

ДНПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра механізації виробничих процесів у тваринництві

Пояснювальна записка

до дипломної роботи
освітнього ступеня «Магістр» на тему:

Підвищення ефективності роботи шнеково- лопатевого змішувача сипких кормів

Виконав: студент 2 курсу, групи МГМ-2-19 за
спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Колісник Сергій Юрійович

Керівник: _____ Дудін Володимир Юрійович

Рецензент: _____

Дніпро 2020

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Мета і задачі досліджень. Аналіз (2 аркуші, А4). 2. Теоретичні дослідження (2 аркуші, А4). 3. Експериментальні дослідження (4 аркуші, А4). 4. Охорона праці (1 аркуш, А4). 5. Економічні показники (1 аркуш, А4). 6. Висновки (1 аркуш, А4)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Дудін В.Ю., доцент		
2	Дудін В.Ю., доцент		
3	Дудін В.Ю., доцент		
4	Кравець В.В., доцент		
5	Вінніченко І.І., професор		
Нормоконтроль	Гаврильченко О.С., доцент		

7. Дата видачі завдання: 10.10.2020 р._____.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 01.10.2020 р.	
2	Теоретичний	до 20.10.2020 р.	
3	Експериментальний	до 09.11.2020 р.	
4	Охорона праці	до 19.11.2020 р.	
5	Економічний	до 26.11.2020 р.	
6	Демонстраційна частина	до 30.11.2020 р.	

Студент

(підпис)

Колісник С.Ю.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Дудін В.Ю.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Колісник С.Ю. Підвищення ефективності роботи шнеково-лопатевого змішувача сипких кормів/Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія» (спеціалізація «Механізація тваринництва»). – ДДАЕУ, Дніпро, 2020.

В роботі наведено огляд і аналіз змішувачів кормів і їх робочих органів, а також стан досліджень процесу змішування сухих розсипних кормів. Описана конструктивно-технологічна схема шнеково-лопатевого змішувача кормів з комбінованими робочими органами, що мають змінні ділянки, виявлено вплив фізико-механічних властивостей компонентів і конструктивно-режимних і технологічних параметрів змішувача на питомі витрати енергії процесу змішування.

Розроблено та виготовлено експериментальну установку для дослідження впливу фізико-механічних властивостей компонентів і конструктивно-режимних і технологічних параметрів шнеково-лопатевого змішувача на питомі витрати енергії на процес змішування.

Проведено дослідження розробленої конструкції з точки зору охорони праці. Виконано економічне обґрунтування розробки. Зроблені висновки та складено список використаної літератури.

Ключові слова: сипкі корми, змішувач, лопать, шнек, комбіновані робочі органи, однорідність змішування, питома енергоємність, питомі експлуатаційні витрати.

Колісник С.Ю. Дослідження енергетичних характеристик процесу змішування сипких кормів/. В.Ю. Дудін, С.Ю. Колісник, І.В. Калько // Materials of the XIII International scientific and practical Conference Conduct of modern science - 2020, November 30 - December 7, 2020. Construction and architecture. Agriculture. Modern information technology.: Sheffield. Science and education LTD – 41-45 p.

ЗМІСТ

Вступ	7
1 Стан питання, мета і задачі досліджень.....	10
1.1 Особливості приготування сухих розсипних кормових сумішей. Зоотехнічні вимоги до змішувачів кормів	10
1.2 Аналіз пристроїв для приготування сухих розсипних кормосумішей	14
1.3 Аналіз результатів досліджень змішування розсипних сумішей	26
1.4 Висновки до розділу. Мета і задачі дослідження	34
2 Теоретичні дослідження і обґрунтування параметрів шнеково-лопатевого змішувача.....	36
2.1 Обґрунтування конструктивно-технологічної схеми	36
2.2 Обґрунтування параметрів змішувача	38
2.2.1 Фактори, що впливають на процес змішування.....	38
2.2.2 Визначення корисного об'єму бункера.....	39
2.2.3 Обґрунтування конструктивних параметрів шнекової ділянки...	42
2.2.4 Обґрунтування конструктивних параметрів перемішувально- транспортуючих лопаток.....	45
2.2.5 Обґрунтування конструктивних параметрів ділянки перекидаючих лопатей.....	46
2.2.6 Обґрунтування частоти обертання робочого органу.....	47
2.4 Висновки до розділу.....	50
3 Лабораторні дослідження процесу змішування сипких кормів шнеково-лопатеvim змішувачем	52
3.1 Загальні положення	52
3.2 Програма експериментальних досліджень.....	53
3.3 Методика експериментальних досліджень	54

3.3.1	Методика визначення питомого опору переміщенню лопаті.....	54
3.3.2	Методика лабораторних досліджень моделі змішувача.....	56
3.4	Результати лабораторних досліджень та їх аналіз	58
3.4.1	Результати експериментального визначення питомої опору переміщенню лопатки і лопаті.....	58
3.4.2	Експериментальне обґрунтування оптимального значення кута установки перемішувально-транспортуючих лопатей.....	60
3.5	Висновки до розділу	64
4	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	65
4.1	Загальні визначення та поняття	65
4.2	Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів.....	66
4.3	Заходи по забезпеченню захисту оператора від дії шкідливих та небезпечних факторів	67
4.4	Правила безпечного виконання робіт при приготуванні сипких кормів	69
4.5	Порядок дій у надзвичайних ситуаціях.....	71
4.6	Висновки до розділу	72
5	Економічне обґрунтування удосконаленого змішувача.....	73
5.1	Вихідні дані.....	73
5.2	Питомі експлуатаційні витрати.....	74
5.3	Питомі приведені витрати.....	78
5.4	Висновки до розділу	79
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	80
	БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК.....	82
	ДОДАТКИ	

ВСТУП

Актуальність теми. Однією з найважливіших галузей народного господарства, що забезпечують населення продуктами харчування, а переробну промисловість сировиною, є тваринництво. На даний момент частка імпортного м'яса за різними даними коливається від 22 до 35%. Стратегія машинно-технологічної модернізації сільського господарства України на період до 2022 року передбачає збільшення споживання м'яса і м'ясопродуктів до 80 кг на душу населення. Досягнення такого рівня споживання можливе або за рахунок збільшення частки імпортової складової, або за рахунок розвитку і відновлення тваринницької галузі країни, що є найбільш прийнятним шляхом вирішення даного завдання, в тому числі з точки зору продовольчої безпеки країни.

У реалізації завдання відновлення і розвитку виробництва продукції тваринництва особливе місце займають корми та годівля с.-г. тварин. На частку корму в собівартості птахівничої і тваринницької продукції припадає за різними даними від 50 до 75% витрат. Застосовується велика різноманітність різних видів кормів, але, жоден з них окремо взятий не може повністю забезпечити організм тварини всіма необхідними поживними речовинами. Застосування незбалансованих кормів призводить до того, що тварини не можуть максимально розкрити свій генетичний потенціал, відстають у розвитку, більше схильні до захворювань, гірше поїдають корм через вибіркоче поїдання. Як наслідок, зростають витрати кормів на одиницю тваринницької продукції, знижується рентабельність. Значну частку в складі повнораціонних кормових сумішей займають комбікорми. Так в раціоні птиці вони повинні складати 95 ... 100%, свиней - 85 ... 90%, великої рогатої худоби - 24 ... 30%. Велике значення при виробництві комбікормів повинно приділятися їх якості та відповідності потребам тварин або птиці. Виробництво якісних комбікормів можливо лише при використанні сучасного обладнання і технології. Але застосування більш досконалих технологій і обладнання нерідко призводить до підвищення питомих витрат енергії.

Тому проблема зниження питомих витрат енергії на процес приготування повністю збалансованих комбікормів є однією з найважливіших.

Виробництво комбікормів в Україні здійснюється на спеціалізованих комбікормових заводах і безпосередньо в кормоцехах тваринницьких господарств - близько 46% від усього обсягу комбікормів. Останнє є більш вигідним, оскільки дозволяє знизити витрати на транспортування і зберігання продуктів в 5 ... 10 разів, використовувати більш дешеве власну сировину, здійснювати власний контроль якості комбікорму ще на стадії виробництва, знизити вартість комбікормів для господарства на 22 ... 28%. Слід враховувати також, що при транспортуванні готових комбікормів на великі відстані якість їх знижується за рахунок розшарування на складові, що виникає від неминучої вібрації.

У приготуванні кормових сумішей важливу роль відіграє операція по змішуванню компонентів, результати якої вирішальним чином позначаються на поїданні і засвоюваності кормів, а, отже, і на продуктивності тварин. До складу кормових сумішей і комбікормів може входити від 10 до 50 різних компонентів. В даний час витрати праці на приготування кормосумішей за даними ряду авторів складають 45 ... 60% від загальних витрат на виробництво одиниці продукції. Тому зниження питомих витрат енергії на процес змішування має велике значення. Існуючі змішувачі кормів забезпечують, як правило, необхідну однорідність кормосуміші, але мають підвищені питомі витрати енергії. Крім того велика частина виробленого комбікормового обладнання орієнтоване на великі обсяги виробництва.

У зв'язку з цим йде постійний науковий пошук найбільш досконалих і ефективних змішувачів і технологічних ліній, що відповідають сучасним вимогам: орієнтування на можливість використання безпосередньо в господарствах, малі габарити, знижені питомі витрати енергії, достатню якість корму. Одним із шляхів зниження витрат енергії на одиницю корму є вдосконалення робочих органів і режимів роботи змішувачів кормів.

Мета і задачі дослідження. Зниження питомих витрат енергії на технологічний процес приготування сухих розсипних кормосумішей шляхом засто-

сування нових робочих органів при збереженні якості, відповідної зоотехнічним вимогам. У відповідності до поставленої мети було визначено основні **завдання**, що необхідно вирішити:

- провести аналіз сучасних технологічних процесів та конструкцій змішувачів сипких компонентів при виробництві комбікормів і розробити нову технологічну схему горизонтального змішувача, оснащеного шнеково-лопатевим робочим органом;
- теоретично обґрунтувати конструкційно-технологічні параметри шнеково-лопатєвого змішувача сипких кормів;
- експериментально обґрунтувати і виявити раціональні параметри конструкційно-технологічні параметри шнеково-лопатєвого змішувача сипких кормів;
- провести аналіз розробленого шнеково-лопатєвого змішувача з точки зору охорони праці;
- виконати техніко-економічну оцінку оптимізованої конструкції шнеково-лопатєвого змішувача.

Об'єкт дослідження - процес змішування інгредієнтів комбікормів шнеково-лопатєвим змішувачем.

Предмет дослідження – закономірності взаємозв'язку технологічних і конструкційних параметрів шнеково-лопатєвого змішувача інгредієнтів комбікормів.

Методи дослідження. Для дослідження якості змішування сипких матеріалів у пропонованому змішувачі використовуються теоретичні і експериментальні методи. Теоретичні дослідження виконані із застосуванням основних законів динаміки, фундаментальних положень механіки суцільних середовищ та сучасних методів математичного моделювання.

Для експериментальних досліджень експериментально-дослідного зразка змішувача застосовували методи математичної статистики і методики планування багатофакторного експерименту. Лабораторні випробування моделі розробленого змішувача проведені на кафедрі механізації виробничих процесів у тваринництві ДДАЕУ.

1 Стан питання, мета і задачі досліджень

1.1 Особливості приготування сухих розсипних кормових сумішей.

Зоотехнічні вимоги до змішувачів кормів

На сьогодні спостерігається тенденція приготування комбикормів в самому господарстві, так як це економічно вигідніше - свої комбикорми значно дешевше. У невеликих господарствах застосовують малогабаритні комбикормові агрегати, що забезпечують виробництво комбикорму в господарстві з доступних компонентів за загальноприйнятими рецептами або за рецептами, складеним фахівцями господарства. Порівняно невелика їх вартість і досить швидка окупність обумовлюють широке поширення. Основною тенденцією вдосконалення таких агрегатів є зниження їх енергоємності та металоємності, але не на шкоду якості кормів [2].

