

УДК 621.87

## МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЗМІШУВАННЯ ЗЕРНОВИХ СУМІШЕЙ ГВИНТОВИМ ЗМІШУВАЧЕМ

*Паладійчук Юрій Богданович к.т.н., доцент*

*Тарасюк Юрій Миколайович аспірант*

*Вінницький національний аграрний університет*

*Любачівський Роман Орестович аспірант*

*Тернопільський національний технічний університет*

*Paladiychuk Y.*

*Tarasyuk Y.*

*Vinnitsia National Agrarian University*

*Lubachivsky R.*

*Ternopil National Technical University*

*Анотація:* приведена конструкція гвинтового змішувача з пересипом, з спеціальними змішувальними вирізами в гвинтовому робочому органі. Вивезені аналітичні залежності для визначення силових, конструктивних і технологічних параметрів. Встановлено, що ймовірність проходження зернин із комірки в комірку рівна добутку коефіцієнтів, що враховують пересипання вантажу у зворотному напрямку через вирізані отвори у шнеку під час транспортування.

*Ключові слова:* гвинтові змішувачі, зернові суміші, змішування, моделювання змішування.

### *Постановка питання*

Приготування однорідних за складом зернових сумішей, композицій з твердих матеріалів, які знаходяться у зерновому чи порошкоподібному вигляді, їх змішування є широко використовуваним процесом. У багатьох випадках від його якісного змішування залежить якість готової продукції. Процес змішування сипких матеріалів протікає в часі, його хід і швидкість залежить від фізико-механічних властивостей матеріалів, конструкції змішувачів і циклічності їх роботи. Розроблення, створення нових конструкцій, різних моделей дозволяє значно спростити весь механізм змішувачів.

### *Аналіз останніх досліджень та публікацій*

Приготування однорідних за складом зернових, сипких і порошкоподібних сумішей з твердих матеріалів і їх змішування присвячені праці Макарова Ю.И. [1], Гячева Л.В. [2], Дубникова Е.Е. [3], Дмитрова Д.В. [4] та багатьох інших вчених і спеціалістів. Враховуючи те, що змішування сумішей у твердому вигляді є більш важкий процес ніж рідкі і газоподібні речовини, тому їх дослідження потребують більш ґрунтовних досліджень.

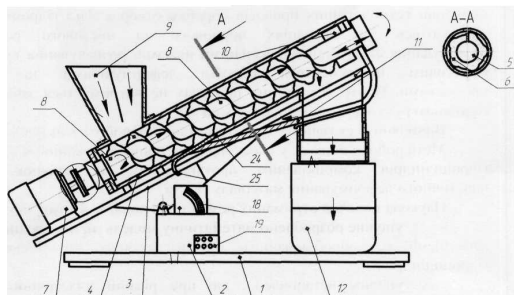
### *Мета роботи*

Розроблення моделі технологічного процесу змішування зернових сумішей з розробленням технологічного оснащення і виведенням аналогічних залежностей і для визначення силових, технологічних і конструктивних параметрів.

Для покращення роботи гвинтового змішувача нами розроблено спеціальну

конструкцію з пересипом і вібраційним пристроєм.

Розглянемо роботу гвинтового змішувача [5], який працює в середньошвидкісному режимі, то його транспортуюча здатність буде відповідати транспортуючій здатності середньошвидкісного гвинтового конвеєра.



