

УДК 631.362.32/34

## ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ АМПЛІТУДИ КОЛИВАНЬ РОБОЧОГО ОРГАНУ ДЛЯ СЕПАРАЦІЇ ОБЧІСАНОГО ВОРОХУ ЗЕРНОВИХ

Леженкін І. О., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел. (097) 407-87-35, e-mail: lan2810@mail.ru

**Анотація** – в статті на підставі положень математичного аналізу розглянуто теоретичне обґрунтування амплітуди коливань сепаруючого робочого органу для виділення великих солом'ястих домішок і обірваних колосків з обчісаного вороху зернових культур.

**Ключові слова** – амплітуда коливань, сепаруючий робочий орган, математичний аналіз, обчісаний ворох, соломіна, рівняння руху.

*Постановка проблеми.* Збирання зернових з використанням методу обчісування рослин на корені, як це довів професор Шабанов П. А. [1], має ряд переваг перед традиційним. Дана технологія може використовуватися в двох технологічних схемах, або шляхом навішування на комбайн замість жатки обчісуючого пристрою, або в стаціонарному варіанті. На наш погляд обчісування рослин в полі з доопрацюванням обчісаного вороху на стаціонарі є найбільш ефективним, про що свідчать роботи проф. Леженкіна О. М. [2, 3, 4]. У цьому випадку рослини обчісуються збиральною машиною, ворох збирається в візок і в міру його наповнення транспортується на стаціонар на доопрацювання. Першою операцією доопрацювання обчісаного вороху є його сепарація [5]. Однак, ворохоочисники, які випускаються промисловістю не справляються з поставленим завданням. У зв'язку з чим виникає проблема розробки і обґрунтування параметрів і режимів роботи сепаруючого робочого органу.

*Аналіз публікацій.* Збиранню методом обчісування на корені присвячено досить багато робіт [6-8]. Однак в цих роботах були головним чином обґрунтовані технологічні схеми, параметри і режими роботи обчісуючих пристроїв. Сепарації обчісаного вороху присвячено набагато менше робіт. В цьому напрямку заслуговують на увагу дві роботи. Дисертація Аблогіна М. М. [9] і дисертація Шкіндера В. М. [10]. Однак обидві ці роботи присвячені сепарації обчісаного вороху

рису, який докорінно відрізняється від обчісаного вороху зернових. Спроба використовувати сепаратор запропонований в роботі [9] на очищенні обчісаного вороху зернових не дало бажаного результату [11]. На наш погляд, для сепарації обчісаного вороху зернових найбільш доцільно використовувати очисник обчісаного вороху [12]. Однак режими його роботи обґрунтовані не в повній мірі.

*Формулювання цілей статті.* Теоретично обґрунтувати амплітуду коливань сепаруючого робочого органу.

*Основна частина.* Сепаруючий робочий орган (рис. 1) складається з сегрегатора 1 і решета 2. Сегрегатор являє собою суцільну металеву поверхню. На поверхні решета виконані круглі отвори для проходу зернової фракції.

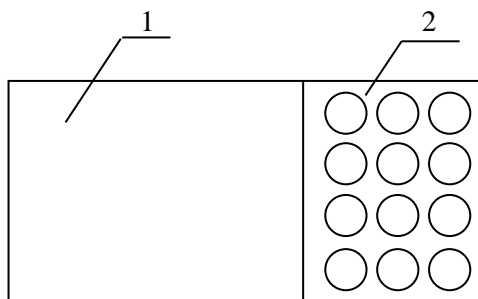


Рис. 1. Робочий орган для сепарації обчісаного вороху

Запропонований робочий орган функціонує наступним чином. Обчісаний ворох надходить на сегрегатор, який разом з решітним станом здійснює коливальний рух. За рахунок коливань солом'ясті частки переміщуються утворюють порожнечі, крізь які просівається зерно вниз і збирається в нижній частині зерносолом'ястого шару. Сегрегований шар надходить на решето 2, де розділяється на дві фракції. Великі солом'ясті домішки і обірвані колоски йдуть сходом з решета, а зерно з дрібними домішками йде проходом.

Основним критерієм ймовірності просіювання зернівки крізь шар соломи є відстань між солом'яними, і чим вона більше, тим ймовірність просіювання вище, і тим самим сегрегація йде інтенсивніше. За один оборот ексцентрикового валу солом'яні спочатку переміщуються вниз, а потім переміщуються вгору. Результуюче переміщення за один оборот ексцентрикового вала дорівнює різниці переміщення соломини вниз і її переміщенню вгору.