На сьогодні існують кілька типових технологічних схем виробництва комбикорму в умовах господарств. До них відносяться [2, 3]:

- послідовно-паралельна підготовка всіх компонентів і одноразове дозування (класична схема);
- формування попередніх сумішей зернового, білково-мінеральної сировини з повторним дозуванням;
- формування попередніх сумішей зернового, білково-мінеральної сировини без повторного дозування;
- прямоточний метод.

Для роботи в умовах господарства найбільш краща схема формування попередніх сумішей зернового, білково-мінеральної сировини з повторним дозуванням (рис. 1.1) [5].

При такій технологічній схемі утворюється одна або кілька різних сумішей, що задається конкретними потребами виробництва і послідовністю виконання робіт.

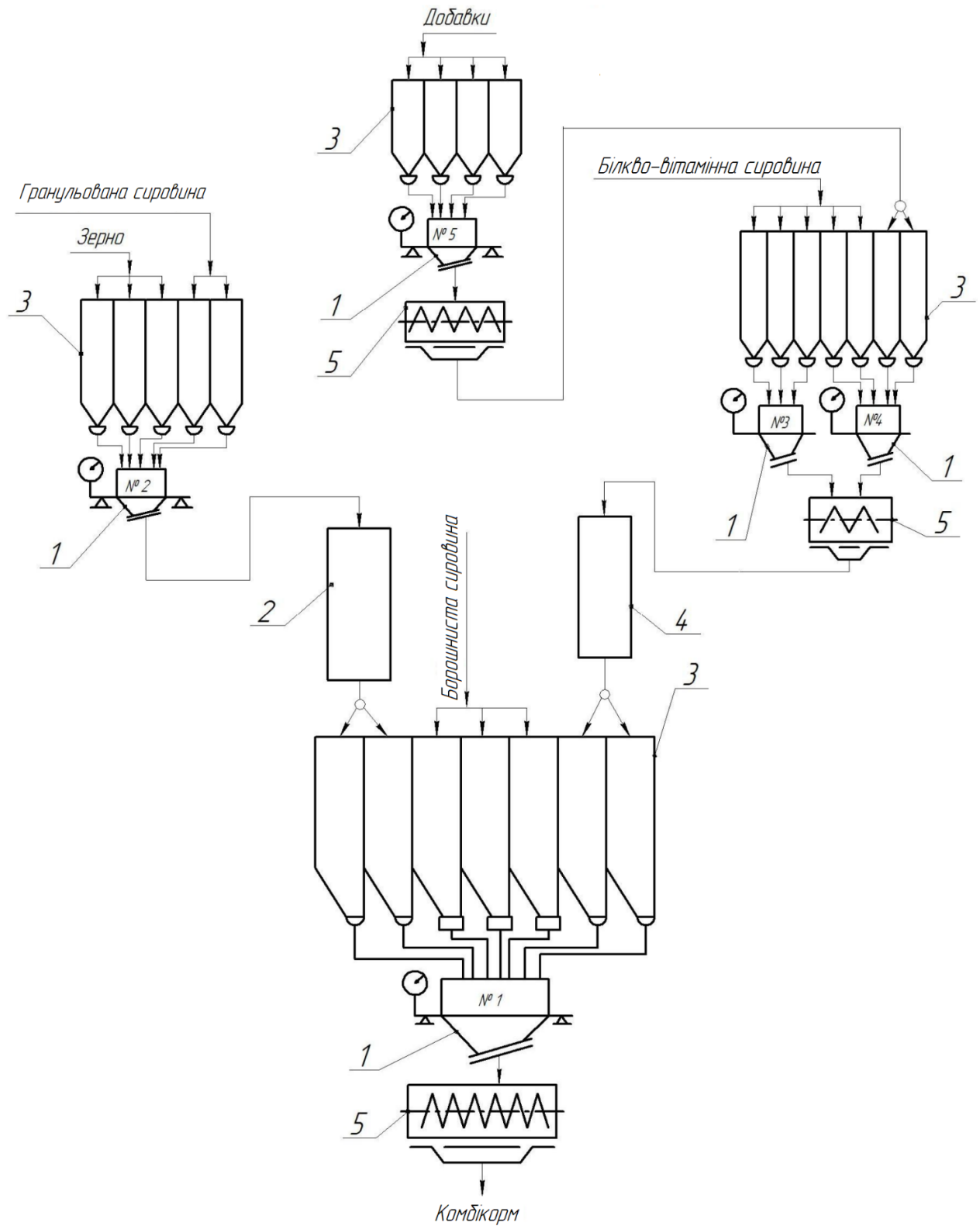


Рисунок 1.1 - Технологічна схема приготування комбікормів з формуванням попередніх сумішей: 1 - багатокомпонентний ваговий дозатор; 2 - обробка

попередньої суміші; 3 - наддозаторні бункери; 4 - обробка попередньої суміші білково-мінеральної сировини; 5 - порційний змішувач кормів

Попередньо сформовані суміші надходять в наддозаторні бункери, далі на повторне дозування через лінію основного дозування-змішування. При паралельній роботі ліній проводиться обробка попередніх сумішей в потоці. Передбачене повторне дозування дещо ускладнює і здорожує технологію, але при цьому підвищується точність дозування, що забезпечує більш високу якість кормів [5, 6].

Існує цілий ряд машин для приготування комбікормів в умовах господарства, що працюють за спрощеною технологічною схемою: АК-1000, АК-2000, АК-3000, УЗ-ДКА-1, АМК-1, МКА-1, АКА-3.322, «АВАР», Р1-БКЗ-2-6, Р1-БК-5-6, «Прок», «Скарб», УПК-0,7, УМК-Ф-2, ОПК-2, «SKIOLD», КУ-2, КК-2, установки комбікормові «КОМБІНАТ», «RIELA», «MILL-MIXER», «SKIOLD PICCOLO», комбікормові міні-заводи DOZA, комбікормові заводи контейнерного типу вироблені фірмами «OTTEVANGER MILLING ENGINEERS», «WYNVEEN INTER-NATIONAL BV», напівпричіпні комбікормові установки РМ 35 і «Mix all», самохідні установки для приготування комбікормів фірм «Полим'я» і «Awila» [5, 8, 9, 12, 16].

При будь-технологічній схемі при виробництві сухих розсипних кормових сумішей обов'язковими є операція по змішуванню і наявність машини для виконання цієї операції - змішувач кормів [6]. Як видно з рис. 1.1 в розглянутій технологічній схемі передбачено наявність декількох змішувачів. Основним завданням будь-якого змішувача являється забезпечення необхідної якості суміші, що досягається при мінімальних питомих витратах енергії [7].

До якості суміші пред'являються досить жорсткі зоотехнічні вимоги. Збалансовані кормові суміші можуть містити до 50 різних компонентів [22]. Для збагачення кормових сумішей використовують премікси, до складу яких включені вітаміни, антибіотики, різні лікарські речовини, синтетичні амінокислоти, мікроелементи і біостимулятори. Ці добавки вводять в комбікорми в ма-

лих дозах, що становлять від 0,01 до 0,001% [5]. Тому так важливо застосування змішувачів що забезпечують високу однорідність. Якість змішування вважається задовільною, якщо неоднорідність суміші не перевищує 10% [28]. Зоотехнічні вимоги встановлюють мінімум однорідності суміші: для свиней - 85%; для птиці - 90%; для ВРХ - 80% (з введенням карбаміду - 90%); для комбікормів власного виробництва - 90 ... 95% [18].

Конструкція змішувачів повинна задовольняти ряду вимог [12]:

- достатня продуктивність і достатня якість готуються кормових сумішей;
- при змішуванні частки компонентів корму не повинні руйнуватися;
- дозування компонентів корму можна змінювати без додаткових пристроїв;
- процес завантаження компонентів в бункер змішувача повинен бути механізований;
- відповідність вимогам безпеки та санітарно-гігієнічним;
- висока експлуатаційна надійність і простота в обслуговуванні;
- довговічність роботи.

На українському ринку представлений великий вибір малогабаритного обладнання для приготування сухих розсипних кормосумішей, розрахованого на тваринницькі підприємства різної потужності. Вітчизняні агрегати виконані як правило за найпростішою схемою, на них можливо приготування найпростіших кормових рецептів, в технологічному процесі присутня велика частка ручної праці і підвищені питомі витрати енергії на одиницю корму. Імпортне обладнання має ряд переваг, але висока вартість обмежує його масове поширення [15]. Тому так важливо стимулювати попит на вітчизняне комбікормове обладнання, а цього можна досягти лише за рахунок створення більш досконалого обладнання. Одним із шляхів вирішення цього завдання є вдосконалення конструкцій змішувачів кормів, що входять до складу будь-якого комбікормового агрегату, робота якого, в кінцевому підсумку, визначає якість корму і в значній мірі витрати енергії на отриману одиницю корму.

1.2 Аналіз пристроїв для приготування сухих розсипних кормосумішей

На сьогодні існує велика різноманітність різних конструкцій змішувачів, які випускаються промисловістю і окремих зразків, розроблених науково-дослідними інститутами і конструкторськими бюро, виготовлених фахівцями і раціоналізаторами підприємств, велика кількість конструктивних схем пропонується в патентах і авторських свідоцтвах. Одним з основних завдань при проектуванні нової конструкції змішувача є зменшення питомих витрат енергії на процес змішування при відповідності одержуваної суміші зоотехнічним вимогам. Одним із шляхів досягнення цих вимог є вдосконалення робочих органів змішувачів і оптимізація режимів їх роботи.

Для визначення найбільш перспективних конструктивно-технологічних схем змішувачів був проведений аналіз існуючих конструкцій. На підставі наявних класифікацій змішувачів кормів була розроблена уточнена за типом робочого органу класифікація (рис. 1.2) [2, 5, 8, 12, 55, 56, 62].

Всі змішувачі класифікуються за рядом ознак. За своїм виробничим призначенням є змішувачі для змішування сухих, рідких, напіврідких і тістоподібних кормів, а також універсальні [55]. Годування сухими розсипними кормами має ряд переваг: зниження витрат на приготування і транспортування, великі терміни зберігання готового корму без ризику його псування, скорочення втрат корму при поїданні, простіше зробити механізацію та автоматизацію процесів приготування і роздачі. Кращим є створення змішувача для приготування сухих розсипних кормів.

За кінематичним режимом роботи в залежності від частоти обертання робочих органів змішувачі можна розділити на тихохідні і швидкохідні. Поділ змішувачів за цією ознакою проводиться за показником кінематичного режиму, що визначається за формулою [62]:

$$k = \frac{\omega^2 R}{g}, \quad (1.1)$$

де ω - кутова швидкість, с^{-1} ;

R - радіус обертання, м.

