

**Yuriy Kuleshkov, Mikhail Chernovol, Timofey Rudenko, Mikhail Krasota, Sergey Magopetz, Ksenija Kuleshkova**

*Kirovograd national technical university*

**The research of regularities of the change of geometrical parameters of tothing in gear pump**

The objective of the research is the development of theory to create a physical and mathematical model of the process of instant feed of a gear pump. That will allow explaining the peculiarities of the instant feed and the pressure in the process of operating cycle.

The article presents the proof of the theorem about special movement of the elements of evolute tothing which is the theoretical basis of the decrease of pulsation of geometrical instant feed of gear pump during all the period of tothing excluding the pitch point.

We have proved the theorem of the theory of evolute tothing which determines the speed of area change described by radiuses that connect the centres of gear rotation with pitch point. The proved theorem may be used while designing gear pumps because in a gear pump the evolute tothing carries out two functions. First, tothing is used to transport hydraulic fluid from suction chamber to injection chamber and provides increase of pressure of hydraulic fluid together with other sealing elements of a pump. Second, tothing plays a traditional role of transforming of rotation moment from pump drive to driven gear. It is an additional function in a gear pump.

The proof of the theorem shows that traditional image of pulsation of instant feed and pressure in the process of feed of hydraulic fluid in gear pumps is not absolutely true to the reality.

**eevolute tothing, pitch point, envolute, angle of tothing, gear pump, instant feed, geometrical feed**

Одержано 14.11.14

**УДК621.798.38**

**О.В. Оришака, доц., канд. техн. наук, В.І. Гуцул, доц., канд. ф.-м. наук, А.М. Артюхов, доц., канд. техн. наук**

*Кировоградський національний технічний університет*

## **Обгрунтування постачального пристрою установки безперервної дії для завантаження сипких матеріалів**

Визначений вплив параметрів постачального пристрою на швидкість руху сипкого матеріалу в каналах патрубків в стаціонарному положенні і при обертанні пристрою, зміна лінійної питомої маси сипкого матеріалу в патрубках, а також центр мас сипкого матеріалу. Установлено, що швидкість руху сипкого матеріалу в каналах патрубків при обертанні пристрою збільшується відносно його стаціонарного положення, що виключає порушення технологічного процесу із-за забивання каналів патрубків.

**установка, сипкий матеріал, постачальний пристрій, патрубок**

**О.В. Оришака, доц., канд. техн. наук, В.І. Гуцул, доц., канд. ф.-м. наук, А.М. Артюхов, доц., канд. техн. наук**

*Кировоградский национальный технический университет*

**Обоснование питательного устройства установки непрерывного действия для загрузки сыпучих материалов**

Определено влияние параметров питательного устройства на скорость движения сыпучего материала в каналах патрубков в стационарном положении и при вращении устройства, изменение удельной линейной массы сыпучего материала в канале установки. Установлено, что скорость сыпучего материала в каналах патрубков при вращении устройства увеличивается относительно его стационарного положения, что исключает нарушение технологического процесса из-за забивок патрубков.

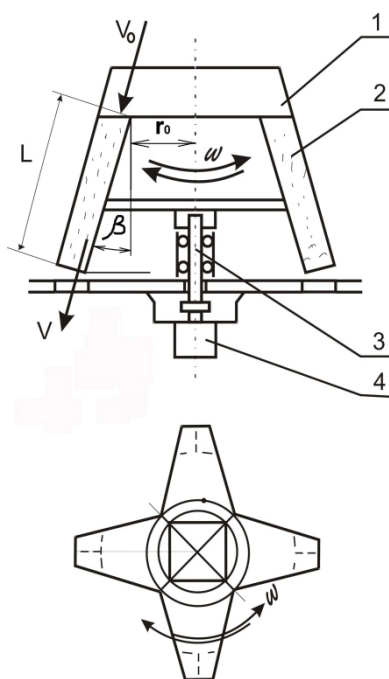
**установка, сыпучий материал, снабжающее устройство, патрубок**

**Постановка проблеми.** Роботи по завантаженню сипких матеріалів сільськогосподарського виробництва, зернопереробної, харчової та інших галузей господарства є трудомісткими і енергоємними. Аналіз роботи існуючих конструкцій машин для завантаження сипких матеріалів показує, що вони потребують значних витрат енергії, допускають порушення технологічного процесу, не забезпечують універсальності та високої точності дозування. Виходячи з викладеного, проведення додаткових досліджень по вдосконаленню постачальних пристроїв для завантаження дрібнозернистих сільськогосподарських матеріалів і сумішей у клапанні мішки є актуальним завданням.