Основним критерієм ймовірності просіювання зернівки крізь шар соломи є відстань між солом'яними, і чим вона більше, тим ймовірність просіювання вище, і тим самим сегрегація йде інтенсивніше. За один оборот ексцентрикового валу солом'яні спочатку переміщуються вниз, а потім переміщуються вгору. Результуюче переміщення за один оборот ексцентрикового вала дорівнює різниці переміщення соломини вниз і її переміщенню вгору.

Розглянемо вплив амплітуди коливань на процес переміщення соломини. Як уже зазначалося переміщення соломини вниз описується рівнянням [13]

$$\rho_{\text{вн}} = 2r[\cos(\alpha + \beta) + f\sin(\alpha + \beta)] + \frac{gt^2}{2}(\sin\alpha - f\cos\alpha), \quad (1)$$

де  $\rho_{\text{вн}}$  – переміщення соломини вниз, м;

$r$  – амплітуда коливань, м;

$\alpha$  – кут нахилу робочого органу, град.;

$\beta$  – кут спрямованості коливань, град.;

$f$  – динамічний коефіцієнт тертя соломини;

$g$  – прискорення вільного падіння,  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ .

Продиференціюємо цей вислів по амплітуді  $r$ , за умови, що  $\alpha$ ,  $\beta$  і  $t$  постійні, в результаті отримаємо [14]

$$\frac{d\rho_{\text{вн}}}{dr} = 2 \cdot [\cos(\alpha + \beta) + f \sin(\alpha + \beta)] = \text{const}. \quad (2)$$

У такому випадку функція монотонно зростає. Її найменше значення буде в початковій точці досліджуваного діапазону, а найбільше значення в кінцевій точці діапазону.

Розглянемо рух соломини вгору, тобто залежність  $\rho_{\text{вг}} = f(r)$ . Рух соломини вгору описується рівнянням

$$\rho_{\text{вг}} = 2r[\cos(\alpha + \beta) - f \sin(\alpha + \beta)] - \frac{gt^2}{2}(\sin\alpha + f \cos\alpha).$$

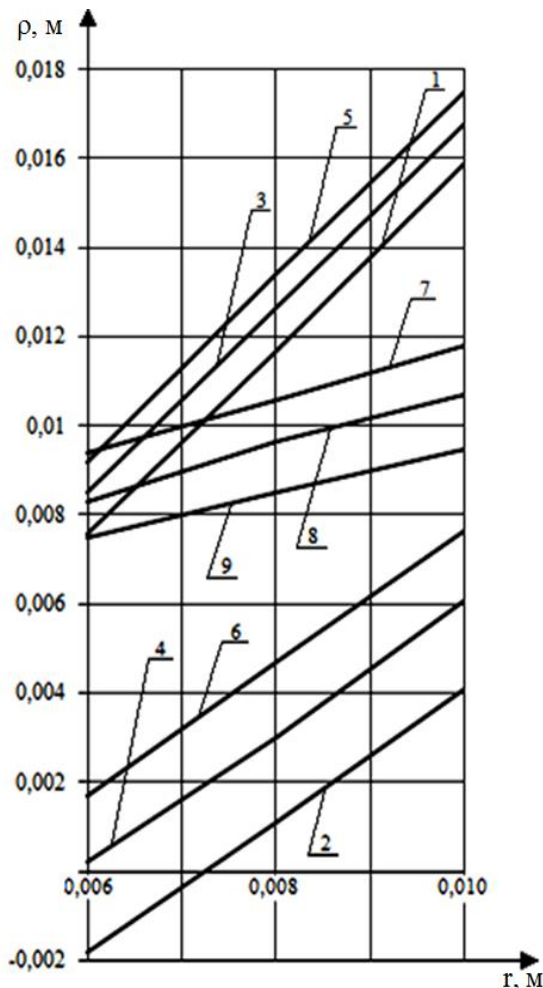


Рис. 2. Залежності переміщення соломини від амплітуди коливань за один оборот ексцентрикового вала, при різних частотах обертання  
1, 2 і 7 – графіки залежностей  $\rho_{\text{вн}} = f(r)$ ,  $\rho_{\text{вг}} = f(r)$  і  $\rho = f(r)$  при  $\omega_1 = 45 \text{ c}^{-1}$ ; 3, 4 і 8 – графіки залежностей  $\rho_{\text{вн}} = f(r)$ ,  $\rho_{\text{вг}} = f(r)$  і  $\rho = f(r)$  при  $\omega_2 = 50 \text{ c}^{-1}$ ; 5, 6 і 9 – графіки залежностей  $\rho_{\text{вн}} = f(r)$ ,  $\rho_{\text{вг}} = f(r)$  і  $\rho = f(r)$  при  $\omega_3 = 55 \text{ c}^{-1}$

Візьмемо першу похідну від даного рівняння за амплітудою  $r$

$$\frac{d\rho}{dr} = 2[\cos(\alpha + \beta) - f \sin(\alpha + \beta)] = \text{const} \quad (3)$$

В даному випадку функція також монотонно зростає. Найменше значення цієї функції на початку ділянки зліва, а найбільше значення в крайній правій точці.