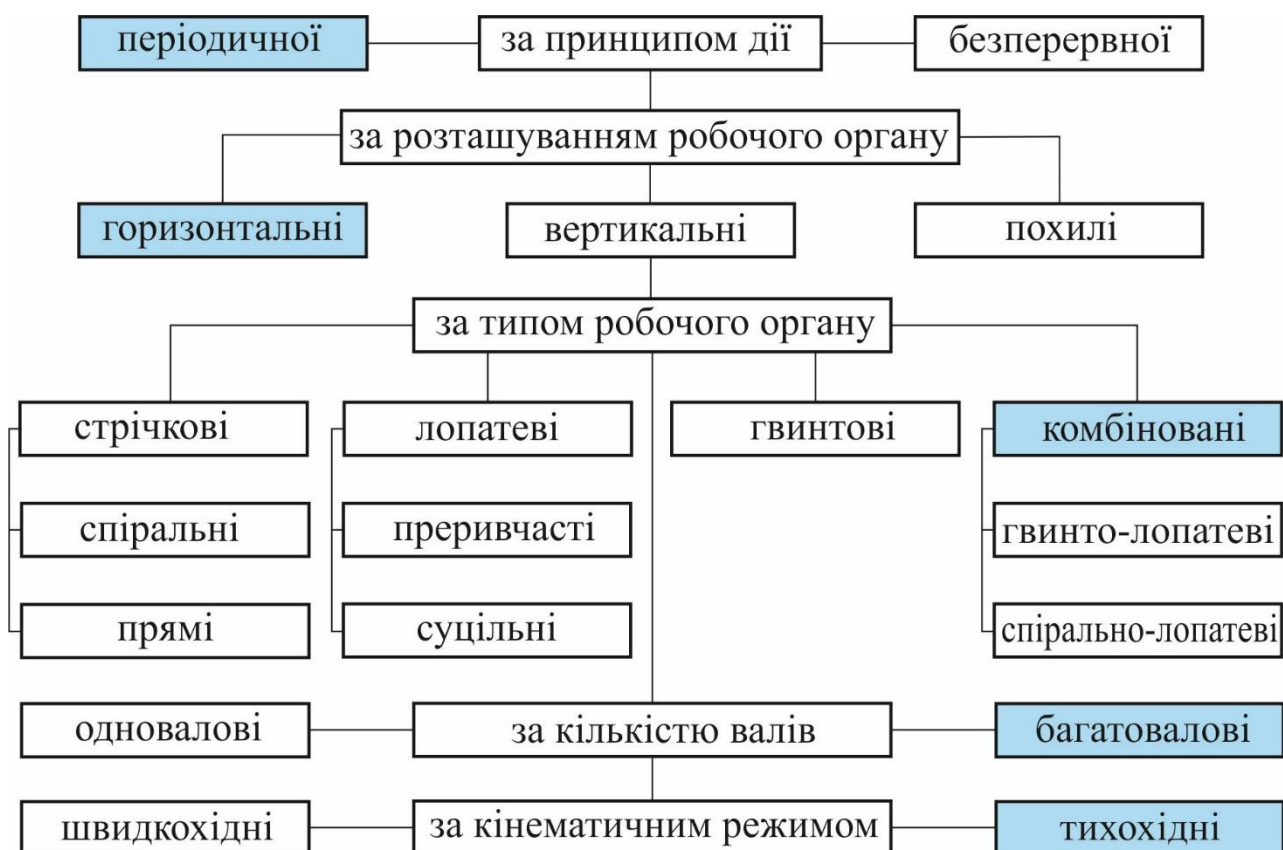


Рисунок 1.2 - Класифікація змішувачів кормів

Всі змішувачі класифікуються за рядом ознак. За своїм виробничим призначенням є змішувачі для змішування сухих, рідких, напіврідких і тістоподібних кормів, а також універсальні [70]. Годування сухими розсипними кормами має ряд переваг: зниження витрат на приготування і транспортування, великі терміни зберігання готового корму без ризику його псування, скорочення втрат корму при поїданні, простіше зробити механізацію та автоматизацію процесів

приготування і роздачі. Кращим є створення змішувача для приготування сухих розсипних кормів.

За кінематичним режимом роботи в залежності від частоти обертання робочих органів змішувачі можна розділити на тихохідні і швидкохідні. Поділ змішувачів за цією ознакою проводиться за показником кінематичного режиму, що визначається за формулою [60]:

$$k = \frac{\omega^2 R}{g}, \quad (1.1)$$

де ω - кутова швидкість, с^{-1} ;

R - радіус обертання, м.

Якщо $k < 30$, то змішувач вважається тихохідним, якщо $k > 30$, то швидкохідних. Швидкохідні змішувачі застосовні не для всіх типів кормів. Час приготування в них дещо менше, ніж у тихохідних, але вище питомі енерговитрати на одиницю корму. Також при високій частоті обертання робочих органів відбувається додаткове подрібнення компонентів корму, що не припустимо зоотехнічними вимогами.

За характером процесу змішування всі змішувачі поділяють на змішувачі безперервної і періодичної дії. Змішувачі безперервної дії застосовують, як правило, за умови, що найменша частка одного з компонентів перевищує 5% [22]. Застосування таких змішувачів обґрунтовано при великих обсягах виробництва. Змішувачі безперервної дії не набули широкого застосування в господарствах через складність дозування в них потоків сипучих компонентів в строго заданих співвідношеннях [22]. Однак ці змішувачі по відношенню до змішувачів періодичної дії мають ряд переваг: висока продуктивність, можливість повної автоматизації процесу приготування суміші і встановлення в безперервно діючих технологічних лініях без проміжних ємностей, невелику енерго- і

матеріаломісткість. Якість змішування в змішувачах безперервної дії залежить від кількості і рівномірності подачі компонентів, а також від ступеня їх подрібнення і часу впливу робочого органу на суміш [26, 27]. Змішувачі періодичної дії набули найбільшого поширення при виробництві комбікормів і кормових сумішей в умовах господарства, а також в малогабаритних комбікормових агрегатах [63]. Змішувачі періодичної дії можуть бути як стаціонарними, так і мобільними. Одна з технологічних переваг змішувачів періодичної дії - можливість застосування вагового дозування, що дозволяє готувати кормові суміші з мінімальним відхиленням компонентів і автоматизувати приготування суміші по заданому рецепту. У змішувачах періодичної дії можна змінювати в процесі роботи технологічні параметри, вводити добавки в будь-якій послідовності [65].

За конструктивною ознакою змішувачі бувають з нерухомим або обертовим бункером. Перевагою змішувачів з рухомим бункером є відсутність, як правило, додаткових робочих органів, також гарна герметичність змішувача - корпус виконаний без технологічних отворів для валів робочих органів - немає необхідності в застосуванні ущільнення рухомих з'єднань, що контактують із сумішшю, що дещо спрощує конструкцію. Однак є і ряд недоліків - необхідне використання підшипникових вузлів з підвищеною вантажопідйомністю, так як вони повинні витримувати масу бункера разом з сумішшю, що призводить до подорожчання конструкції, також для таких змішувачів характерні невелика продуктивність, обумовлена знизеними значеннями коефіцієнта наповнення, величина якого пов'язана зі специфікою процесу змішування в таких змішувачах [44, 47, 50]. Наявність обертового бункера, який, як правило, не закритий захисним кожухом, обумовлює підвищену небезпеку для обслуговуючого персоналу. У комбікормовій промисловості найбільше застосування отримали змішувачі з нерухомим бункером.

Ряд експериментальних даних підтверджує, що великий вплив на підвищення ефективності роботи змішувача надає форма камери змішувача [63]. За

конструктивним виконанням бункери розрізняють еліпсої, циліндричної, прямокутної і Y-подібної форми [24]. Найбільш поширені змішувачі з прямокутною і циліндричною формою бункера, зустрічаються також змішувачі з еліпсним бункером. Вибір форми корпусу змішувача визначається технологічним призначенням, трудомісткістю виготовлення. Найбільш прості у виготовленні бункери прямокутної форми. При поєднанні процесу змішування з запарюванням краще бункерів еліпсої або круглої форми, що знижує втрати тепла через стінки бункера, але вони більш складні у виготовленні [27].

Кількість валів з робочими органами в змішувачі може бути по-різному. Як правило, встановлюють від одного до чотирьох валів. Одновальні змішувачі при горизонтальному розташуванні валу найчастіше працюють в безперервному режимі, а значить, відрізняються високою продуктивністю, але низькою якістю змішування і громіздкістю конструкції.

Застосування одновальних змішувачів з вертикальним розташуванням робочого органу зараз досить поширене, але, як правило, такі змішувачі мають велику висоту, що не завжди прийнятно для малих підприємств. Найбільш оптимальною конструктивною схемою за питомими витратами енергії і якості суміші є двухвалова [20]. Переваги двухвального змішувача в порівнянні з машинами інших типів:

- більш компактна камера змішувача;
- при однаковому обсязі менша поверхня, яка зношується;
- можливий повторний запуск під навантаженням;
- можлива експлуатація з недовантаженням.

Застосування змішувачів з великою кількістю валів дозволяє краще зробити організацію регламентації руху компонентів корму за рахунок переміщення їх одночасно в трьох площинах, тим самим підвищивши однорідність суміші і знизивши час змішування, проте це сильно ускладнює і здорожує конструкцію, знижує її надійність [20]. Встановлено, що ефективним по продуктивнос-

ті, що забезпечує заданий рівень показника нерівномірності змішування, є змішувач з чотирма горизонтальними шнеками. Однак тришнекові змішувачі мають кращу рівномірність змішування корму і порівняно низькі питомі витрати енергії. Одновальні змішувачі не можуть забезпечити всіх зоотехнічних норм. В даний час найбільше застосування отримали машини з двома і трьома валами [20, 13].

Вісь валу робочих органів може бути розташована як вертикально, так і горизонтально, існують змішувачі та з похилим [17] розташуванням робочого органу. Найбільшого поширення вертикальне розташування робочих органів отримало серед змішувачів-подрібнювачів-роздавачів. Досить поширені такі змішувачі та для виробництва сухих розсипних кормосумішей. Це обумовлено рядом переваг: висока якість суміші зі збереженням структури корму, ефективна обробка тюків і рулонів, крім того таке розташування робочого органу зменшує ризик поломки при попаданні в бункер сторонніх предметів [56, 62]. Але є також і ряд недоліків: встановлено, що у змішувачів з вертикальним шнеком питома енергоємність (на одиницю об'єму бункера) на 10 ... 25% більше, що вимагає більшої потужності на привід [56], вібрації, що виникають при роботі шнека, знижують точність зважування компонентів корму [42]. Для змішувачів цього типу також характерна висока чутливість до вологості продукту, зависання при змішуванні і спорожнення бункера, освіту пристінкових застійних зон, наявність сепарації при змішуванні, а також складність конструкції, обумовлена наявністю в ряді конструкцій консольно-встановленого робочого органу.

Робочі органи, розташовані горизонтально, забезпечують меншу висоту змішувача, що дозволяє використовувати їх в складі технологічних ліній в приміщеннях з невеликою висотою стель. Горизонтальні змішувачі прості в експлуатації, допускають широкий діапазон зміни кінематичних параметрів [27]. Однак горизонтальне розташування мішалок ускладнює перемішування вели-

когабаритних пресованих блоків і викликає посилений знос робочих органів змішувача, існує підвищений ризик пошкодження корму в разі потрапляння в змішувальну камеру сторонніх предметів, допускається сильне пресування кормової суміші, при якому відбувається процес фракціонування.

Переваги змішувачів з похилими робочими органами полягають в кращій організації циркуляції компонентів корму з виключенням застійних зон, пресування і фракціонування кормів [20]. Застосування таких змішувачів обмежена складністю конструкції, відносно низькою надійністю і високими питомими витратами енергії.

За способом змішування перемішуваних компонентів в змішувачі може здійснюватися вільно (під дією сил гравітації), примусово і змішано.

У гравітаційних змішувачах компоненти змішуються в результаті руху сипучого матеріалу під дією сил тяжіння і взаємодії з різними нерухомими конструктивними елементами. До переваг гравітаційних змішувачів можна віднести: простоту і надійність конструкції, відсутність рухомих робочих органів, малі питомі витрати енергії. Їх недоліки: низька якість змішування, необхідність точного дозування, можливість перемішування матеріалів тільки з високою і в окремих випадках - середньої сипучістю [63].

Для поліпшення показників роботи гравітаційних змішувачів в них застосовують додатково примусове змішування за рахунок установки рухливих робочих органів, надання компонентам корму вібрації. Вібрація виключає можливість зависання компонентів при переході їх з секції в секцію, підвищує якість суміші (можна досягти однорідності суміші до 97% [63, 72]), дозволяє зменшити кут нахилу до горизонту внутрішніх робочих поверхонь змішувача, що набагато скорочує його розміри [63, 54].

Прикладом суміщення гравітаційного процесу змішування з примусовим можуть служити змішувачі-дозатори кормів, які об'єднують в собі багатоконпонентний дозатор тарільчатого типу і змішувач, що працює за принципом пе-

ремішування потоків компонентів [17, 19] або за рахунок потоку повітря між конусом і диском з лопатками [15]. Конструкція дозаторів-змішувачів дозволяє не тільки отримувати більшу продуктивність при мінімальних енерговитратах, але також оперативно змінювати структуру корму [17, 51].