**Аналіз основних досліджень і публікацій.** В установках безперервної дії для завантаження сипких матеріалів в клапанні мішки передбачено ряд нових рішень для підвищення технологічної надійності, зниження енергетичних витрат.

До цих рішень відносяться: стабілізатор потоку сипкого матеріалу, регулятор витoku з конусним і плоским скатом, постачальний пристрій, блоки секцій з вертикальними завантажувальними секціями [1, 2, 3].

Постачальний пристрій (рис. 1.) представляє собою ротор з вертикальною віссю обертання (періодично здійснює зворотно-обертаний рух на передбачений кут), що містить приймальну частину і патрубкі. Поворот здійснюється електромагнітами або серводвигуном. По патрубкам постійно рухається сипкий матеріал.



1 – приймальна частина; 2 – патрубкі; 3 – вісь; 4 – серводвигун або електромагніти

Рисунок 1 – Схема постачального пристрою

**Ціль дослідження.** Провести аналіз впливу параметрів постачального пристрою на швидкість переміщення сипкого матеріалу по патрубкам при обертанні ротора.

**Основна частина.** Розглянемо рух матеріальної частинки по каналу патрубкі при стаціонарному положенні постачального пристрою і при обертанні ротора, а також визначимо центр маси сипкого матеріалу в патрубці і зміну лінійної питомої маси сипкого матеріалу в патрубці.

На матеріальну частинку сипкого матеріалу, що рухається по каналу патрубкі, при обертанні ротора діють наступні сили:

1. Сила ваги  $\bar{P} = mg$ , яка розкладається на дві складові:  $mg \sin \beta$ , яка діє перпендикулярно до поверхні патрубку і визиває при русі силу тертя  $fmg \sin \beta$ , і  $mg \cos \beta$ , яка направлена паралельно руху матеріалу, де  $f$  – коефіцієнт тертя сипкого матеріалу по стінці патрубку,  $\beta$  – кут нахилу патрубку до вертикалі.

2. Відцентрова сила  $F_{ц} = m\omega^2 r$ , яка направлена від центра ротора, де  $\omega$  – кутова швидкість обертання ротора.

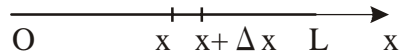
3. Сила Коріоліса  $F_K = 2m\omega V \sin \beta$ .

4. Сила тертя  $F_T = fN$ , де  $N$  – реакція патрубку.

При стаціонарному положенні постачального пристрою на матеріальну частинку діють сила ваги і сила тертя  $F_T$ .

*Обчислення густини, маси матеріалу в патрубку та центру мас через швидкість руху.*

Розглядаємо стовп сипкого матеріалу в патрубку як стержень змінної густини. Знаючи закон розподілу густини, можемо визначити масу і центр мас стовпа матеріалу в патрубку. Виразимо далі густину  $\gamma(x)$  через швидкість руху частинки  $v(x)$ .



Розглянемо малий відрізок  $[x, x + \Delta x]$  довжиною  $\Delta x$ . Припустимо, що на цьому відрізку швидкість руху матеріалу залишається сталою і дорівнює  $v(\xi)$ , де  $x \leq \xi \leq x + \Delta x$ . Частинка проходить вказаний відрізок за час  $\Delta t = \Delta x/v(\xi)$ . Отже, маса  $\Delta m$  матеріалу та лінійна густина  $\gamma(x)$  на цьому відрізку визначаються наступними наближеними рівностями:

$$\Delta m \approx q \cdot \Delta t = q \cdot \Delta x/v(\xi), \quad \gamma(x) = \Delta m/\Delta x \approx q/v(\xi),$$

де  $q$  – подача сипкого матеріалу.

Перейшовши в останній рівності до границі при  $\Delta x \rightarrow 0$  і врахувавши, що при цьому  $\xi \rightarrow x$ , отримуємо точну формулу для густини стовпа в точці  $x$ :

$$\gamma(x) = q/v(x). \quad (1)$$

Маса матеріалу в патрубку та центр мас визначається наступним чином:

$$M = \int_0^L \gamma(x) dx = q \int_0^L \frac{dx}{v(x)}. \quad (2)$$

$$\bar{x} = \frac{1}{M} \int_0^L x \gamma(x) dx = \frac{q}{M} \int_0^L \frac{x}{v(x)} dx. \quad (3)$$

Відмітимо, що формули (1-3) справедливі як для стаціонарного положення патрубку, так і для випадку, коли він рухається.