Повне переміщення соломини здійснюється згідно рівняння

$$\rho = 4rfsin(\alpha + \beta) + gt^2sin\alpha. \quad (4)$$

Якщо врахувати, що в нашому випадку  $\alpha$ ,  $\beta$  і  $t$  постійні, то перша похідна від переміщення по амплітуді коливань, тобто  $\frac{d\rho}{dr} = \text{const}$ .

$$\frac{d\rho}{dr} = 4fsin(\alpha + \beta) = \text{const}$$

При повному переміщенні, так само, як і в попередніх двох випадках, тобто при русі соломини вниз і при русі соломини вгору функція  $\rho = f(r)$  буде монотонно зростаючою, з найменшим значенням на початку досліджуваного інтервалу і найбільшим значенням в кінці інтервалу.

Геометричною інтерпретацією зроблених висновків є графіки функцій  $\rho_{\text{вн}} = f(r)$ ,  $\rho_{\text{вг}} = f(r)$  та

$\rho = f(r)$ .

На рисунку 2 приведені графіки залежності переміщення соломини від амплітуди коливань за один оборот ексцентрикового вала  $\rho_{\text{вн}} = f(r)$ ,  $\rho_{\text{вг}} = f(r)$  та  $\rho = f(r)$  при різних частотах його обертання.

Розглянемо рух соломини вниз. Графіки являють собою відрізки прямих. Найменші значення переміщення спостерігаються при амплітуді  $r = 0,006$  м, у всьому частотному діапазоні. Так при частоті обертання ексцентрикового вала  $\omega_1 = 45 \text{ с}^{-1}$  (графік 1)  $\rho_{\text{вн}} = 0,0076$  м, при  $\omega_2 = 50 \text{ с}^{-1}$  (графік 3)  $\rho_{\text{вн}} = 0,0085$  м і нарешті при  $\omega_3 = 55 \text{ с}^{-1}$  (графік 5)  $\rho_{\text{вн}} = 0,0092$  м. Як видно з характеру протікання графіків зі збільшенням амплітуди коливань сепаруючого робочого органу переміщення вниз зростає і досягає максимального значення при амплітуді коливань  $r = 0,01$  м. Найбільше значення переміщення вниз спостерігається при частоті обертання ексцентрикового вала  $\omega_3 = 55 \text{ с}^{-1}$  (графік 5)  $\rho_{\text{вн}} = 0,01754$  м, зі зменшенням частоти обертання ексцентрикового вала переміщення соломини вниз зменшується. Так при  $\omega_2 = 50 \text{ с}^{-1}$  (крива 3) переміщення вниз дорівнює  $\rho_{\text{вн}} = 0,0168$  м, а при  $\omega_1 = 45 \text{ с}^{-1}$ ,  $\rho_{\text{вн}} = 0,0159$  м.

При русі соломини вгору спостерігається таке явище, коли переміщення вгору має негативний знак, це говорить про те, що соломина рухається не вгору, а вниз (рис. 2, графік 2). Цей факт пояснюється тим, що сила інерції менше суми сили тертя і дотичної складової сили тяжіння. Тому соломина не може подолати сумарного впливу цих сил, тобто їх вектора спрямовані вниз. Однак при збільшенні частоти обертання ексцентрикового вала соломина починає рухатися вгору, тобто збільшується сила інерції, яка залежить від частоти в квадраті, тобто  $P = m\omega^2 r \cos(\omega t)$ . Найменше переміщення соломини спостерігається при амплітуді коливань  $r = 0,006$  м. Зі збільшенням амплітуди коливань збільшується переміщення соломини вгору, ця тенденція спостерігається при всіх частотах.

#### *Висновки.*

1. В результаті теоретичних досліджень встановлено, що амплітуда впливає на переміщення соломини, при цьому ця залежність носить лінійний характер.

2. Виявлено, що функція  $\rho = f(r)$  є монотонно зростаючою, тобто зі збільшенням амплітуди коливань повне переміщення соломини зростає, що призводить до поліпшення процесу сегрегації вільного зерна крізь шар соломи.

3. Найбільш раціональним режимом роботи сепаруючого робочого органу є амплітуда  $0,01$  м.