Прикладом суміщення гравітації і вібрації можуть служити вдосконалений змішувач сипучих кормів безперервної дії і віброзмішувач періодичної дії з робочою камерою, встановленою на амортизаторах [72]. Поліпшення якості суміші отримують за рахунок інтенсифікації процесу змішування завдяки зміні кута нахилу елементів до днища жолоби в поперечній горизонтальній площині [14] або за рахунок застосування різних форм робочих камер [70]. Дані змішувачі мають низьку експлуатаційну надійність, обумовлену великою кількістю рухомих сполучень. Недоліками змішувачів є додаткові витрати енергії на створення закрученого потоку повітря.

Іншими варіантами змішаного процесу змішування є поєднання вібрації і пропускання через суміш стисненого повітря. Поєднання продувки і вібрації забезпечує найкращі показники роботи таких змішувачів, але слід зазначити складність конструкції і високі питомі витрати енергії. Також в ряді змішувачів зі змішаним впливом на компоненти корму використовують поєднання вібрації бункера змішувача або його днища з робочими органами. Такі змішувачі мають високу продуктивність і достатню якість суміші [63].

Для підвищення ефективності роботи змішувача, який поєднує процеси гравітації і вібрації, запропоновано пристрій з двома бункерами і змішувальною камери [4].

До пневматичних змішувачів відносять ті, в яких компоненти змішуються в штучно створеному циркуляційному потоці газу. Змішування компонентів суміші відбувається в результаті багаторазової циркуляції його в апараті. Переваги пневматичних змішувачів: висока продуктивність, короткий цикл змішування, достатня якість суміші, відсутність обертових механічних пристроїв в

більшості з них, простота конструкції. Недоліки: погана якість при змішуванні компонентів, частки яких відрізняються як за розмірами, так і по щільності, великий винос частинок, необхідність установки громіздких пилоуловлюючих пристроїв, високі питомі енерговитрати, необхідність застосування спеціального устаткування, довга настройка на конкретні показники змішуваних компонентів [63].

Змішувачі, в яких змішування відбувається за рахунок примусового впливу на суміш робочими органами - це змішувачі з активними робочими органами - мішалками, а також ті, в яких робочим органом можна умовно назвати пропускається через суміш газ, що пропускається через суміш, зазвичай повітря - пневматичні змішувачі [63].

Найбільш ефективними, поширеними і продуктивними є змішувачі з мішалками. Пропелерні змішувачі застосовують для інтенсивного перемішування рідин, що мають невелику в'язкість (як правило, для рідин з динамічною в'язкістю до 4,0 Па·с), для приготування суспензій і емульсій [60]. Конструктивно пропелерні мішалки є гребний гвинт з числом лопатей від 2 до 4. Для пропелерних змішувачів характерні висока насосна дія і циркуляція вмісту при ефективному перемішуванні [61].

Роторні змішувачі застосовують для змішування сухих кормових компонентів. У змішувачах з роторами, що швидко обертаються використовується ефект псевдозрідження сипких матеріалів, засноване на тому, що при великій швидкості руху частинок кінетична енергія окремої частки є більше роботи, необхідної для подолання опору сил тертя і сил тяжіння. Завдяки цьому кожна частка набуває високу рухливість [65]. Залежно від конструкції ротора змішувачі цього типу поділяють на лопатеві [38], дискові [25], з обертовим конусом [26]. Частота обертання мішалок $1 \dots 10 \text{ с}^{-1}$ [30].

Роторні подрібнювачі - змішувачі періодичної дії призначені для приготування комбікорму для невеликих виробництв і об'єднують процеси подріб-

нення і змішування [43].

Вони складаються з робочої камери з завантажувальним вікном і вивантажним патрубком, ротора з робочими органами. Подрібнювачі-змішувачі [17] і [43] відрізняються можливістю обертання робочої камери. Змішування і подрібнення компонентів корму відбувається під дією обертання ротора, а також робочої камери протягом заданого часу [43]. До недоліків подрібнювачів-змішувачів можна віднести складність управління, обумовлену необхідністю реверсу і зміни частоти обертання робочого органу, додаткові витрати енергії на створення вихрових потоків в робочій камері, а також невисоку продуктивність.

В дискових змішувачах мішалка має форму плоского диска, що обертається з великою швидкістю. В результаті обертання диска біля нього виникає великий градієнт швидкості, який зумовлює енергійну дію зсуву [55].

Вертикальні лопатеві змішувачі періодичні дії СМ-1 [146] місткістю 0,03м³, серії ПЛЗ і «Спектр ВПСМ» місткістю 50, 120 і 250 л призначені для приготування багатокомпонентних сипких сумішей зі ступенем однорідності до 98% і можливістю введення до 20% рідких компонентів.

Залежно від властивостей матеріалів і об'єму завантаження потрібний режим змішування встановлюється переміщенням вгору або вниз по валу верхньої пари лопатей [38]. Час отримання готової суміші не перевищує 2 хв. Пропоновані змішувачі мають просту конструкцію і за рахунок створення розгорнутими під кутом лопатями псевдозрідженого шару дозволяють досягати високої якості суміші [38].

З метою поліпшення якості одержуваної суміші концентрованих кормів і мікродобавок і розширення технологічної можливості розроблений змішувач із ступінчастим змішуванням компонентів [16]. Змішувач має продуктивність 0,15 т/год і забезпечує рівномірність 95% за 150 с змішування.

До переваг роторних змішувачів можна віднести невелику металоємність,

простоту пристрою; високу однорідність змішування (до 95%), а незначна маса змішувачів забезпечує при установці їх на тензодатчики можливість роботи як дозаторів з високою точністю дозування до 0,1%. Робочі органи забезпечують повне самовивантаження за короткий проміжок часу - 15 ... 30 секунд [19].

Недоліками роторних змішувачів не залежно від конструкції ротора являються: високі питомі витрати енергії на процес змішування, високий вплив на компоненти суміші, внаслідок великої частоти обертання робочих органів.

Барабанні змішувачі зазвичай застосовують для змішування сипучих кормів. Однак при певних геометричних розмірах вони з успіхом можуть бути використані для змішування подрібнених стеблових матеріалів [20].

Найбільшого поширення знайшли такі барабанні змішувачі з обертовим корпусом: горизонтальний або вертикальний з горизонтальною віссю обертання; з похилою віссю обертання; «п'яна» бочка [24]. Форма бункера може бути циліндричної, кубічною, рифленою і Y-образною [25].

Всі змішувачі з барабанним робочим органом відносяться до тихохідних машин [24]. Лінійна швидкість обертання барабана зазвичай становить 0,17-1 м/с [15].

Процес змішування відбувається в барабані наступним чином. При обертанні барабан захоплює за собою нижні шари корму і піднімає їх на деяку висоту. Потім корм під дією сили тяжіння обрушується вниз, але його знову підхоплює стінка барабана. В результаті такого багаторазового перекидання відбувається гарне перемішування [30]. Коефіцієнт наповнення в таких змішувачах коливається в межах від 0,3 ... 0,6 [30, 32].

До переваг барабанних змішувачів можна віднести: простоту конструкції, надійність в роботі, можливість змішування сипучих матеріалів зі специфічними властивостями. До недоліків слід віднести: невисока якість змішування, велику тривалість циклу, низьку продуктивність, великі габаритні розміри. Широкого застосування для приготування кормів барабанні змішувачі не знайшли,

що обумовлено перерахованими вище недоліками.

Існує ряд авторських свідоцтв і патентів [2, 3], що описують барабанні змішувачі кормів, відомі також експериментальні зразки змішувачів, виготовлені аспірантами вузів і науково-дослідними інститутами [65].

Один з таких змішувачів розроблений вченими Луганського НАУ, він являє собою два усічених конуса з внутрішньої навивкою і Г-подібними лопатками з'єднаними між собою такою ж основою, що перешкоджає утворенню центру циркуляції компонентів суміші, і перемішування забезпечується послідовною зміною положення шарів. Це дозволяє частину шару кормосмеси підняти на висоту більше кута природного укусу її компонентів [65].

Для приготування кормосумішей з сухих компонентів з різними добавками широке застосування знайшли шнекові вертикальні змішувачі періодичної дії [70].

Великого поширення знайшли шнекові змішувачі з вертикальним розміщенням робочих органів в складі комбікормових агрегатів, таких як АК-1000, АК-2000, АК-3000, АМК-1, МКА-1, АКА-3.322, АП-100, «Прок» , «Скарб», УПК-0,7, Awila, УМК-Ф-2, ОПК-2, комбікормові міні-заводи DOZA і інші [19, 25, 170].

Вертикальні змішувачі комбікормів УСК-3, ССК-2,3, ССК-3,7, ССК-4,4, СК-4 призначені для отримання однорідної суміші подрібнених компонентів зернових культур, шроту, мінеральних добавок, а також невеликої кількості добавок: рослинних масел, жирів, вітамінів і т.п. [12, 21, 24].

Вони складаються з циліндричного бункера з конічним днищем, всередині якого в трубі розташовується вертикальний шнек. Для приготування суміші компоненти завантажують в бункер. Шнек безперервно захоплює масу з нижньої конічної частини бункера і піднімає її вгору, потім суміш опускається вниз уздовж стінок бункера. Така циркуляція корму протягом 5..8 хвилин при частоті обертання шнека $1,67 \dots 2,5 \text{ с}^{-1}$ забезпечує повне перемішування компонен-

тів корму [70].

1.3 Аналіз результатів досліджень змішування розсіпних сумішей

Механічний процес рівномірного розподілу частинок компонентів у змішувати обсязі, в результаті чого виходить однорідна суміш, називається змішуванням [16, 70]. Змішування кормів - одна із заключних операцій в приготуванні корму для тварин.

У роботах [29, 30] для сухих сипких кормових сумішей визначено стан ідеального випадку змішування частинок двох компонентів, умови його отримання, а також стан повного змішування, яке визначається ймовірністю знаходження в довільній точці частки даного компонента. Чим ближче співвідношення розмірно-масових характеристик компонентів до одиниці, тим простіше отримати однорідну суміш [35]. Збільшення відносної вологості понад 14 ... 15% потребує збільшення часу змішування [38].

Однорідність суміші є якісною характеристикою завершеності процесу змішування. Для визначення однорідності знайшли застосування різні методи.

Для визначення ступеня однорідності на основі аналізу взятих проб розроблені формули А. А. Лапшина

$$\Theta = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{B_i}{B_0} \right)}{h} \quad \text{при } B_i < B_0,$$

$$\Theta = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{2B_0 - B_i}{B_0} \right)}{h} \quad \text{при } B_i > B_0, \quad (1.2)$$

де B_i - для меншого компонента в i -ой пробі;

B_0 - для меншого компонента в ідеальній пробі;

n - число проб (зазвичай приймають від 20 до 60 [60]). За коефіцієнтом варіації однорідність [21, 58] визначається:

$$\Theta = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (B_i - B_0)^2}{n-1}}}{B_i}, \quad (1.3)$$

Однорідність по відношенню середньоквадратичних відхилень розраховується за виразом:

$$\Theta = \frac{\sigma_T}{\sigma_{\mathcal{D}}}, \quad (1.4)$$

де σ_T - теоретичне середньоквадратичне відхилення;

σ_E - емпіричне середньоквадратичне відхилення.

Теоретичне і емпіричне середньоквадратичні відхилення визначаються за виразами:

$$\sigma_T = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - p)^2}{n-1}};$$

$$\sigma_{\mathcal{D}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_{cp})^2}{n-1}}, \quad (1.5)$$

де x_i - вміст контрольного компонента в i -ой пробі;

p - вміст контрольного компонента в ідеальній пробі;

x_{cp} - середньоарифметичний вміст контрольного компонента у всіх пробах;

$$x_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad (1.6)$$

Цінність кормосуміші можна визначити за розподілом сухої речовини [12].

$$\Theta = \frac{G_{\varphi} (1 \pm k') \cdot 100\%}{G_p}, \quad (1.7)$$

де G_{φ} - фактична кількість сухої речовини контрольного компонента, кг;

k' - поправочний коефіцієнт, що враховує взаємний вплив компонентів;

G_p - кількість сухої речовини в раціоні, кг.