*Рух частинки в патрубку без обертання ротора.*

У цьому випадку швидкість матеріальної частинки, яка рухається під дією сили ваги і сили тертя  $F_T$ , визначається за формулою:

$$v = \sqrt{2g(\cos \beta - f \sin \beta)x + v_0^2}. \quad (4)$$

Використовуючи рівняння (1), отримуємо:

$$\gamma(x) = \frac{q}{\sqrt{2g(\cos \beta - f \sin \beta)x + v_0^2}}. \quad (5)$$

Визначаємо масу сипкого матеріалу в патрубку за допомогою формули (2):

$$M = q \int_0^L \frac{dx}{\sqrt{2g(\cos\beta - f \sin\beta)x + v_0^2}}.$$

Проінтегрувавши, одержуємо:

$$M = q \frac{\sqrt{2gL(\cos\beta - f \sin\beta) + v_0^2} - v_0}{g(\cos\beta - f \sin\beta)}, \quad (6)$$

де  $v_0$  – початкова швидкість сипкого матеріалу.

Застосувавши залежність (3) визначаємо центр мас матеріалу в патрубці:

$$\bar{x} = \frac{q}{M} \int_0^L \frac{x}{\sqrt{2g(\cos\beta - f \sin\beta)x + v_0^2}} dx.$$

Проінтегрувавши і врахувавши умову (6), одержуємо:

$$\bar{x} = \frac{1}{3}L + \frac{v_0 \left( \sqrt{2gL(\cos\beta - f \sin\beta) + v_0^2} - v_0 \right)}{6g(\cos\beta - f \sin\beta)}. \quad (7)$$

Останню формулу можна представити у вигляді:

$$\bar{x} = \frac{1}{3}L + \frac{v_0 M}{6q}. \quad (8)$$

*Рух частинки в патрубці з обертальним рухом.*

Частинка (матеріальна точка) рухається під дією сили  $\bar{F}$ :

$$\bar{F} = \bar{F}_ц + \bar{P} + \bar{F}_к + \bar{F}_т, \quad (9)$$

де  $F_ц = m\omega^2 r = m\omega^2 (r_0 + x \sin\beta)$ ,  $P = mg$ ,  $F_к = 2m \sin\beta \cdot \omega \cdot \frac{dx}{dt}$ ,  $F_т = fN$  ( $N$  – реакція патрубка).

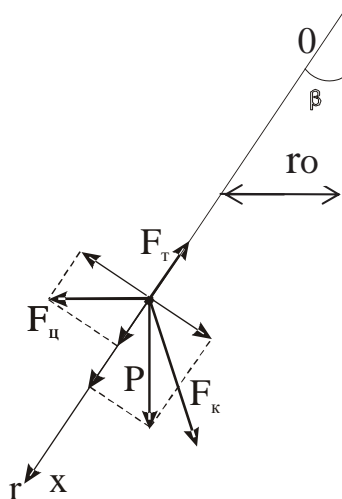


Рисунок 2 – Розрахункова схема

Враховуючи вказані співвідношення, записуємо рівняння руху матеріальної точки у проекції на вісь  $Ox$ :

$$\frac{d^2x}{dt^2} = \omega^2 (r_0 + x \sin\beta) \sin\beta + g \cos\beta - 2f \sin\beta \cdot \omega \cdot \frac{dx}{dt} - \left| \omega^2 (r_0 + x \sin\beta) \cos\beta - g \sin\beta \right| f. \quad (10)$$

Розглянемо швидкість руху частинки  $v$  як функцію аргументу  $x$ , тобто зробимо в останньому рівнянні підстановку:

$$\frac{dx}{dt} = v, v = v(x), \frac{d^2x}{dt^2} = v \frac{dv}{dx}. \quad (11)$$

Маємо:

$$\frac{dv}{dx} = \frac{1}{v} \left( \omega^2 (r_0 + x \sin \beta) \sin \beta + g \cos \beta - 2f \sin \beta \cdot \omega v - \left| \omega^2 (r_0 + x \sin \beta) \cos \beta - g \sin \beta \right| f \right). \quad (12)$$

