

**УДК 631.363****АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ЗАСОБІВ МЕХАНІЗАЦІЇ ДЛЯ  
ЗМІШУВАННЯ РІЗНОДИСПЕРСНИХ МАТЕРІАЛІВ****Рябов Р.М., аспірант, Мілько Д.О., к.т.н., доцент**  
(Таврійський державний агротехнологічний університет)

*У статті надається аналіз існуючих конструкцій, пристроїв, машин, обладнання для змішування матеріалів різної дисперсності у змішувачах. Розглянуто переваги та недоліки існуючих конструкцій змішувачів.*

Приготування однорідних композицій з твердих зернистих або порошкоподібних матеріалів, та їх змішування є широко розповсюдженим процесом. У багатьох випадках від його результату залежить якість готового продукту. Незважаючи на те, що тверді матеріали переробляються у промисловості з незапам'ятних часів і майже у всіх її галузях, змішування сипких матеріалів і в даний час залишається недостатньо вивченим фізичним процесом. Це пояснюється тим, що змішування сипких матеріалів є більш складним предметом для наукового дослідження, ніж змішування рідких або газоподібних.

Питанням вивчення процесу змішування, вдосконалення існуючих конструкцій та розробкою нових засобів для змішування різнодисперсних матеріалів займалися ряд вітчизняних [1, 3, 8, 9] та закордонних вчених [2, 6, 7]. Вагомий внесок у вивчення процесу змішування зробив радянський вчений Макаров Ю. І. [5], на працях якого базуються чимало подальших досліджень в цій галузі. Враховуючи дослідження названих авторів, можна дійти однозначного висновку про те, що процес змішування сипких матеріалів є складним механічним процесом, механізм дії якого залежить головним чином від конструкції змішувача.

Створення змішувального обладнання базується зараз в основному на емпіричних даних. Ряд галузей для змішування сипких матеріалів використовують конструкції змішувачів, які не завжди економічні та ефективні.

Підвищення вимог до якості готових сумішей сипучих матеріалів вимагає створення змішувачів більш досконалих конструкцій. Це, в свою чергу, викликало необхідність детального вивчення сутності процесу змішування, його закономірностей. Існує необхідність розробки вдосконалення й впровадження нових методів змішування, а тим самим значного підвищення якості змішування кормів.

Метою цієї статті є аналіз існуючих конструкцій, пристроїв, машин, обладнання для змішування різнодисперсних матеріалів, детальний розгляд переваг та недоліків конструкцій для їх подальшого експериментального дослідження.

Сучасною концепцією розвитку сільського господарства на Україні є тенденція виробництва продукції на малих кооперативних фермах, орендних, підсобних, сімейних та інших господарствах, що дає можливість одержати корми необхідного складу та кількості в певний необхідний час. Для цього потрібно відносно невелике за розмірами, надійне, просте в експлуатації та порівняно недороге обладнання [3].

У зв'язку з цим промисловістю багатьох країн випускається досить широкий спектр малогабаритних комбікормових установок, основні з яких представлені в табл.1.

Таблиця 1 - Технічна характеристика малогабаритних комбікормових установок та агрегатів

Устаткування	Загальні показники			
	Країна - виробник	Продуктивність, т/год.	Встановлена потужність, кВт	Маса, кг
1. УМК-Ф-2	Україна	3-5	20,0	3800
2. АКМ-1	Україна	1,0-1,1	25,0	2200
3. АКН-1М	Україна	1,0	17,2	1500
4. К-Н-5	Білорусь	2-5	до 50	-
5. К-Н-5-1	Білорусь	2-5	до 50	-
6. АWF-4	Німеччина	0,15-0,2	3,0	70
7. БМКА-1-01	Україна	0,6-0,8	13,2	650
8. КА-4	Росія	4	38	4690
9. ОКЦ-4	Росія	4-4,8	210,0	13500
10. ОКЦ-8	Росія	9-9,3	350,0	83600
11. "Ніагара"	Україна	1,4	27,1	1080
12. Мишко "Супрол"	Польща	0,6	-	-
13. ІБМЕР	Польща	0,8	-	-
14. Рако	Німеччина	1,5	-	-
15. МХ-170	США	40 л/с	-	-
16. НК-5	Фінляндія	5	197,5	-
17. I-Star	США	6	21,9	2000
18. Agrcoos-Centrum	Чехія	0,85	9	2000

Як видно з табл. 1, на Україні досить добре освоєно виробництво малогабаритних комбікормових агрегатів, таких як УМК-Ф-2, "Харків'янка", АКМ-1, БМКА-1 та ін.

