

5. Использование физиологических растения льна масличного в селекции: рекомендации / Н.А. Дуктова [и др.]. – Горки: БГСХА, 2014.– 44 с.

6. Mahdi Mobini. Simulation of wood pellet production and distribution supply chains / Mahdi Mobini, Taraneh Sowlati, Shahab Sokhansanj // University of British Columbia, Department of Wood Science, Faculty of Forestry, Vancouver, Canada.

7. Г.А. Тіхосова, О.В. Князев, Т.М. Надєєва. Теоретичні передумови створення інноваційної технології переробки стебел льону олійного. Легка промисловість. 2010. №2, с.27-28.

8. Завірюха М.В., Пилип В.Є. Енергетичні показники процесу двохпідпорного різання стебел кукурудзи. – Техніка в сільськогосподарському виробництві. 19-30 березня 2013р.

УДК 621.929:664

© І.М. Дударєв, д.т.н., Л.Ю.Забродоцька, С.П.Схаб

Луцький національний технічний університет

©О.В.Голій, к.т.н.

Волинська державна сільськогосподарська станція

Інституту сільського господарства Західного Полісся НААН

## **ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІШУВАННЯ СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ**

*У статті наведено методику визначення вмісту компонентів у суміші сипких матеріалів, що одержана у спіральному змішувачі. Представлено результати експериментальних досліджень змішування сипких матеріалів у змішувачі та здійснено їх порівняння з результатами моделювання даного процесу.*

### **ЗМІШУВАННЯ, СИПКИЙ МАТЕРІАЛ, СПІРАЛЬНИЙ ЗМІШУВАЧ, МЕТОДИКА, ДОСЛІДЖЕННЯ.**

**Постановка проблеми.** Теоретичний опис процесу змішування сипких матеріалів є ускладненим, оскільки на його перебіг впливає низка факторів, зокрема конструкція та принцип роботи змішувача, фізико-механічні властивості та масово-розмірні характеристики компонентів суміші, а також вміст компонентів у суміші. Тому, як правило, змішування характеризують таким

показником як ступінь змішування, що визначають експериментальним шляхом.

Для теоретичного опису процесу змішування сипких матеріалів зі схожими фізико-механічними властивостями та масово-розмірними характеристиками у співвідношенні 1:1 у спіральному змішувачі (рис. 1, а) [1 – 3] та окремих конструкціях гравітаційних змішувачів (рис. 1, б) [4, 5] у роботі [6] запропоновано використовувати математичний апарат, що розроблений для марковського випадкового процесу. Така математична модель процесу змішування дозволяє встановити ймовірність знаходження частинок матеріалу кожного з компонентів в певному об'ємі їх суміші. Математична модель потребує перевірки її адекватності експериментальним шляхом, тому подальші дослідження у цьому напрямку є актуальними.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Науковцями розроблені різні методики визначення вмісту компонентів у суміші після змішування [4, 5, 7]. Більшість з них базується на статистичній обробці експериментальних даних. Разом з тим, перебіг процесу змішування сипких матеріалів у спіральному змішувачі має свої особливості, що зумовлюють необхідність розробки методики визначення вмісту компонентів у суміші.

**Мета дослідження** – розробити методику визначення вмісту компонентів в суміші сипких матеріалів, що одержана у спіральному змішувачі, та провести за цією методикою експериментальні дослідження, а також порівняти одержані дані з результатами моделювання процесу змішування у спіральному змішувачі.

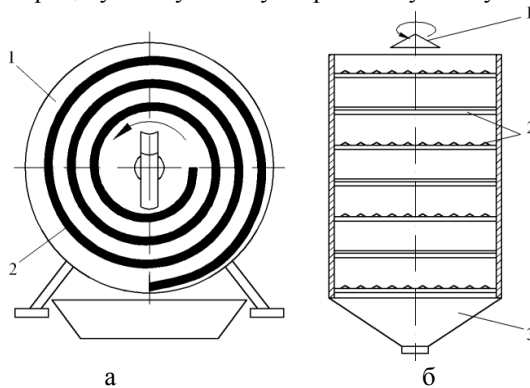


Рис. 1 – Змішувачі сипких матеріалів: а – спіральний (1 – диск; 2 – спіральний матеріалопровід); б – гравітаційний (1 – розподільчий конус; 2 – розподільчі решітки; 3 – днище)

**Результати дослідження.** Для дослідження змішування двох сипких матеріалів у пропорції 1:1 розроблено лабораторну установку, що представлена на рис. 2. Лабораторна установка містить робочу поверхню (розгортку спірального матеріалопроводу), на якій за принципом “один через один” розташовані об’єднувачі потоків сипких матеріалів і розділювачі потоку матеріалів. Установка виконана з можливістю зміни кута нахилу робочої поверхні до горизонту. На початку робочої поверхні передбачена перегородка, яка розділяє простір між бортами робочої поверхні на дві секції, у кожен з яких завантажуються компонент суміші. Установка дозволяє відтворити процес змішування сипких матеріалів у спіральному змішувачі.