В рівнянні (12) можна позбавитися модуля, якщо врахувати напрям рівнодіючої сил, які діють перпендикулярно до нижньої і верхньої стінок патрубку. Дослідження вказаної рівнодіючої представляє також і самостійний інтерес. Величина і напрям цієї величини визначаються функцією:

$$u(\omega, x) = (\omega^2 (r_0 + x \sin \beta) \cos \beta - g \sin \beta) f. \quad (13)$$

Нижче наведені графіки функції  $u(\omega, x)$  при деяких фіксованих значеннях  $x$  (рис.3) і  $\omega$  (рис.4). Якщо  $\omega < \sqrt{g \cdot \operatorname{tg} \beta / (r_0 + L \sin \beta)}$ , то  $u(\omega, x) < 0$  при будь-якому  $x \in [0, L]$  (для взятих значень параметрів  $\omega < 3,87$ ). У цьому випадку потік матеріалу рухається по нижній стінці патрубку, подібно тому, як це відбувається при стаціонарному положенні патрубку. Якщо  $\omega > \sqrt{g \cdot \operatorname{tg} \beta / r_0}$ , то  $u(\omega, x) > 0$  при будь-якому  $x \in [0, L]$  (для взятих значень параметрів  $\omega > 5,72$ ). У даній ситуації потік зміщується до верхньої стінки патрубку. Якщо ж  $\sqrt{g \cdot \operatorname{tg} \beta / (r_0 + L \sin \beta)} < \omega < \sqrt{g \cdot \operatorname{tg} \beta / r_0}$ , то при  $x \in [0, L]$  функція  $u(\omega, x)$  приймає значення різних знаків. У цьому випадку частина потоку притискається до нижньої стінки патрубку, а частина – до верхньої. При  $\omega > \sqrt{g \cdot \operatorname{tg} \beta / r_0}$  рівняння (12) переписується у вигляді:

$$\frac{dv}{dx} = \frac{1}{v} \left( \omega^2 (r_0 + x \sin \beta) \sin \beta + g \cos \beta - 2f \sin \beta \cdot \omega v - (\omega^2 (r_0 + x \sin \beta) \cos \beta - g \sin \beta) f \right). \quad (14)$$

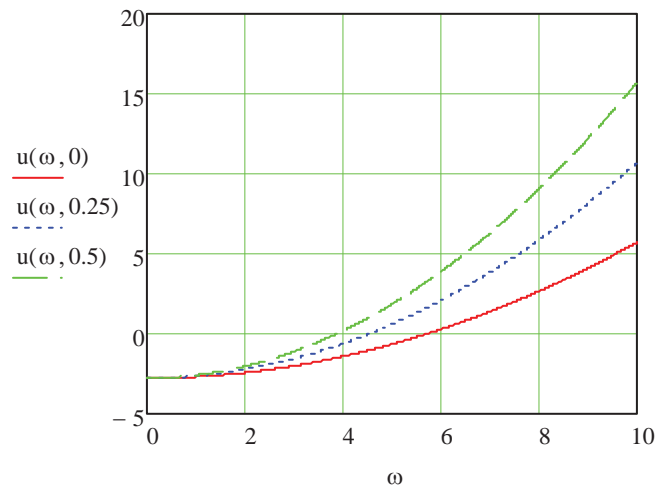


Рисунок 3 – Залежність рівнодіючих сил, що діють перпендикулярно до нижньої і верхньої стінок патрубку від кутової швидкості при:  $f=0,4$ ;  $\beta = \pi / 4$ ;  $r_0=0,3\text{м}$ ;  $v_0=0,1\text{м/с}$ ;  $g=9,8$ ;  $L=0,5\text{м}$ ;  $q=1 \text{ кг/с}$