Відомо, що механізм процесу змішування залежить здебільшого від конструктивних особливостей змішувача. Складається він з наступних елементарних процесів: 1) переміщення групи суміжних частинок з одного

місця суміші в інше (процес колективного змішування); 2) поступовий перерозподіл часток різних компонентів через межу їх розділу (процес дифузійного змішування); 3) зосередження частинок, що мають однакову масу, в окремих місцях змішувача під дією гравітаційних або інерційних сил (процес сегрегації) [2, 5].

Змішувачі сипких матеріалів можна класифікувати за однією або декількома з таких ознак: за способом їх установки (пересувні, стаціонарні); за характером процесу змішування, що протікає в них (періодичної дії, безперервної дії); за швидкістю обертання перемішуючого органу (тихохідні, швидкохідні); за механізмом процесу змішування (конвективного змішування, дифузійного змішування, конвективно-дифузійного змішування); за способом впливу на суміш (гравітаційні, відцентрові, продувні); по виду потоку частинок (циркуляційні, з хаотичним переміщенням частинок); за конструктивними ознаками (з обертовим корпусом, зі стаціонарним корпусом і обертовим перемішуючим органом, з вертикальним валом, з горизонтальним валом, черв'ячні, лопатеві і т. п.); за способом розвантаження (з ручним розвантаженням, з механізованим розвантаженням); за способом управління (з ручним управлінням, з автоматичним управлінням) [3].

На практиці кожна з цих ознак може бути використана для класифікації змішувачів (рис. 1). Причому в якості основної ознаки може бути прийнята та, що для даних конкретних умов експлуатації, розрахунку, моделювання, конструювання є найбільш важливою. З цієї причини один і той же змішувач може бути зарахований до різних груп.