Ступінь однорідності змішування, що враховує дозу введення контрольного компонента можна визначити за величиною частки частинок контрольного компонента в заданих межах за виразом [16, 70]

$$\Theta = \frac{\Phi_0(z_i)}{\Phi_0(z-3)} = \frac{\Phi_0(z_i)}{0,9973}, \quad (1.8)$$

де Φ_0 - нормована функція Лапласа (табличне значення);

z_i - нормоване відхилення;

$$z_i = \frac{x_i - x_{cp}}{\sigma_{\varnothing}}. \quad (1.9)$$

В роботі Ігошина А.П. [75] встановлено, що найбільш раціональним для процесу змішування є пошарова подача дозатором кормів в змішувач з робочим органом у вигляді шнека.

Для оцінки якості суміші запропонована формула для визначення коефіціє-

нта об'ємної неоднорідності,

$$\sigma = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 + \sigma_4^2 + \sigma_5^2}, \quad (1.10)$$

де σ - коефіцієнт інтегральної неоднорідності;

$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3, \sigma_4, \sigma_5$ - коефіцієнт неоднорідності для фракцій 3; 2,5; 2; 1,5; 0 мм відповідно.

Ступінь однорідності виражається в частках одиниці і відсотках і чим ближче значення 0 до одиниці або до 100%, тим якісніше суміш [16, 70].

Якість кормової суміші оцінюють за шкалою (таблиця 1.1) [70]. Відповідно до зоотехнічних вимог, процес змішування вважається завершеним при досягненні ступеня однорідності в межах від 85 до 95% в залежності від призначення суміші [10].

Таблиця 1.1 - Шкала оцінки якості суміші

Оцінка суміші	Номер групи	Відхилення контрольного компонента в пробах від теоретичного значення, %
Хороша	1	До 8
Задовільна	2	8-10
Недостатньо задовільна	3	10-15
Погана	4	Понад 15

Для однотипних мішалок з однаковою частотою обертання лопатей вплив ємності змішувача на тривалість перемішування відображає співвідношення [35]:

$$\frac{t_1}{t_2} = \sqrt[3]{\frac{V_1}{V_2}}, \quad (1.11)$$

де t_1, t_2 - тривалість перемішування в змішувачі ємністю V_1 і V_2 відповідно, с;

V_1, V_2 - ємність змішувача, м.

Тривалість циклу змішування при зміні швидкості обертання лопатей визначають за формулою

$$t_2 = t_1 \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^m, \quad (1.12)$$

де n_1, n_2 - частота обертання лопатевого вала, хв^{-1} ;

m - показник ступеня, що залежить від інтенсивності перемішування, властивостей компонентів, призначення процесу та ін.

Оптимальний час змішування знаходиться в кінці дифузійного етапу і залежить від фізико - механічних властивостей суміші, параметрів змішувача, методу змішування і умови завантаження компонентів. На основі огляду досліджень процесу змішування в багатьох роботах [14, 16, 43, 67, 71] виявлено, що основними параметрами порційних змішувачів є: технологічна місткість, тривалість змішування, продуктивність, споживана потужність, питомі витрати енергії, якість суміші, частота обертання робочих органів.

Існує ряд виразів для визначення цих параметрів для кожного типу змішувача, пропоновані різними авторами. Для розрахунку лопатевих змішувачів існує ряд виразів. В роботі [71] подачу лопатей змішувача рекомендується визначати за формулою:

$$Q_{\text{л}} = 15\pi D^2 S n \rho k_n, \text{ кг/год}, \quad (1.13)$$

де D - діаметр лопатей, м;

S - крок лопатей, м;

n - частота обертання лопатей, хв^{-1} ;

ρ - насипна об'ємна маса кормів, $\text{кг}/\text{м}^3$;

k_n - коефіцієнт подачі, що залежить від конструкції лопатей і їх розташування на валу (0,6 ... 0,8).

Подачу лопатевого змішувача можна визначити за формулою [30]:

$$Q_{\text{л}} = \frac{D^2 S n \rho \varphi_n}{8}, \text{ кг/с}, \quad (1.14)$$

де n - частота обертання лопатей, с^{-1} ;

φ_n - коефіцієнт заповнення ємності.

Для горизонтального двовального змішувача запропонована формула для розрахунку подачі [48]:

$$Q_{\text{л}} = \pi R_{\text{ж}}^2 \left[1 - \left(\frac{2\pi\tau_{\text{к}}}{180} - \sin 2\tau_{\text{к}} \right) / 2\pi \right] b_{\text{л}}^2 n_{\text{л}} \sin^2 \alpha / 60 S_{\text{л}}, \quad (1.15)$$

де $R_{\text{ж}}$ - радіус жолоба корпусу, м;

$\tau_{\text{к}}$ - кут між обрізом циліндричної частини корпусу і горизонтальною площиною, град.;

$b_{\text{л}}$ - ширина лопаті, м;

$n_{\text{л}}$ - частота обертання валів, хв^{-1} ;

$S_{\text{л}}$ - крок розстановки лопатей, м;

α - кут повороту лопаті до поздовжньої осі змішувача, град.

Також продуктивність горизонтального лопатевого змішувача безперервної дії можна визначити виходячи з того, що за один оберт лопаті суміш, захоплена лопатою, просувається на величину ΔS [69]:

$$Q = 2R_{cp.} (R_1 - R_2) \frac{\gamma}{2\pi} \Delta S n z \rho k_{д}, \quad (1.16)$$

де $R_{cp.} = \frac{R_1 + R_2}{2}$ - середній радіус лопаті, м;

R_1 - зовнішній радіус лопаті, м;

R_2 - внутрішній радіус лопаті, м;

ΔS - просування маси за один прохід лопаті, м, $\Delta S = b \cdot \cos \alpha$,

b - ширина лопаті, м;

α - кут її установки до поздовжньої осі змішувача, град.;

n - частота обертання валу змішувача, c^{-1} ;

z - загальне число лопатей на ділянці, шт.;

$k_{д}$ - коефіцієнт, що враховує обтікання лопаті масою (в залежності від розміру лопаті $k_{д} = 0,4 \dots 0,6$);

γ - кут наповнення змішувача по середньому радіусу лопаті, залежить від ступеня наповнення змішувача.

Потужність на привід лопатевого змішувача можна визначити за виразом [17]:

$$N = 0,038 K_1 d^4 n^3 \rho h z, \quad (1.17)$$

де K_1 - коефіцієнт, що залежить від співвідношення розмірів лопаті;

d - діаметр лопаті, м;

n - частота обертання мішалки, $хв^{-1}$;

h - висота лопаті, м.

Граничне значення частоти обертання лопатевого вала можна визначити також з виразу [71]:

$$n_{\max} = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g}{R}}, \quad (1.18)$$

де g - прискорення вільного падіння, м/с^2 ;

R - зовнішній радіус лопаті, м .

Для змішувачів з великим об'ємом компоненти доцільно подавати послідовно, так, щоб співвідношення всіх компонентів були постійно рівними. Встановлено, що витрати потужності і роботи на процес змішування пропорційні співвідношенню обсягів і лінійних розмірів компонентів, а також швидкості зміни їх концентрації.

Форма змішувальних органів вибирається на основі критерію $\frac{S}{L \cdot v} \rightarrow \min$,

де S - площа змішувальних елементів, м^2 ; L - сумарна довжина робочої кромки елементів, м ; v - швидкість переміщення маси, м/с .

Для безперервного змішування необхідно створювати умови угруповання частинок в рухливі шари, а для порційного змішування необхідно масив розбивати на окремі частини [62].

1.4 Висновки до розділу. Мета і задачі дослідження

На основі огляду існуючих конструкцій змішувачів і аналізу стану досліджень процесу змішування зроблені наступні висновки:

1. Найбільшого поширення при годівлі сільськогосподарських тварин отримало годування повнораціонними кормовими сумішами, в складі яких значну частку мають сухі розсипні корми, які готуються безпосередньо в господарстві, що дозволяє найбільш ефективно використовувати відходи рослинництва (зерна), тим самим знизивши собівартість продукції тваринництва.

2. Змішування є однією з важливих операцій при приготуванні сухих розсипних кормів, що забезпечує однорідність суміші відповідно до зоотехнічних

норм, і визначальне, в кінцевому підсумку, продуктивність тварин і ефективність використання кормів і як наслідок зниження собівартості продукції.

3. В результаті аналізу існуючих конструктивних схем змішувачів було встановлено, що багато машин, що застосовуються для приготування комбікормів складні по конструкції і не надійні в роботі, якість одержуваної кормової суміші, не завжди повністю відповідає зоотехнічним вимогам; застосовувані серійні і експериментальні змішувачі комбікормів через недосконалість технологічного процесу і робочих органів, мають високі питомі витрати енергії на процес змішування.

4. Перспективним напрямком в удосконаленні конструкцій змішувачів сухих розсипних кормосумішей є створення тихохідного змішувача періодичної дії з нерухомим прямокутним корпусом і двома горизонтально розташованими шнеколопатними комбінованими робочими органами, що забезпечують організований регламентований рух компонентів корму і дозволяють скоротити час отримання якісної суміші зі зниженням питомих витрат енергії на процес змішування.

Мета і задачі дослідження. Зниження питомих витрат енергії на технологічний процес приготування сухих розсипних кормосумішей шляхом застосування нових робочих органів при збереженні якості, відповідної зоотехнічним вимогам. У відповідності до поставленої мети було визначено основні **задачі**, що необхідно вирішити:

- провести аналіз сучасних технологічних процесів та конструкцій змішувачів сипких компонентів при виробництві комбікормів і розробити нову технологічну схему горизонтального змішувача, оснащеного шнеково-лопатевим робочим органом;
- теоретично обґрунтувати конструкційно-технологічні параметри шнеково-лопатєвого змішувача сипких кормів;
- експериментально обґрунтувати і виявити раціональні параметри конструкційно-технологічні параметри шнеково-лопатєвого змішувача сипких кормів;

- провести аналіз розробленого шнеково-лопатевого змішувача з точки зору охорони праці;
- виконати техніко-економічну оцінку оптимізованої конструкції шнеково-лопатевого змішувача.

2 Теоретичні дослідження і обґрунтування параметрів шнеково-лопатевого змішувача

2.1 Обґрунтування конструктивно-технологічної схеми

На підставі огляду існуючих конструкцій змішувачів кормів, проведеного в першому розділі, нами пропонується тихохідний змішувач періодичної дії з нерухомим прямокутним корпусом і двома горизонтально розташованими комбінованими робочими органами. Схема цього змішувача представлена на рис. 2.1.

Змішувач складається з бункера 1 з вивантажувальними патрубками 2 з заслінками, двох мотор-редукторів 3 з пультами управління мотор-редукторами 4, двох робочих органів, кожен робочий орган складається з частин 5 і 6, що обертаються в протилежні сторони, на робочих органах розміщені ділянки шнекової навивки 7 довжиною $L_{ш}$, лопаток 8 і 9 довжиною $L_{шл1}$ і $L_{шл2}$ відповідно і лопатей, що перекидають 10 довжиною $L_{л}$. Перемішувально-транспортуючі лопатки мають можливість повороту щодо осі валу. Загальна висота бункера дорівнює $H_{заг}$. Радіуси лопатей, що перекидають $R_{л}$, шнекової навивки $R_{ш}$, перемішувально-транспортуючих лопаток першої $R_{пт1}$ і другої $R_{пт2}$ частин робочого органу рівні між собою.

