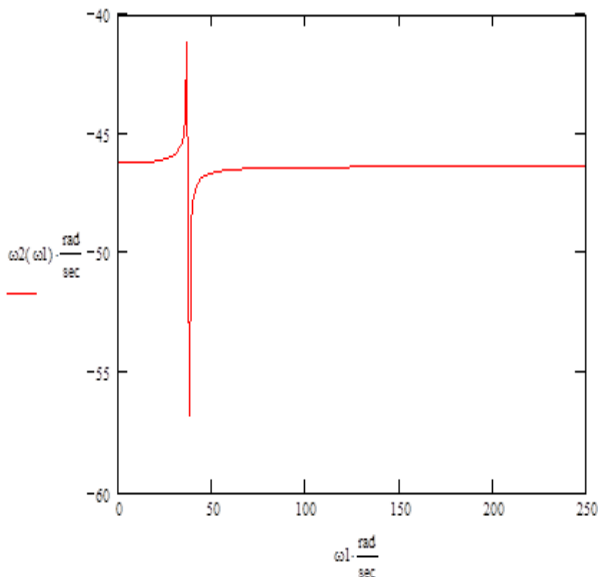


Рис. 2. Швидкісна характеристика вібропланетарного приводу різальної дискової машини

має місце при забезпеченні реалізації резонансного режиму, для якого  $\dot{\varphi}_2 = 0$

Для розрахунку кінематичних характеристик рівняння (5) використовуємо наступну методику.

Моменти інерції обертових елементів вібропланетарної дискової машини, а саме  $I_1, I_2, I_3$ , розраховуємо таким чином.

Момент інерції маси  $m_1$  відносно осі обертання (осі  $ou$ ) складає:

$$I_1 = \frac{1}{2} m_{\text{цд}} R_{\text{цд}}^2 + \frac{n}{2} m_{\text{рд}} R_{\text{рд}}^2 \quad (6)$$

де  $n$  – число ріжучих дисків.

Момент інерції маси  $m_2$  відносно осі  $ou$  знаходимо, приймаючи дебаланси за півкола, радіус яких дорівнює радіусу сателіта

$$I_2 = i(m_c + m_d) \left( \frac{1}{2} r^2 + (R + r)^2 \right) \quad (7)$$

де  $i$  – число сателітів;

Момент інерції маси  $m_3$  відносно осі  $ou$  визначимо як

$$I_3 = \frac{1}{2} m_B R_B^2 \quad (8)$$

де  $R_B$  – середній радіус приводного валу. Стану резонансу досліджувана коливальна система набуває при значенні кутової швидкості приводного валу

$$\omega_1 = \frac{k_\varphi}{k_\varphi} \sqrt{\frac{B_2 - k_\varphi \omega_{20} \text{ctg} k_\varphi t}{(B_1 k_\varphi^2 + B_2) - k_\varphi \omega_{20} \text{ctg} k_\varphi t}} \quad (9)$$

а також для залежності кутової швидкості сателітів

$$\omega_2 = \left[ \frac{B_1 k_\varphi (k \omega_1^2)}{k \varphi^2 - (k \omega_1)^2} - \frac{B_2}{k_\varphi} + \omega_{20} \right] \frac{1}{\sqrt{2}} \quad (10)$$

Графічно остання зона залежності ілюстрована на рисунку 2.

#### Висновки

1. Вібропланетарний спосіб різання є перспективним методом механічної обробки як з огляду інтенсифікації процесу обробки, так із міркувань енергозбереження через зменшення сил тертя в зоні дії ріжучого клину.

2. Сформульовані залежності дозволяють оптимізувати режим даної обробки з техніко-економічних міркувань.

3. Для досліджуваної вібропланетарної різальної машини режим максимальної активізації незрівноважених елементів настає при частоті обертання приводного валу вібробуджувача  $\omega_1 = 37$  рад/с.

Поступила 08.2012

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Паламарчук, І.П. Новые вибрационные машины в механических процессах перерабатывающего сельскохозяйственного производства [Текст] // Вибрации в технике и технологиях. Собрания трудов международной научно-технической конференции, Евпатория, 1998. - с. 187-194.
2. Паламарчук, І.П. Дослідження конструктивних та технологічних параметрів вібраційних пристроїв для різання сільськогосподарської продукції з дисковими робочими органами [Текст] / І.П. Паламарчук, О.В. Холодюк // Вибрації в техніці та технологіях. - 2000. - № 1(13). - с. 58-66.
3. Bernik, P. Dynamika obiegowej maszyny wibracyjnej do obróbki elementów maszyn ścierniem o dowolnej granulacji [Text] / P. Bernik, I. Palamarchuk, I. Lypovy // XXXVI symposium "Modelowanie w mechanice" - Polska, Gliwice, 1997. - s. 31-36.

УДК 66.047

БАНДУРА В.М., канд. техн. наук, ДРУКОВАНЬ М.Ф., докт. техн. наук, професор,  
ЗОЗУЛЯК І.А., асистент

Винницький національний аграрний університет

### ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ВИБРАЦИОННОЙ СУШИЛКИ ДЛЯ ПОДСОЛНЕЧНИКА

Данная работа посвящена исследованию и обоснованию технологии сушки семян подсолнечника и разработке технологических и технических предложений по созданию сушильной техники, обеспечивающей работу ее на этой культуре, как в семенном, так и в продовольственном режимах.

**Ключевые слова:** подсолнечник, сушка, влажность, контейнер, электродвигатель, колебание.

This work is devoted to research and ground of technology of drying of seed of sunflower and development of technological and technical suggestions on creation of drying technique, providing work of it on this culture, both in the seminal and in food modes.

**Keywords:** sunflower, drying, humidity, container, electric motor, oscillation.

Основной масличной культурой в Украине является подсолнечник. Семена подсолнечника в свежем виде не могут храниться долгое время. В них содержится большое количество белков и жиров, которые под воздействием высокой влажности воздуха, низкой температуры и засоренности подвергаются химическим изменениям, что приводит к их порче.

**Цель исследований.** Исследовать и обосновать необходимость технологических и технических предложений по созданию сушильной вибрационной техники.