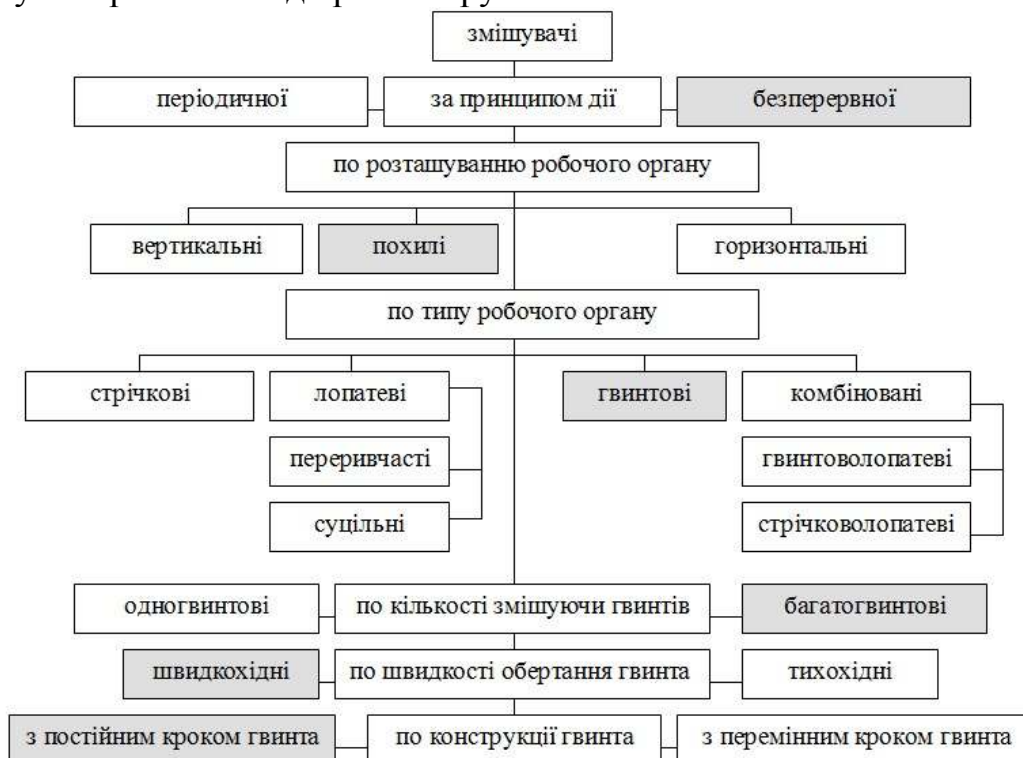


Рисунок 1 - Класифікація змішувачів сипких кормів і місце в ній запропонованого змішувача (сірим кольором)

Барабанні змішувачі з корпусом, що обертається, відносяться до найбільш поширених в даний час машин для змішування сипких матеріалів. Розрізняються вони формою корпусу і його розташуванням по відношенню до вісі обертання. У промисловості використовуються наступні типи барабанних змішувачів: циліндричний горизонтальний з віссю обертання, що збігається з віссю циліндра; циліндричний вертикальний з віссю обертання, перпендикулярної до осі циліндра; біконічний горизонтальний з віссю обертання, що збігається з віссю корпусу; біконічний вертикальний з віссю обертання, перпендикулярної до осі корпусу; гранований горизонтальний з віссю обертання, що співпадає з віссю корпусу; біциліндричний, іноді званий V-подібним; кубічний; тетраедричний; циліндричний з віссю обертання, нахиленою до осі корпусу, так звана «п'яна діжка».

Серед перерахованих типів барабанних змішувачів, найбільш дослідженим є горизонтальний циліндричний.

До переваг барабанних змішувачів можна віднести: простоту пристрою, можливість змішування компонентів без стирання і руйнування форми зерна, перемішування абразивних компонентів, а до недоліків: недостатня якість змішування, тривалий цикл змішування, великі енергетичні витрати на отримання одиниці готової суміші.

Черв'ячно-лопатеві змішувачі відносяться до універсальних змішувальних машин. В них можна змішувати як зволожені матеріали і пасти, так і сухі сипкі матеріали. Виготовляються вони з одним або в більшості випадків з двома валами, на яких змонтовані змішувальні елементи [3].

Залежно від властивостей робочої маси змішувачі комплектуються валками тій чи іншої конфігурації: Z-образними валками, які можуть бути використані в найрізноманітніших умовах процесу змішування; чотирьохкрильчатими валками, призначеними для перемішування вологих і пастоподібних мас; багатокрильчатими валками з T-подібними лопатями, застосовуваними для змішання сухих і зволжених сипучих матеріалів [1].

Для приготування композицій із сипучих матеріалів з домішками невеликих об'ємів рідини, а також матеріалів з великою в'язкістю знайшли застосування в промисловості, так звані плужкові змішувачі, які відносяться до одновалкових черв'ячно-лопатевих змішувачів. Великого поширення в закордонній промисловості отримали плужкові змішувачі, що випускаються фірмою Lödige. У деяких конструкціях цих змішувачів корпус має сорочку для обігріву або охолодження суміші, що перемішується.

Теплову обробку кормової сировини використовують для сушіння, з метою поліпшення смакових якостей, а також знезараження недоброякісних кормів чи знешкодження наявних у їх складі шкідливих речовин. Відповідно до цього обладнання за призначенням буває для сушіння запарювання і варіння. Перший варіант застосовується під час заготівлі кормів, а останні два – в процесі підготовки їх до згодовування. [9]

Загальними недоліками черв'ячно-лопатевих змішувачів є: значна витрата енергії на одиницю об'єму готової суміші, великий знос лопатей валків, велика

кількість сальникових ущільнень, складність чистки, порівняно малий корисний об'єм. З цих причин вони не можуть бути рекомендовані для змішування сухих сипких матеріалів. Їх область використання - змішування вологих матеріалів, паст і матеріалів з додаванням коротко-волокнистих компонентів.