Принцип роботи змішувача полягає в наступному. Завантажується корм в бункер 1, включаються приводи 3 частин 5 і 6 робочих органів. Під дією шнекової навивки 7 і перемішувально-транспортуючі лопатки 8 корм, перемішуючись, рухається до вивантажувального патрубка 2. Обертання частини 5 робочого органу здійснюється в такому напрямку, при якому корм зміщується до бічної стінки бункера 2. Частина 6 робочого органу обертається в протилежну сторону щодо частини 5 і перемішувально-транспортуючі лопатки 9 перемішують і переміщують корм до перекидаючих лопаток 10, частково перекидаючи його в зону роботи другого робочого органу. Остаточне перекидання корму в зону роботи другого робочого органу виконують перекидаючі лопаті 10. Аналогічно, з тим же ефектом змішування, але в протилежному напрямку перемі-

щує корм другий робочий орган. Після закінчення перемішування відкриваються заслінки патрубків 2, і готова кормосуміш вивантажується через них.

Така конструктивно-технологічна схема змішувача забезпечує організований регламентований рух компонентів корму і дозволяє знизити питомі витрати енергії і отримати якісну суміш.

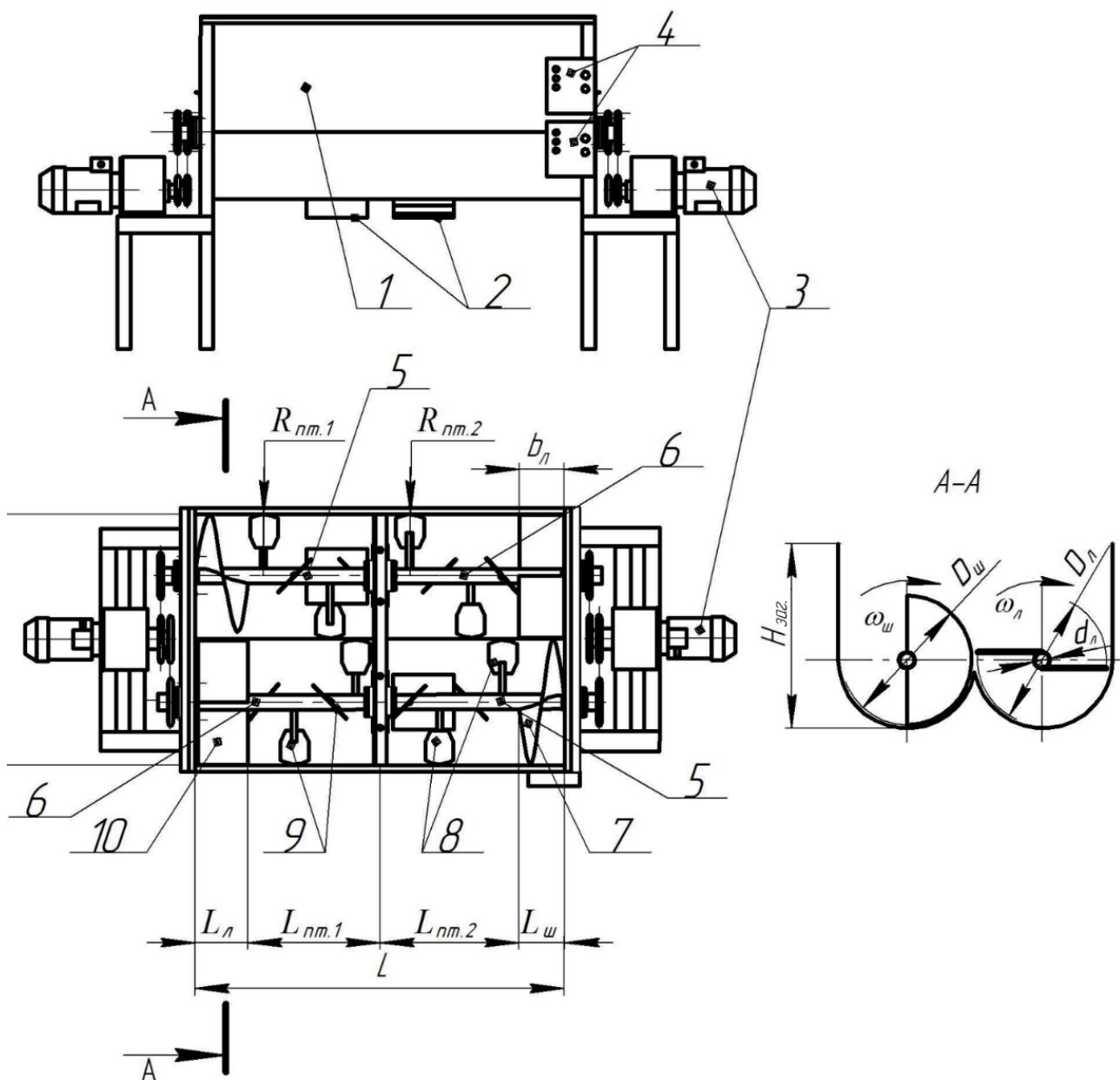


Рисунок 2.1 - Схема шнеково-лопатевого змішувача кормів

2.2 Обґрунтування параметрів змішувача

2.2.1 Фактори, що впливають на процес змішування

Змішувач повинен відповідати наступним вимогам:

$$\begin{cases} Q_{\phi} \geq [Q_{зoom}] \\ v_{\phi} \leq [v_{зoom}] \\ N_{пит.} \rightarrow \min \end{cases}, \quad (2.1)$$

де Q_{ϕ} і $Q_{зoom}$ - фактична і необхідна продуктивності змішувача;

v_{ϕ} і $v_{зoom}$ - фактична і максимально допустима неоднорідність суміші, %;

$N_{пит.}$ - питомі витрати енергії, Вт·кг/с.

Всі фактори, що впливають на процес змішування, можна розділити на три групи:

- 1) методи змішування (розпилювання, пересипання, перелопачування, нашарування компонентів, змішування компонентів в «киплячому» шарі і т. д.);
- 2) конструктивні особливості змішувачів і їх режими роботи (ступінь заповнення, швидкість і характер циркуляції матеріалу всередині змішувача, конструкція робочого органу, швидкість обертання цього органу і т. д.);
- 3) фізико-механічні характеристики компонентів суміші (співвідношення компонентів, їх гранулометричний склад, об'ємні маси, коефіцієнт внутрішнього тертя і т. д.).

Методи змішування в більшості випадків обмежуються умовами приготування суміші, її фізико-механічними властивостями, а також прийнятою технологією приготування.

2.2.2 Визначення корисного об'єму бункера

Одним з важливих параметрів змішувача є розмір бункера і його об'єм. Корисний об'єм змішувача знайдемо з виразу:

$$V_{н.б.} = V_{заг.} \cdot \varphi_p, \quad (2.2)$$

де φ_p - коефіцієнт, що враховує обсяг робочих органів змішувача;

$$\varphi_p = 1 - \frac{V_{р.о.}}{V_{заг.}}, \quad (2.3)$$

де $V_{р.о.}$ - об'єм, який займають робочі органи змішувача, m^3 .

Загальний об'єм змішувача визначимо як суму об'ємів найпростіших геометричних фігур, які складають бункер (рис. 2.2).

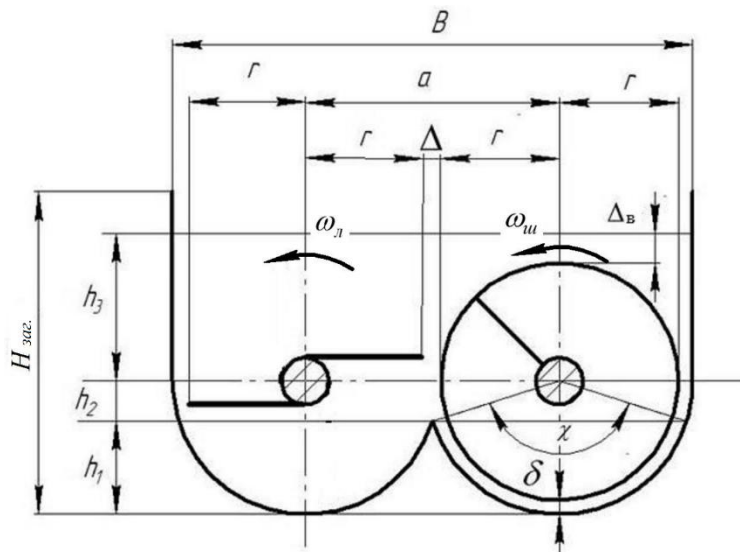


Рисунок 2.2 - Схема поперечного перерізу бункера змішувача

Загальний об'єм змішувача в такому випадку складе:

$$V_{заг.} = V_1 + V_2 + V_3, \quad (2.4)$$

де V_1, V_2, V_3 - об'єми відповідно нижньої, середньої і верхньої частини змішувача, що визначаються висотами h_1, h_2, h_1 .

Для визначення об'єму змішувача необхідно знати його висоту, ширину і довжину.

При проектуванні змішувача для заданої ферми при необхідній продуктивності і часу змішування, необхідний об'єм бункера змішувача складе:

$$V_{н.б.} = \frac{m}{\rho \varphi_n}, \quad (2.5)$$

де m - маса кормосуміші, кг.

φ_n - коефіцієнт наповнення.

Виходячи з отриманого об'єму, визначають лінійні параметри бункера. Представимо ширину бункера через конструктивні параметри. Вона буде залежати від ряду параметрів:

$$B = 4r + 2\delta + \Delta, \text{ м}, \quad (2.6)$$

де δ - радіальний зазор, м;

Δ - величина активного шару, м. Причому B лежить в межах

$$4r < B < (4r + 2\delta + \Delta), \quad (2.7)$$

Величина зазору δ визначається технологічними допусками і визначається рядом факторів, але вона повинна бути мінімальною. Зазор δ зазвичай знаходиться в діапазоні від 0,001 до 0,003 м. Для кращого очищення рекомендується встановлювати зазор в розмірі 0,005 ... 0,012 м. Величина активного шару Δ ви-

значається конструктивною схемою змішувача.

Об'єм нижньої частини змішувача, який визначається висотою h_1 , знайдемо з виразу:

$$V_1 = 2L \left(\frac{\pi(r+2\delta)^2}{360} \chi - h_2 \cdot (r+2\delta) \cdot \sin \frac{\chi}{2} \right), \quad (2.8)$$

де χ - центральний кут, град.

Об'єм в середній частині змішувача:

$$V_2 = 2L \left(\frac{\pi(r+2\delta)^2}{360} (180 - \chi) + h_2 \cdot (r+2\delta) \cdot \sin \frac{\chi}{2} \right), \quad (2.9)$$

Об'єм у верхній частині змішувача:

$$V_3 = Lh_3B, \quad (2.10)$$

де $h_3=r+\Delta_b$ - відстань від кінця заокруглення до верхнього рівня суміші, м;

Δ_b - підвищення корму над робочими органами, м.

Після підстановки в (2.2) виразів (2.8) - (2.10) і перетворень отримаємо:

$$V_{n.б.} = L\varphi_p \cdot \left[2 \left(\frac{\pi(r+2\delta)^2}{360} \chi + \left(\frac{\pi(r+2\delta)^2}{360} (180 - \chi) \right) + h_3 (4r + 2\delta + \Delta) \right] \right], \quad (2.11)$$

Корисний об'єм бункера при коефіцієнтах наповнення бункера від 0,3 до 0,5 з урахуванням обсягу займаного робочими органами знаходиться в межах від 0,21 до 0,31 м при довжині бункера рівній - 1,5м, ширині - 1,0 м і висоті - 0,75 м.

При зміні коефіцієнта наповнення від 0,3 до 0,5 середня висота суміші корму в бункері буде перебувати в межах від 0,18 до 0,28 м при заданих габаритах бункера.

2.2.3 Обґрунтування конструктивних параметрів шнекової ділянки

Шнекова навивка (рис. 2.3) повинна забезпечувати інтенсивне переміщення кормової маси без її зависання. Діаметр вала шнека $d_{ш}$ приймають зазвичай рівним 10 % від діаметра $D_{ш}$ навивки, а крок навивки $S_{ш}$ рівним половині або 1/4 діаметра $D_{ш}$.