*Література*

1. *Шабанов П. А.* Механико-технологические основы обмолота зерновых культур на корню: дис... д-ра техн. наук / *П. А. Шабанов.* – Мелитополь, 1988. – 336 с.
2. *Леженкин А. Н.* Методология формирования энерго- и ресурсосберегающей технологии уборки зерновых культур в условиях фермерских хозяйств (на примере Украины): дис... д-ра техн. наук / *А. Н. Леженкин.* – М., 2008. – 503 с.
3. *Леженкин А. Н.* Энергетическая оценка стационарной технологии уборки зерновой части урожая / *А. Н. Леженкин* // Механизация и электриф. сел. х-ва. – 2007. – №2. – С. 5-7.
4. *Леженкин А. Н.* Формирование стационарной технологии уборки зерновых культур в условиях фермерских хозяйств Украины / *А. Н. Леженкин* // Праці ТДАТУ. – Мелітополь, 2006. – [Вип. 40]. – С. 195-204.
5. *Леженкін І.* Доробка обчісаного вороху зернових на фураж / *І. Леженкін* // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України; зб. наукових праць Українського наукового-дослідного інституту випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва – Дослідницьке, 2012. – Вип. 16 (30). – Кн. 1. Сільськогосподарська техніка ХХІ: конструювання, випробування, прогнозування. – С. 437-440.
6. *Гончаров Б. И.* Исследование рабочего процесса очесывающего устройства для обмолота риса на корню с целью уменьшения потерь зерна: дис... канд. техн. наук / *Б. И. Гончаров.* – М., 1982. – 217 с.
7. *Данченко Н. Н.* Обоснование параметров щеточного устройства для очесывания метелок риса на корню: автореф. дис... канд. техн. наук / *Н. Н. Данченко.* – Челябинск, 1983. – 15 с.
8. *Голубев И. К.* Обоснование основных параметров и режимов работы двухбарабанного устройства для очеса риса на корню: дис... канд. техн. наук / *И. К. Голубев.* – М., 1989. – 201 с.
9. *Аблогин Н. Н.* Обоснование технологической схемы и параметров устройства для сепарации очесанного вороха риса: дис... канд. техн. наук / *Н. Н. Аблогин.* – Мелитополь, 1997. – 215 с.
10. *Шкиндер В. Н.* Обоснование параметров и разработка молотильно-сепарирующего устройства перспективных рисоуборочных комбайнов: дис... канд. техн. наук / *В. Н. Шкиндер.* – Мелитополь, 1991. – 226 с.
11. *Кравчук В.* Результати польових випробувань експериментального очисника обчісаного вороху зернових / *В. Кравчук, І. Леже-*

нкін, І. Іваненко // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: зб. наукових праць Українського науково-дослідного інституту випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва. – Дослідницьке, 2013. – Вип. 17 (31). – Кн. 1. Сільськогосподарська техніка ХХІ: конструювання, випробування, прогнозування. – С. 313-320.

12. Пат. кор. мод. 93931 Україна. МПК В 07 В 1/22 (2006.01). Очисник обчисаного вороху / І. О. Леженкін (Україна). – №u201403942; заяв. 14.02.2014; опубл. 27.10.2014, бюл. №20.

13. Леженкин И. А. Усовершенствование уравнений движения компонентов очесанного вороха зерновых на поверхности плоского решета / И. А. Леженкин // Наука: многопроф. науч.-производств. журнал Констанайского инженерно-экономического университета. – Костанай, Республика Казахстан, 2014. – Т. 1. – С. 181-185.

14. Кудрявцев Л. Д. Математический анализ / Л. Д. Кудрявцев. – М.: Высшая школа, 1980. – Т. 1. – 788 с.

## **ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ АМПЛИТУДЫ КОЛЕБАНИЙ РАБОЧЕГО ОРГАНА ДЛЯ СЕПАРАЦИИ ОЧЕСАННОГО ВОРОХА ЗЕРНОВЫХ**

Леженкин И. А.

**Аннотація** – в статті на основі положень математического анализа рассмотрено теоретическое обоснование амплитуды колебаний сепарирующего рабочего органа для выделения крупных соломистых примесей и оборванных колосков из очесанного вороха зерновых культур.

## **THEORETICAL JUSTIFICATION OF THE AMPLITUDE OF OSCILLATIONS WORKING PART FOR SEPARATION COMBED HEAP OF CEREALS**

I. Lezhenkin

### **Summary**

**In the article, based on the provisions of mathematical analysis, the theoretical justification of the amplitude of the oscillations of the separating working organ for isolating large straw impurities and ragged spikelets from a combed heap of grain crops is considered.**