Бігункові змішувачі. У випадках, коли зволожена гомогенна суміш сипучих матеріалів повинна мати максимальну щільність укладки складових її частинок, використовують так звані бігункові змішувачі.

Бігункові змішувачі складаються з наступних основних частин: циліндричної чаші, що перемішує, робочого органу, привода і станини.

Бігункові змішувачі – енергоємні та металоємні машини із порівняно складним приводом, тому їх можна рекомендувати для змішування сухих матеріалів лише у виняткових випадках, наприклад, коли потрібно щільна, без грудок і надлишку повітря маса.

Циркуляційні змішувачі з псевдозрідженням сипкого матеріалу ротором. У змішувачах цього типу використаний принцип переходу сипкого матеріалу в псевдозріджений стан за допомогою ротора, що швидко обертається. Залежно від конструкції ротора циркуляційні змішувачі з псевдозрідженим шаром можна розділити на лопатеві, дискові, шнекові, з обертовим конусом.

Псевдозрідження сипучого матеріалу, за допомогою обертової в його середовищі лопатної мішалки, залежить головним чином від швидкості її обертання, форми і геометричних розмірів, від висоти шару матеріалу над лопаттю та його фізико-механічних властивостей. Змішувачі такого типу доцільно використати для не в'язких матеріалів, не схильних до сегрегації (з малою відмінністю по розмірах і щільності часток компонентів) [5].

Конструкції змішувачів безперервної дії. В безперервно діючих змішувачах надходження компонентів на змішування і видача готової суміші здійснюється безперервно. В окремих випадках подача компонентів в змішувач може відбуватися дискретно.

Якість виготовленої в таких змішувачах композиції із сипких матеріалів залежить не тільки від внутрішніх процесів змішування, але й від характеру живлення. Будь-який з нині існуючих живильників не може забезпечити безперервне надходження сипучого матеріалу в строго заданих кількостях в кожен момент часу. Отже, вже в момент надходження компонентів в змішувач будуть завжди спостерігатися ті чи інші відхилення в їх співвідношенні від норми, заданої регламентом на готову суміш.

У практиці нерідко може трапитися так, що конструкція змішувача, в принципі забезпечує добре змішування, в той же час не може видавати належного зниження вхідних максимальних відхилень концентрації ключового компонента в потоці, через що всю суміш доводиться бракувати. Максимальні відхилення концентрації ключового компонента від норми і частоти їх появи в живильному потоці матеріалу визначаються видом подачі, що залежить від конструкції живильника та режиму його роботи. Щоб знати, наскільки ці



максимальні відхилення зменшуються після проходження змішаного матеріалу через змішувач, необхідно мати відомості про згладжуючу здатність змішувача.

Здатність змішувача безперервної дії згладжувати суміш визначається його статичними і динамічними властивостями.

З точки зору процесу змішування компонентів змішувачі безперервної дії можна умовно розділити на такі групи: 1) змішувачі, в яких матеріал переміщається уздовж осі без якого-небудь поздовжнього перемішування частинок; 2) змішувачі, в яких матеріал переміщається уздовж осі при наявності деякого поздовжнього перемішування частинок; 3) змішувачі, в яких компоненти, що надходять, переміщаються хаотично по всій робочій камері змішувача.

Змішувачі безперервної дії можна класифікувати за такими ознаками: 1) за конструктивною ознакою (горизонтальні, вертикальні, з обертовим валом, з обертовим корпусом, односекційні, багатосекційні і т. п.); 2) за характером процесу змішування частинок (змішувачі з поршневым рухом матеріалу без поздовжнього перемішування частинок, з поршневым рухом матеріалу і частковим поздовжнім перемішуванням частинок, з розподілом введеного матеріалу по всьому внутрішньому об'єму); 3) за способом впливу на суміш (гравітаційні, відцентрові прямоочні, барабанні, вібраційні, черв'ячно - лопатеві, лопатеві відцентрової дії) [5, 6].