Кут підйому гвинтової лінії α пов'язаний з кроком шнека і діаметром [55]:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{S_{ш}}{\pi D_{ш}}, \quad (2.12)$$

де $S_{ш}$ - крок витків шнека, м;

$D_{ш}$ - зовнішній діаметр шнека, м.

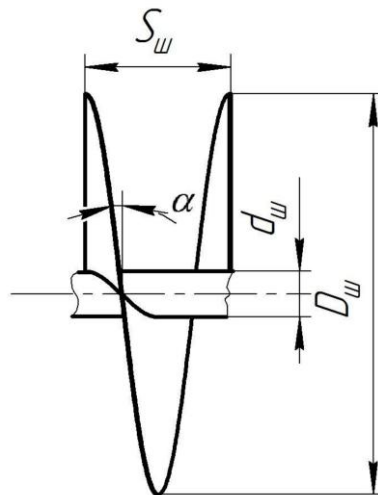


Рисунок 2.3 - Схема шнекової ділянки

При найвигіднішому куті підйому гвинтових ліній забезпечуються максимальна осьова швидкість і продуктивність при горизонтальному розташуван-

ні шнека:

$$\alpha_s = 45^\circ - \frac{\varphi_0}{2}, \quad (2.13)$$

де α_s - найвигідніший кут підйому гвинтової лінії, град .;

φ_0 - кут внутрішнього тертя суміші.

Критичний радіус встановлює межу ділянки, де частинки матеріалу набувають кутову швидкість шнека і їх осьовий зсув припиняється. Для горизонтального конвеєра:

$$r_{кр} = \frac{g(\operatorname{tg}(\alpha_s + \varphi_0) + 1)}{\omega_{ш}^2 \sqrt{1 + f^2 \operatorname{tg}(\alpha_s + \varphi_0)}}, \quad (2.14)$$

де $r_{кр}$ - критичний радіус, м;

$\omega_{ш}$ - кутова швидкість шнека, с;

f - коефіцієнт тертя корму об стінку кожуха.

2.2.4 Обґрунтування конструктивних параметрів перемішувально-транспортуючих лопаток

В лопатевому змішувачі реалізація процесу змішування відбувається в основному за рахунок перерозподілу часток під дією робочих органів. Форма робочих органів лопатевих змішувачів досить різноманітна. З її допомогою можна значно підвищити інтенсивність змішування. Форма залежить багато в чому від властивостей матеріалів, що змішуються. Для більшості видів сипкого матеріалу найбільш раціональними і простими у виготовленні являються робочі органи, виконані у вигляді плоских прямокутних пластин (рис. 2.4).

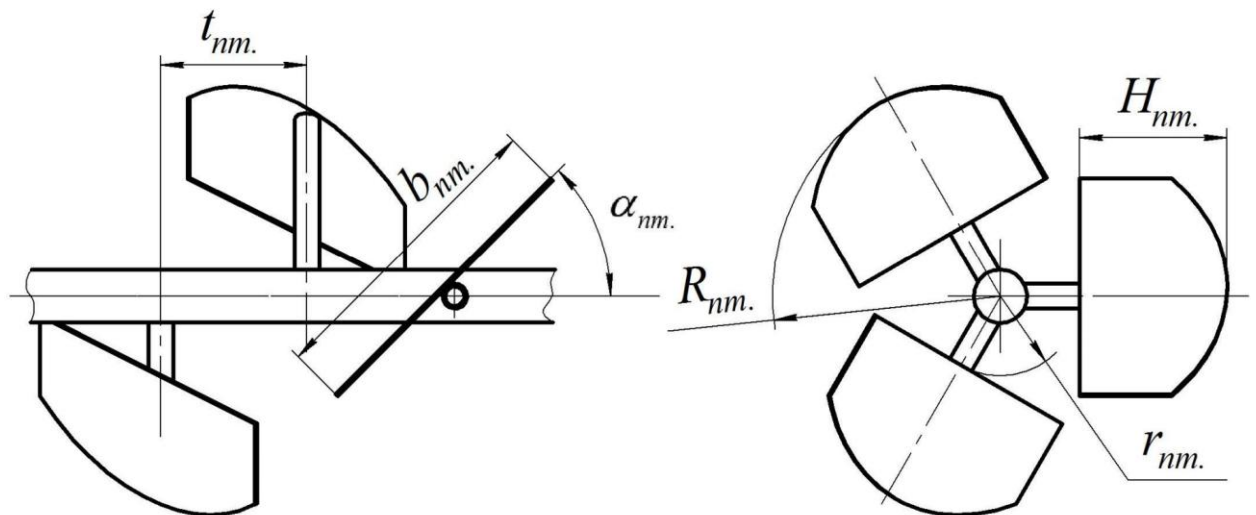


Рисунок 2.4 - Схема ділянки перемішувально-транспортуючих лопаток

Розташування лопатей на валу може бути або по одній гвинтовій лінії, або по двох паралельних гвинтових лініях. Для інтенсифікації процесу вигідно використовувати якомога більшу кількість лопатей для максимального переміщення частинок усередині змішувача. Але їх велика кількість призведе до значного збільшення металоємності, що вплине на вартість виготовлення, ускладнить обслуговування і ремонт. Розташування лопатей в ряду може бути однаковим або різним, за рахунок чого в лопатевих змішувачах можлива організація потоків частинок в ряду з різною швидкістю. Для виключення концентрації матеріалу в певних зонах змішувача рекомендується використовувати лопаті з однаковими кутами повороту, крім крайніх рядів, де кут повороту лопатей повинен відрізнятися від інших.

Число лопатей в ряду повинно бути таким, щоб в момент виходу однієї лопаті з шару сипкого матеріалу час до входження іншої лопаті був мінімальним. В іншому випадку відбувається значна періодична зміна навантаження на двигун. При збільшенні коефіцієнта заповнення змішувальної камери від 0,3 до 0,65 час перепаду навантаження на вал також зменшується.

Висоту лопатки $H_{пт}$ (рис. 2.4) визначають зі співвідношення:

$$2b_{nm}^{\min} \succ H_{nm} \succ \frac{b_{nm}^{\min}}{2}, \quad (2.15)$$

де b_{nm}^{\min} - мінімальна ширина лопатки з усіх використовуваних в змішувачі, м;

$H_{пт}$ - висота лопатки, м.

Висота повинна бути більше половини ширини лопаті з умови утворення «застійної» області перед нею. В результаті збільшення кута повороту лопаті спостерігається утворення «застійної» області перед лопаткою необхідної для максимального переміщення частинок. Приймати значення висоти лопаті більше, ніж три ширини лопаті, недоцільно з точки зору міцності. Експериментально встановлено, що при $H_{nm} \succ 2b_{nm}$ помітного збільшення переходів частинок із зони впливу лопаті в сусідні ряди не спостерігається. Ширина лопатки може бути визначена за формулою:

$$b_{nm.i} = \frac{t_{nm.i}}{\cos \alpha_{nm.i}}, \quad (2.16)$$

де $b_{nm.i}$ - ширина лопаті на і-й ділянці, м;

$t_{nm.i}$ - крок лопатей по довжині змішувача на і-й ділянці, м;

$\alpha_{nm.i}$ - кут повороту лопатки щодо осі вала на і-й ділянці, град.

За умови відсутності мертвих зон при обертанні робочих органів і однаковому просторовому розташуванні лопатей у всіх рядах робочих органів крім крайніх, крок лопатей дорівнює ширині захвату лопатей в ряду. Варто відзначити, що висота лопаті визначається рівнем суміші на ділянці, який в свою чергу залежить від ряду факторів: коефіцієнта наповнення, кутів установки лопа-

тей, співвідношення частот обертання робочих органів. В такому випадку задатися будь-яким конкретним значенням висоти лопатки оптимальним для всіх режимів роботи змішувача не представляється можливим.

2.2.5 Обґрунтування конструктивних параметрів ділянки перекидаючих лопатей

Основне призначення ділянки перекидаючих лопатей - переміщення кормосуміші на другий робочий орган, у такому разі лопаті мають бути паралельні осі валу. Для підвищення ефективності роботи лопаті вона має бути суцільного перерізу. Ширина $b_{л}$ лопаті (рис 2.5) повинна забезпечувати перекидання суміші, виключаючи її пресування біля торцевої стінки бункера:

$$b_{л\geq} = \frac{v_o}{n_{л}z_{л}}, \quad (2.17)$$

де v_o - осьова швидкість суміші при сході з перемішувально-транспортуючих лопаток лопатки, м/с;

$n_{л}$ - частота обертання лопатей, c^{-1} ;

$z_{л}$ - число перекидаючих лопатей в поперечному перерізі, шт.

Осьову швидкість можна визначити за виразом:

$$v_o = k_b \cdot k_n \cdot \omega_{nm.2} \cdot \frac{t_{nm.2}}{2\pi}, \quad (2.18)$$

де k_b - коефіцієнт повернення суміші, внаслідок перемішування, рівний 0,68...0,75;

k_n - коефіцієнт уривчастості гвинтової поверхні;

$\omega_{nm.2}$ - кутова швидкість другої ділянки лопаток, c^{-1} ;

$t_{nm.2}$ - крок перемішувально-транспортуючих лопаток на другій ділянці, м

$$k_n = \frac{b_{nm.2} \cos \alpha \cdot \cos \beta}{2\pi R_{nm.2}}, \quad (2.19)$$

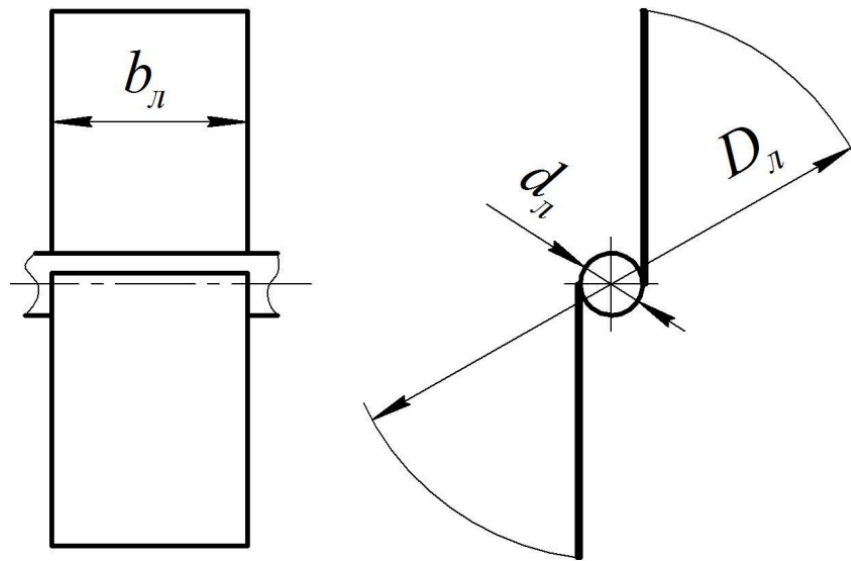


Рисунок 2.5 - Схема лопатевої ділянки

2.2.6 Обґрунтування частоти обертання робочого органу

Для інтенсифікації процесу змішування необхідно забезпечити перекидання кормових компонентів з одного робочого органу на інший. Це можливо тільки при певних значеннях частоти обертання робочого органу, куті повороту лопатки і висоті суміші на ділянці. Кормові компоненти пересипаються як під дією сили тяжіння, так і під дією відцентрових сил, забезпечуючи тим самим мінімальні енергетичні витрати. Розглянемо схему сил, що діють на частку, розташовану на лопатці (рис. 2.6) в поперечному перерізі.

На частку діють сили - тертя $F_{тр}$, тяжіння G_T і відцентрова $F_{ц}$. Частка при-

тискатиметься нормальною складовою сили тяжіння до лопатки, яка викличе появу сили тертя, що перешкоджає переміщенню частки під дією відцентрової сили. Друга складова сили тяжіння прагне змістити частку по найкоротшому напрямку по поверхні лопатки вниз.