**Рис. 1. Гвинтовий змішувач з пересипом і спеціальної конструкції гвинтового змішувального робочого органу: 1- рама; 2 - механізм нахилу конвеєра; 3 - кожух; 4 - гвинтовий робочий орган; 5,6 - профільні вирізи на шнеку для змішування; 7 - привід; 8 - вібраційний механізм; 9 - бункер; 10 - перекидна крильчатка; 11 - шибер; 12 - ємність**

Продуктивність гвинтового змішувача, при усталеному режимі роботи, є величиною постійною на всій довжині змішувача, як в зонах завантаження, змішування і транспортування, так і в зоні перевантаження і визначається за залежністю:

$$Q = \psi \cdot \psi_2 \cdot \varphi_0 \cdot z_2' \frac{(4R^2 - d^2)}{4} \quad (1.1)$$

де  $z_2'$  - осьова швидкість суміші в транспортуючій частині;

$\psi$  - коефіцієнт, що враховує пересипання вантажу в зворотному напрямку під час транспортування,  $\psi = f(\kappa, \gamma, \cos)$ ;

$\psi_2$  - коефіцієнт, що враховує пересипання вантажу в зворотному напрямку через вирізи у шнекові;  $R$  - внутрішній радіус кожуха гвинтового змішувача;

$\varphi_0$  - коефіцієнт заповнення гвинтового змішувача в транспортуючій частині;

$d$  - діаметр вала шнека гвинтового змішувача;

$K_T$  - коефіцієнт кроку витків шнека гвинтового змішувача;

$\gamma$  - кут нахилу гвинтового змішувача. Осьову швидкість суміші в транспортуючій частині визначаємо із залежності [1]

$$z_2' = \frac{T}{2\pi} (\omega - \omega_2)$$

де  $\omega$  - частота обертання шнека гвинтового змішувача;

$\omega_2$  - частота обертання суміші під час змішування;

$T$  - крок розміщення витків шнека гвинтового змішувача.

Тоді формулу (1.1) можна представити наступним чином [5]

$$Q = \psi \cdot \psi_2 \cdot \varphi_0 \cdot T \frac{(4R^2 - d^2) (\omega - \omega_2)}{8\pi}$$

Коефіцієнт, що враховує пересипання вантажу в зворотному напрямку через вирізи у шнекові визначаємо за формулою

$$\psi_2 = 1 - \frac{nd_1^2}{D^2 - d^2}$$

де  $n$  - кількість повних круглих вирізів на одному витку шнека;  
 $d_1$  - діаметр вирізу на витку шнека;  $D$  - зовнішній діаметр шнека.

Графік залежності продуктивності гвинтового конвеєра від діаметра шнека представлено на рисунку 1.1.

Найбільш ефективний процес змішування суміші забезпечується в зоні перевантаження, де основним фактором є ударна дія лопатей на суміш. У цьому випадку середня швидкість частинок потоку зростає від значення  $v_1$  на вході до значення  $v_2$  на виході.

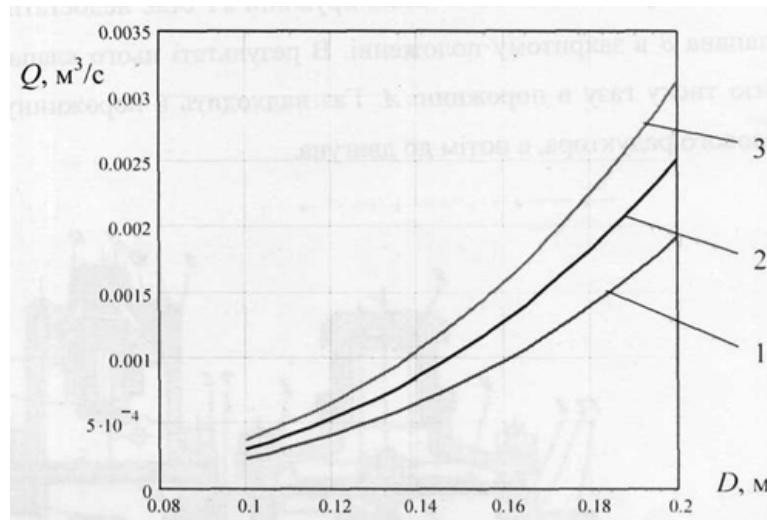


Рис. 1.1. Графіки залежності продуктивності гвинтового змішувача від діаметра шнека  $\gamma=30$ град,  $d=0,02$ м,  $\varphi_0=0,5$ ,  $\psi_2=0,8$ : 1  $n=200$  об/хв, 2  $n=250$  об/хв; 3 - 300 об/хв