Рис. 2 – Лабораторна установка для дослідження процесу змішування сипких матеріалів

Методика проведення досліджень на лабораторній установці наступна. Для змішування сипких матеріалів у пропорції 1:1 формуються порції матеріалів масою 100 г кожна. Лабораторна установка встановлюється під необхідним кутом до горизонту, що приймається із врахуванням фізико-механічних властивостей матеріалів. Порції сипких матеріалів рівномірно засипаються у секції між перегородкою та бортами робочої поверхні. Сипкі матеріали під власною вагою рухаються вниз вздовж робочої поверхні. Під час руху потоки сипких матеріалів багаторазово об’єднуються та розділяються, внаслідок чого відбувається їх змішування. У кінці робочої поверхні останнім розділювачом потоку суміш компонентів розділяється на два потоки, які спрямовуються у дві ємкості, що встановлені під робочою

поверхню. Суміш компонентів з кожної ємкості розділяється на окремі компоненти, після чого визначається маса кожного компонента у суміші та розраховується їх вміст у процентах:

$$B_{1.лів.} = \frac{m_{1.лів.}}{m_{1.лів.} + m_{2.лів.}} \cdot 100\% \quad \text{та} \quad B_{2.лів.} = \frac{m_{2.лів.}}{m_{1.лів.} + m_{2.лів.}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

$$B_{1.пр.} = \frac{m_{1.пр.}}{m_{1.пр.} + m_{2.пр.}} \cdot 100\% \quad \text{та} \quad B_{2.пр.} = \frac{m_{2.пр.}}{m_{1.пр.} + m_{2.пр.}} \cdot 100\%, \quad (2)$$

де  $B_{1.лів.}$ ,  $B_{2.лів.}$  – вміст, відповідно, першого та другого компонента суміші, що знаходиться у лівій ємкості, %;

$B_{1.пр.}$ ,  $B_{2.пр.}$  – вміст, відповідно, першого та другого компонента суміші, що знаходиться у правій ємкості, %;

$m_{1.лів.}$ ,  $m_{2.лів.}$  – маса, відповідно, першого та другого компонента суміші, що знаходиться у лівій ємкості, г;

$m_{1.пр.}$ ,  $m_{2.пр.}$  – маса, відповідно, першого та другого компонента суміші, що знаходиться у правій ємкості, г.

Розрахунки здійснюються окремо для кожної ємкості (лівої та правої). Дослід здійснюється багаторазово, після чого розраховується середнє значення вмісту компонентів у суміші з кожної ємкості:

$$B_{1.лів./пр.}^{сеп.} = \frac{\sum_{i=1}^n B_{1.лів./пр.}}{n} \quad \text{та} \quad B_{2.лів./пр.}^{сеп.} = \frac{\sum_{i=1}^n B_{2.лів./пр.}}{n}, \quad (3)$$

де  $n$  – кількість дослідів, шт.

Крім того, для суміші з кожної ємкості визначається коефіцієнт неоднорідності суміші за формулою (приймавши один із компонентів суміші за основний) [5, 7]:

$$V_C = \frac{100}{B_1^{сеп.}} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (B_{1i} - B_1^{сеп.})^2}{n-1}}, \quad (4)$$

де  $B_1^{сеп.}$  – середнє арифметичне значення вмісту основного компонента в суміші з лівої чи правої ємкостей, %;

$B_{1i}$  – вміст основного компонента в суміші з лівої чи правої ємкостей в  $i$ -му досліді, %;

$n$  – кількість дослідів, шт.

За значенням коефіцієнта  $V_C$  якості суміші поділяють на такі групи:  $V_C \leq 5\%$  – відмінна;  $5\% < V_C \leq 10\%$  – хороша;  $10\% < V_C \leq 20\%$  – задовільна [7].