Аналізуючи відомі недоліки різноманітних змішувачів, доцільно було б розробити новий поточний змішувач (Рис.1) комбінованих кормів із гвинтовим робочим органом. Такий змішувач може мати два, або більше горизонтальних гвинтових органів, та специфічну форму робочого бункера. Можна припустити, що конструкція горизонтального змішувача з декількома гвинтовими органами, які можна встановлювати під кутом, дозволить підвищити якість змішування, продуктивність та зменшити зайві витрати на приготування кормів за рахунок зниження енергоємності процесу, підвищення точності та простоті обслуговування.

Висновки. Змішування одних і тих самих матеріалів може бути виконане на різних типах змішувачів. При цьому якість змішування, час витрачений на цю операцію та енергетичні витрати можуть суттєво відрізнятись. Тобто, для кожного окремого випадку змішування існують певні вимоги та рекомендації.

Враховуючі перераховані недоліки існуючих конструкцій змішувачів, пропонується розробити новий потоковий змішувач комбінованих кормів із гвинтовим робочим органом.

Тож, теоретичне обґрунтування конструктивних параметрів та кінематичних режимів роботи запропонованого змішувача сипких матеріалів потребує уваги вчених. Детальне дослідження цього питання може дозволити забезпечити кращу якість змішування та зниження енергоємності процесу, а це в свою чергу зменшення собівартості продукції.

## Список літератури

1. А. с. 1430086 СССР, МПК В01F 7/08. Смесительное устройство / Д. А. Мучник, Д. Н. Гобеджишвили, Д. И. Гармиза, И. Л. Каменкер, Ю. Е. Баранов, С. И. Шифрин (СССР). – 4147807/31-26.
2. Гячев Л. В. Основы теории бункеров и силосов: Учебное пособие. / Л. В. Гячев; ін.-т ім. І. І. Позунова. – Барнаул: Б.и., 1986. – 84 с.
3. Гвоздєв В. О. Обґрунтування технологічного процесу та конструктивних параметрів швидкохідного гвинтового змішувача кормів. : дис. канд. техн. наук : 05.05.11 / Гвоздєв Віктор Олександрович – Глеваха, 2008. – 193 с.
4. Зафрен С. Я. Технология приготовления кормов: Справочное пособие / С. Я. Зафрен. – М.: Колос, 1977. – 240 с.
5. Макаров Ю. И. Аппараты для смешения сыпучих материалов / Ю. И. Макаров. – М.: Машиностроение, 1973. – 216 с.
6. Мельников С. В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм / С. В. Мельников. – Л.: Колос, 1978. – 560 с.
7. Механизация и технология производства продукции животноводства. / В. Г. Коба, Н. В. Брагинец, Д. Н. Мурусидзе, В. Ф. Некрашевич. – М.: Колос, 1999. – 528 с.
8. Пат. 33025U Україна, МПК В01F 7/24. Змішувач кормів / І. І. Ревенко, Ю. І. Ревенко, А. А. Яцюк. - №u200801057. – Заявл. 29.01.2008; Опубл. 10.06.2008. Бюл. №11.
9. Ревенко І. І. Механізація тваринництва/ І.І. Ревенко, В.М. Щербак. – К.: Вища освіта, 2004. – 319с.

## Аннотация

### **Анализ существующих средств механизации для смешения материалов разной дисперсности**

Р. М. Рябов, Д. А. Милько

*В статье подається аналіз існуючих конструкцій, пристроїв, машин і обладнання для змішування матеріалів різної дисперсності в змісителях. Розглядаються переваги і недоліки існуючих конструкцій змісителей.*

## Abstract

### **Analysis of mechanical means for mixing materials of different dispersity**

R. Ryabov, D. Milko

*The article provides the theoretical analysis of existing structures, devices, machines and equipment for mixing materials of different dispersity in mixers. The advantages and disadvantages of current mixers design are described.*