Для оцінки зміни кінетичної енергії, яку отримує елемент суміші в результаті ударного навантаження припускаємо, що основна складова руху суміші на вході й на виході лопаті направлена горизонтально вісі змішувача та на виході швидкість потоку відновлюється до  $v_2 = v_0$

Тоді приріст кінетичної енергії виділеного об'єму масою  $m$  буде складати:

$$E_y = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = \frac{m(\omega - \omega_0)^2 r^2}{8\pi^2} (1 - \varphi_0^2 v_0^2)$$

де  $v_2$  - швидкість суміші на лопатях;

$v_0$  - початкова швидкість суміші в зоні завантаження.

Відносний енергетичний параметр кількісної оцінки впливу лопатей  $\xi$  тісно скорельований із ступеню змішування та відповідає параметру  $\xi_k$  за умови  $K=2$  [4]:

$$\xi = \frac{E_y}{E_{y \max}} = 1 - \varphi_0^2 v_0^2$$

де  $E_{y \max}$  - максимальний приріст кінетичної енергії.

Залежність (1.7) показує, що зменшення коефіцієнта заповнення суміші на вході приводить до інтенсифікації процесу змішування.

Вплив ударного навантаження на зміну енергосилових параметрів процесу можна оцінити введенням поправочного коефіцієнту, величина якого в першому наближенні рівне

$$k = 1 + \frac{N_{y\theta}}{N_{mp}}$$

де  $N_{y\theta}$  - потужність приводу, що витрачається на ударне змішування;

$N_{mp}$  - потужність гвинтового конвеєра з аналогічними параметрами.

У першому наближенні, без врахування збільшення втрат на тертя суміші в кожусі:

$$N_{y\theta} = \frac{\rho_M(\omega - \omega_s)T^3 D^2 (I - \varphi_0^2 v_0^2)(I + \varphi_0 v_0)}{128\pi^2}$$

де  $\rho_M$  - густина змішаного матеріалу.

Оскільки параметри руху під час ударної взаємодії суміші із лопаттю та в процесі проходження в зоні транспортування-змішування змінюються, то доцільно визначити усереднені їх значення на певних ділянках.

Для цього розбивають зону змішування на  $n_k$  комірок, границі між якими проходять посередині витків. Нульова комірка  $n_k = 0$  відповідатиме зоні завантаження та розміщена до першої секції. Остання ( $n_k$ ) комірка розміщена за останньою секцією і відповідає зоні перевантаження гвинтового змішувача.

Час проходження сумішшю однієї комірки згідно рівний

$$t_f = \frac{2\pi}{\omega - \omega_s}$$

Аналіз залежності для визначення продуктивності гвинтового змішувача показує, що ймовірність проходження частинок із комірки в комірку рівна добутку коефіцієнта, що враховує пересипання вантажу в зворотному напрямку під час транспортування та коефіцієнта що враховує пересипання вантажу в зворотному напрямку через вирізи у шнекові  $\psi\psi_2$ , значення якого може бути

встановлено експериментально за залежністю:

$$p_k = \psi\psi_2 = \frac{8\pi Q}{\varphi_0 T(4R^2 - d^2)(\omega - \omega_s)}$$

У випадку просипання матеріалу через вирізи у витках та краї лопаті розрахункова швидкість суміші у гвинтовому змішувачі зменшиться, а середній час перебування частинок в кожній комірці і в зоні змішування відповідно збільшиться.