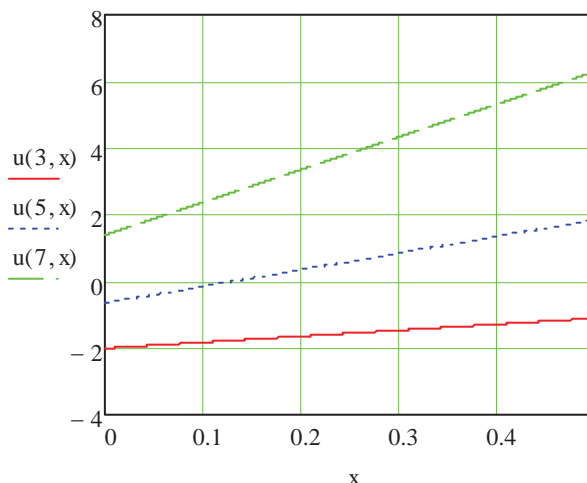


Рисунок 4 – Розподіл рівнодіючих сил, що діють перпендикулярно до нижньої і верхньої стінок патрубка по довжині патрубка:  
 $f=0,4$ ;  $\beta = \pi / 4$ ;  $r_0=0.3\text{м}$ ;  $v_0=0.1\text{м/с}$ ;  $g=9,8$ ;  $L=0,5\text{м}$ ;  $q=1 \text{ кг/с}$

Диференціальне рівняння (14) інтегрується аналітичним методом, але отриманий загальний інтеграл  $\Phi(x, v, C) = 0$  є досить громіздким і вказане співвідношення не розв’язується відносно  $v$ . В зв’язку зі вказаним, залежність  $v = v(x)$  була отримана чисельним методом за допомогою математичного пакету Mathcad [4].

На наведених нижче рисунках  $v(x)$  – швидкість руху частинки в патрубку з обертальним рухом,  $v_0(x)$  – швидкість руху частинки при стаціонарному положенні патрубку.

Зображені графіки (рис.5, 6) свідчать про те, що обертальний рух патрубків збільшує швидкість частинки.

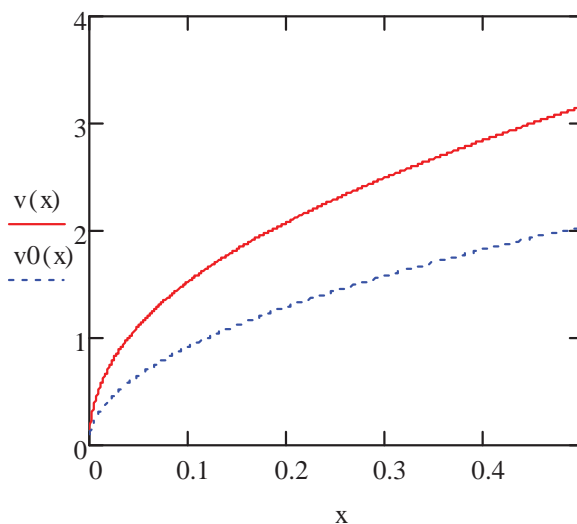


Рисунок 5 – Розподіл швидкості руху сипкого матеріалу по довжині патрубку при:  $f=0,4$ ;  $\beta = \pi / 4$  ;  
 $w = 2\pi$ ;  $r_0=0.3\text{м}$ ;  $v_0=0.1\text{м/с}$ ;  $g=9,8 \text{ м/с}^2$ ;  $L=0,5\text{м}$ ;  $q=1 \text{ кг/с}$

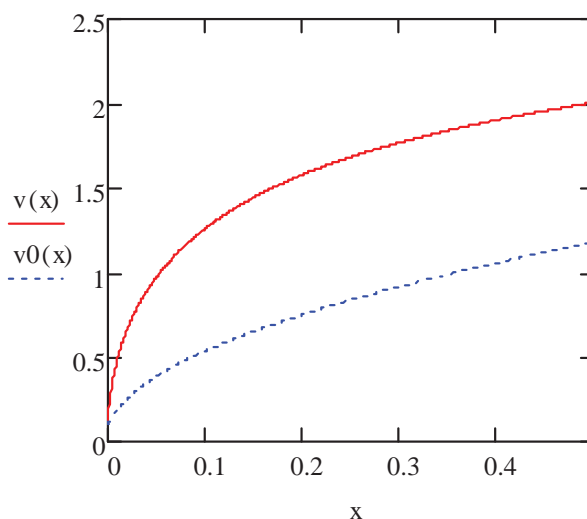


Рисунок 6 – Розподіл швидкості руху сипкого матеріалу по довжині патрубку при:  $f=0,8$ ;  $\beta = \pi/4$ ;  
 $w = 2\pi$ ;  $r_0=0,3\text{м}$ ;  $v_0=0,1\text{м/с}$ ;  $g=9,8\text{ м/с}^2$ ;  $L=0,5\text{м}$ ;  $q=1\text{ кг/с}$

Використовуючи залежність (2) визначаємо масу  $M$  матеріалу в патрубці. Для вказаних значень параметрів ( $f = 0,4$ ) в патрубці з обертальним рухом  $M = 0,287$ , при стаціонарному положенні патрубку  $M = 0,467$ .