За розробленою методикою було проведено експериментальні дослідження, що передбачали змішування пшениці та жита (зерно) у пропорції 1:1 (рис. 3). Потік сипких матеріалів проходить п'ять об'єднувачів та п'ять розділювачів потоків (п'ять етапів).

Результати досліджень, представлені на рис. 4, показали, що:

1) у лівій ємкості вміст  $B^{сер.}$  компонентів у суміші наступний: пшениці – 47,4%; жита – 52,6%;

2) у правій ємкості вміст  $B^{сер.}$  компонентів у суміші наступний: пшениці – 51,2%; жита – 48,8%.

Розраховані значення коефіцієнтів неоднорідності суміші з кожної ємкості становлять (приймавши, що основним компонентом в суміші є пшениця): для лівої ємкості –  $V_C = 9,6\%$ ; для правої ємкості –  $V_C = 6,5\%$ .



Рис. 3 – Суміш компонентів у лівій та правій ємкостях

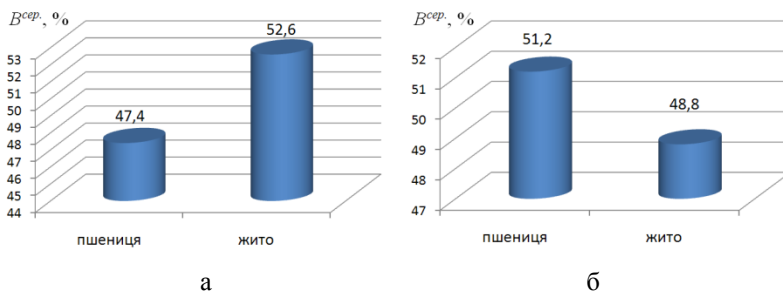


Рис. 4 – Вміст  $B^{сер.}$  компонентів у суміші (пшениця та жито) після змішування: а – ліва ємкість; б – права ємкість

**Висновки.** Порівнюючи результати моделювання процесу змішування (згідно яких ймовірність знаходження частинок кожного з компонентів у суміші після п'ятого етапу об'єднання-розділення потоків знаходиться в межах 0,498...0,502), що представлені у роботі [6], з експериментальними даними, які одержані та оброблені за розробленою методикою, можна прийти до висновку, що запропонована математична модель у роботі [6] цілком придатна для опису процесу змішування сипких матеріалів з однаковими властивостями та розмірами у пропорції 1:1 в спіральному змішувачі.

Крім того, зважаючи на значення коефіцієнтів неоднорідності суміші, можна зробити висновок про те, що конструкція змішувача забезпечує хорошу якість суміші.

### **Література**

1. Пат. №117550 Україна, МПК В01F7/08, В01F13/00, В65G33/00. Спіральний змішувач сипких матеріалів / І.М. Дударев; Заяв. 08.02.2017; опубл. 26.06.2017; Бюл. № 12.
2. Пат. №118273 Україна, МПК В01F3/18, В01F7/00, В01F7/08, В65G33/00. Спіральний змішувач сипких матеріалів / І.М. Дударев; Заяв. 20.03.2017; опубл. 25.07.2017; Бюл. № 14.
3. Пат. №118809 Україна, МПК В01F3/18, В01F7/08, В65G33/00. Спіральний змішувач сипких матеріалів / І.М. Дударев; Заяв. 20.03.2017; опубл. 28.08.2017; Бюл. № 16.
4. Макаров Ю.И. Аппараты для смешения сыпучих материалов / Ю.И. Макаров. – М.: Машиностроение, 1973. – 216 с.
5. Багринцев И.И. Исследование процесса смешения сыпучих материалов в гравитационно-решетчатом смесителе с пневмоциркуляцией / И.И. Багринцев, А.И. Барвин, В.Б. Модестов // Вісник Східноукраїнського національного університету імені В. Даля. – №7 (154), ч. 2. – Луганськ, 2010.
6. Дударев І.М. Розрахунок машин зі спіральними робочими поверхнями: монографія / І.М. Дударев. – Луцьк: Інформ.-вид. відділ Луцького НТУ, 2017. – 228 с.
7. Воронин В.В. Критерии и способы оценки качества смешивания сыпучих материалов / В.В. Воронин, К.А. Адигамов, С.С. Петренко, Р.А. Сизякин // Электронный научный журнал “Инженерный вестник Дона”, №4 (часть 2), 2012 [Электронный ресурс]. – Режим доступа до журн.: <http://vdon.ru/ru/magazine/issue/106?page=2>