На основі проведених досліджень можна зробити наступні висновки:

1. Представлена удосконалена конструкція гвинтового змішувача з пересипом і з спеціальним змішувальними вирізами в гвинтовому робочому органі, яка захищена патентом України на винахід. Виведені аналітичні залежності для визначення силових, конструктивних і технологічних параметрів. Встановлено, що ймовірність проходження зернин з комірки в комірку рівна добутку коефіцієнтів, що враховують пересипання вантажу у зворотному напрямку через вирізані отвори у шнеку під час транспортування.

2. Приведені графічні залежності продуктивності гвинтового змішувача від діаметра шнека для різних режимів роботи.

### Список літератури

1. Макаров Ю.И. Апарати для змішування сипких матеріалів/ Ю.И. Макаров. - М.:Машиностроение, 1973,ст.216.
2. Гячев Л.В. Движение сыпучих материалов в трубах и бункерах / Л.В. Гячев. Изд.- М.:Машиностроение, 1968, ст. 184.

3. Дудников Н.Г. Построение математических моделей химико-технологических объектов / Н.Г. Дудников и др. Изд. - М.:Наука" 1969, ст.511.
4. Дмитрів Д.В. Розробка конструкцій та обґрунтування параметрів малогабаритних кормозмішувачів. / Д.В. Дмитрів. Автореф. канд. техн. наук, Тернопіль, 2001, ст. 19.
5. Патент 62633 Змішувач гвинтовий вібраційний. Україна. Любачівський Р.О., Дячун А.С. та інші. Бюл. №17,2011.
6. Гевко Б.М. Винтовые подающие механизмы с.х. машин / Б.М. Гевко, Р.М. Рогатинськи. - Львов 1989, ст. 216.

### References

- 1 Makarov YU.I. Apparaty dlya smeshvaniya sypkikh materialov / YU.I. Makarov. - M. : Mashinostroyeniye , 1973 , st.216
- 2 Gyachev L.V. Dvizheniye sypchikh materialov v trubakh i bunkerakh / L.V. Gyachev . Izd.- M :Mashinostroyeniye, 1968, st. 184 .
- 3 Dudnikov N.G. Postroyeniye matematicheskikh modeley khimiko - tekhnologicheskikh ob"yektyny / N.G. Dudnikov i dr . Izd . - M. : Nauka " 1969, st.511 .
4. Dmytriv D.V. Rozrobka konstruksiy ta obgruntuvannya parametriv malohabarynykh kormozmishuvachiv . / D.V. Dmytriv . Avto-ref. kand . tekhn. nauk , Ternopil , 2001 , st . 19 .5. Patent 62633 Zmishuvach Hvyntove vibratsiyinyi . Ukrayina. Lyubachivskiy R.O. ,Dyachun A.YE. ta DPS Ukrayiny . Byul . №17,2011 .
- 6 Gevko B.M. Vintovyye podayushchiye mekhanizmy s.kh. mashin / B.N. Gevko , R.M. Rogatinskogo . -L'vov 1989, st. 216 .

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СМЕШИВАНИЯ ЗЕРНОВЫХ СМЕСЕЙ ВИНТОВЫМ СМЕСИТЕЛЕМ

**Аннотация:** приведена конструкция винтового смесителя с пересыпью, со специальными смесительными вырезами в винтовом рабочем органе. Вывезены аналитические зависимости для определения силовых, конструктивных и технологических параметров. Установлено, что вероятность прохождения зерен с ячейки в ячейку равна произведению коэффициентов, учитывающих пересыпки груза в обратном направлении через вырезанные отверстия в шнеке при транспортировке.

**Ключевые слова:** винтовые смесители, зерновые смеси, смешивания, моделирование смешивания.

## SIMULATION PROCESS MIXING GRAIN MIXTURES SCREW MIXER

**Summary:** present design spiral mixer pour, with special mixing screw cutouts in your body. Removed dependency analysis to determine the strength, design and process parameters. Established that the probability of passing the seeds of cells in the cell is equal to the product of factors that account for pouring cargo in the opposite direction through the carved holes in auger during transport.

**Keywords:** screw mixers, grain mixture, blending, mixing modeling.