З наведеного вище, можна зробити наступні висновки:

1. Швидкість руху сипкого матеріалу в патрубці постачального пристрою збільшується при обертанні ротора по відношенню до стаціонарного положення ротора. Це дає можливість уникнути накопичування сипкого матеріалу, що могло б привести до забивання каналу.

2. При підвищенні кутової швидкості обертання ротора потік матеріалу зміщується від нижньої до верхньої стінки патрубку.

3. Маса сипкого матеріалу, що знаходиться в патрубці, при обертанні ротора зменшується.

4. Отримання позитивного розрахункового ефекту викликає професійну зацікавленість для впровадження її у виробництво та подальше промислове використання в агропромисловому комплексі.

## Список літератури

1. Теоретичне дослідження подільчо-формуєчих постачальних пристроїв машин для завантаження сипких матеріалів/ Оришака О.В., Гончаров В.В., Артюхов А.М., Оришака В. О. // Загальнодержавний міжвідомчий наук.-технічний збірник «Констр. виробництво та експлуатація с-г. машин». – Кіровоград, КНТУ, 2010р. - Випуск 40, частина I, -С. 86-92.
2. Аналіз продуктивності установки безперервної дії для завантаження сипких матеріалів/ Оришака О.В., Оришака В. О., Артюхов А.М., Кравцов А.О. // Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти– Запоріжжя, НВК Інтер-М, 2013р. - Випуск 1, -С. 169-175.
3. Установка безперервної дії для завантаження сипких матеріалів в клапанні мішки / Заява на винахід №201306474 від 24 травня 2013 - Оришака О.В., Кравцов А.О., Артюхов А.М., Оришака В.О.
4. Дьяконов В. MathCAD 2000: учебный курс / Дьяконов В. – Спб: Питер, 2000.- 592 с.: ил.

**Oleg Oryhsaka, Vasily Gutsul, Anatioliy Artiukhov**

*Kirovograd National Technical University*

**Rationale feeding devices installation continuous operation to download free-flowing materials**

Modern machines for loading friable materials into valve bags require a considerable amount of energy, allow the loss of fasoo material, as well as the violation of technological process at boot friable materials, so the improvement of modern mechanization is an actual scientific problem.

The effect of the parameters of the feeding device the speed of movement of the friable material in the channels of the nozzle in a stationary position during rotation of the device, the change of a specific linear mass of granular material in the channel setup. It is established that the speed of the friable material in the channels of the nozzles during rotation of the device increases relative to its stationary position, which eliminates the violation of technological process of plugging nozzles.

Resume: 1. The speed of movement of the friable material in patrols postchallenge of the device increases when the rotation of the rotor relative to the stationary position of the rotor. This makes it possible to avoid the accumulation of loose material that could lead to blockage of the channel.

2. With increasing angular velocity of rotation of the rotor the flow of material moves from the lower to the upper wall of the socket.

3. The weight of friable material in patrols, when the rotor is reduced.

**device, friable material, feeding mechanism, nozzles**

Одержано 04.10.14

**УДК 631.362.3**

**А.Н.Прилуцький, канд. техн. наук, ст. наук.співр.**

*Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»*

## **Обґрунтування процесу ефективного живлення і конструкційної схеми дозуючо-живильного пристрою зерноочисного модуля універсальних пневмовібровідцентрових сепараторів зерна**

Викладено результати досліджень процесів дозування і живлення пневмовідцентрових і вібровідцентрових решітних робочих органів сепараторів зерна з вертикальним розміщенням осей обертання, сформульовано технологічні вимоги до дозуючо-живильних пристроїв, обґрунтовано процес ефективного живлення, конструкційна схема і основні параметри дозуючо-живильного пристрою зерноочисного модуля універсальних пневмовібровідцентрових сепараторів зерна.

**сепарація, дозування, розподілення, рівномірність, ефективність**

**А.Н.Прилуцкий, канд. техн. наук, ст. научн. сотр.**

*Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства»*

**Обоснование процесса эффективного питания и конструктивной схемы дозирующе-питающего устройства зерноочистительного модуля универсальных пневмовиброцентробежных зерновых сепараторов**