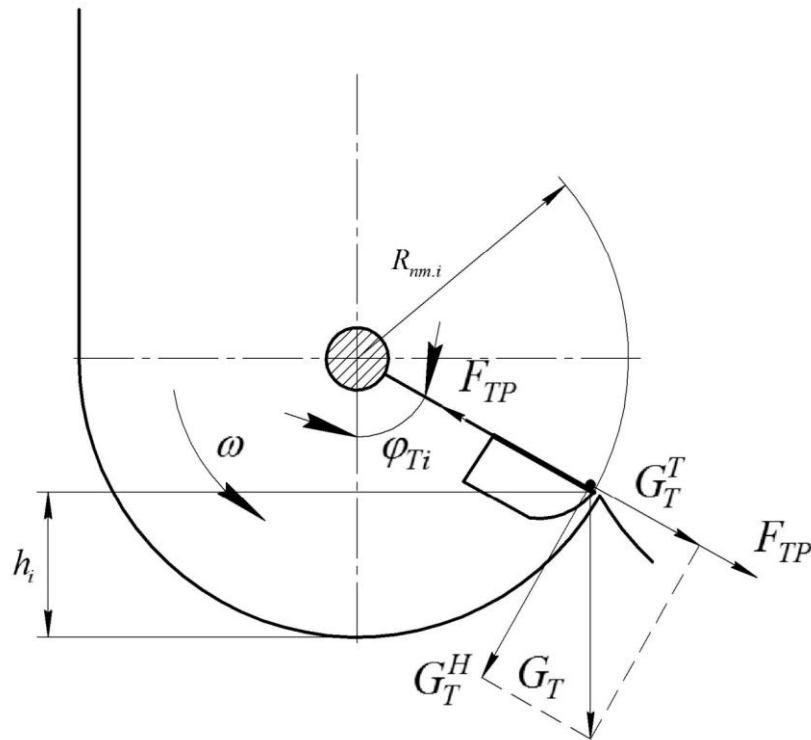


Рисунок 2.6 - Схема сил, що діють на частку

Співвідношення величин відцентрової сили та сил тяжіння і тертя, залежно від конкретного положення лопаті і кута її повороту, буде визначальним при переміщенні частки. Для визначення цієї залежності запишемо рівняння рівноваги частки на похилій площині:

$$F_{TP} + G_T \cos \varphi_{Ti} = F_{ц}, \quad (2.20)$$

або

$$\omega^2 R_{nm.i} + mg \cos \varphi_{Ti} = fmg \sin \varphi_{Ti}, \quad (2.21)$$

де $F_{\text{тр}} = fG_T$ - сила тертя;

φ_{Ti} - кут повороту лопатки в i -ий момент часу відносно вертикальної осі;

$G_T = mg$ - сила тяжіння;

$F_{\text{ц}} = \omega^2 R_{\text{пт.}i}$ - відцентрова сила.

Після перетворень отримаємо вираз для визначення теоретичної критичної частоти обертання робочих органів, що забезпечує перекидання корму на другий робочий орган, залежно від кута повороту

$$n_{\text{к.р.}} \geq \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g(f \sin \varphi_{Ti} \mp \cos \varphi_{Ti})}{r}}, \quad (2.22)$$

Перекидання відбувається у разі, коли лопатка виходить із суміші. Висота суміші на ділянці пов'язана з кутом повороту лопатки виразом:

$$\cos \varphi_{Ti} = 1 - \frac{h_i}{R_{\text{nm.}i}}, \quad (2.23)$$

Після підстановки (2.23) в (2.22) отримаємо:

$$n_{\text{к.р.}} \geq \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g \left(f \sqrt{\frac{h_i}{R_{\text{nm.}i}} \left(2 - \frac{h_i}{R_{\text{nm.}i}} \right)} \mp \left(1 - \frac{h_i}{R_{\text{nm.}i}} \right) \right)}{r}}, \quad (2.24)$$

Висота h_i може бути визначена залежно від коефіцієнта наповнення по виразах (2.12) або (2.13).

Для ефективнішого перекидання компонентів корму дійсна частота обер-

тання робочого органу має бути вища за теоретичну критичну частоту обертання. Вираз (2.24) отриманий без урахування нерівномірності рівня корму у бункері при різних коефіцієнтах наповнення, кута нахилу лопатки відносно осі валу і опору суміші, що знаходиться на сусідньому робочому органі. Фактична частота обертання робочих органів для ефективного забезпечення перемішування корму в шнеково-лопатевому змішувачі визначиться виразом:

$$n_{p.o.} = n_{кр.} \cdot k_{p.o.}, \quad (2.25)$$

де $n_{кр.}$ - теоретичне значення частоти обертання робочого органу, $хв^{-1}$;

$k_{p.o.}$ - коефіцієнт, що враховує нерівномірність рівня корму у бункері при різних коефіцієнтах наповнення, кут нахилу лопатки і опір суміші, що знаходиться на сусідньому робітнику органі.

Максимально допустима частота обертання робочих органів обмежується вираженням:

$$n_{max} = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g}{R_{nm1}}}, \quad (2.26)$$

2.3 Висновки до розділу

В результаті проведення теоретичних досліджень було отримано наступне:

1. Обґрунтовано конструктивно-технологічна схема змішувача періодичної дії з нерухомим прямокутним корпусом і двома горизонтально розташованими комбінованими робочими органами з ділянками, що чергуються, для приготування сухих розсипних кормосумішей;

2. Теоретичні дослідження дозволили отримати залежності зміни:

- корисного об'єму бункера змішувача від його конструктивних параметрів і коефіцієнта, що враховує об'єм робочих органів;
- середньої висоти суміші в бункері і частоти обертання робочого органу від коефіцієнта наповнення бункера;
- часу циклу від маси завантаженого корму, конструктивно-режимних параметрів змішувача та фізико-механічних властивостей матеріалів, що змішуються.

3 Лабораторні дослідження процесу змішування сипких кормів шнеково-лопатеvim змішувачем

3.1 Загальні положення

Для оцінки ефективності запропонованої конструктивно-технологічної схеми шнеково-лопатевого змішувача кормів були проведені експериментальні дослідження, що дозволяють провести перевірку основних теоретичних положень і висновків, а також визначити оптимальні значення конструктивно-технологічних і режимних параметрів шнеково-лопатевого змішувача кормів.

Вихідними даними для розробки програми послужили: завдання досліджень, гіпотеза і її теоретичні положення, а також загальна методика теоретичних досліджень.

Ефективність проведення дослідження багато в чому залежить від правильно розробленої програми дослідження. Для її вірного складання необхідно враховувати рекомендації провідних вчених і зробити аналіз програм дослідження, які застосовувалися при проведенні аналогічних досліджень.

Багато в чому якість приготування сумішей залежить від конструкції змішувача і швидкості обертання робочих органів, ступеня наповнення камери змішувача і кута установки лопатей. До кінця процесу змішування суміш залишається без зміни, досягнувши до цього моменту деякої межі однорідності $\theta_{\text{пр}}$, характерною для даної суміші і конструкції змішувача. У змішувачі зі шнековим робочим органом однорідність $\theta_{\text{пр}} = 93 \dots 96 \%$ можна вважати цілком задовільною. У змішувачі з лопатеvim робочим органом якість змішування вище: $\theta_{\text{пр}} = 98 \%$. Гранична однорідність суміші знаходиться в обернено пропорційній залежності від ступеня наповнення камери змішувача. При збільшенні ступеня наповнення з 0,095 до 0,270 гранична однорідність суміші знижується з 95,6 до 93,2 %. Тому при використанні шнека як робочого органу змішувача безперервної дії величина цього параметра повинна дорівнювати 0,10...0,15. Для порційних шнекових змішувачів коефіцієнт наповнення при горизонтальному розта-

шуванні шнека складає - 0,3...0,4, а при вертикальному - 0,7...0,8. У змішувачі з лопатевим робочим органом ступінь наповнення мало впливає на якість змішування і може бути збільшена до 0,3 ... 0,5, тому продуктивність такого змішувача вище.

Збільшення швидкості робочих органів змішувача тягне за собою деяке підвищення якості змішування, причому найбільш істотний вплив на однорідність суміші мають швидкості від 0,6 до 1,5 м/с. Подальше збільшення колової швидкості робочого органа майже не позначається на якості змішування, але при цьому значно зростає продуктивність машини. Таким чином, з урахуванням фактора збільшення продуктивності оптимальна колова швидкість робочих органів змішувача повинна бути 1,5 ... 2 м/с. Більш високі швидкості призводять до значного розпилення матеріалів, що змішуються.

Зміна кута установки лопатей також виявляє помітний вплив на якість роботи змішувача. Так, установка лопатей під кутами від 10 до 90 ° змінює однорідність суміші на 1,5 %. Найбільша величина граничної однорідності суміші - 97 ... 98% - відповідає кутам установки лопатей 35 ... 70 °. Більш висока продуктивність змішувача досягається при кутах установки лопатей 30 ... 50 °.

3.2 Програма експериментальних досліджень

В результаті проведеного аналізу і з урахуванням рекомендацій і конструктивно-технологічних параметрів змішувача була складена програма експериментальних досліджень взаємодії шнеково-лопатевого змішувача і кормів яка включає:

- визначення питомого опору переміщенню лопаті;
- дослідження залежності продуктивності, витрат потужності і питомої витрати енергії від конструктивно-режимних і технологічних параметрів шнеково-лопатевого змішувача;
- дослідження впливу конструктивно-режимних і технологічних параметрів шнеково-лопатевого змішувача на якість одержуваної суміші;
- аналіз результатів досліджень.

3.3 Методика експериментальних досліджень

Експериментальні дослідження проводилися на лабораторному зразку шнеково-лопатевого змішувача, виготовленому на основі теоретичних досліджень і рекомендацій в наступній послідовності:

- розробка приватних методик експериментальних досліджень;
- підготовка лабораторного обладнання та апаратури;
- проведення експериментів, обробка та аналіз результатів.

Експериментальні дослідження проводилися з урахуванням меж варіюваних факторів. Обробка та аналіз результатів експерименту здійснювалися з використанням ПЕОМ. Повторність і кількість дослідів визначалися з урахуванням залежностей між числом повторностей дослідів і відносною помилкою.

3.3.1 Методика визначення питомого опору переміщенню лопаті

В ході теоретичних досліджень було встановлено, що для розрахунку споживаної потужності, необхідно знати величину питомого опору переміщення лопатки і лопаті, яке залежить від форми і розмірів лопаті, а також висоти корму в бункері змішувача. Для його експериментального визначення була розроблена лабораторна установка і методика.

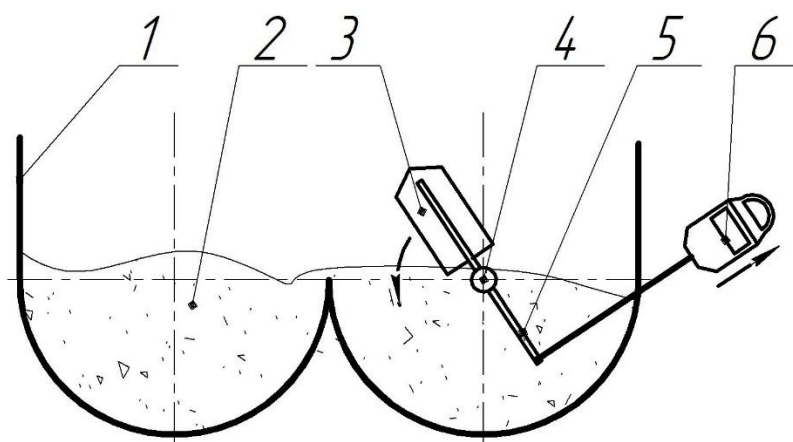


Рисунок 3.1 - Лабораторна установка для визначення питомого опору переміщенню лопаті; 1 - бункер; 2 - корм; 3 – лопать; 4 – вал; 5 – важіль; 6 - електронний безмін

Лабораторна установка представлена на рис. 3.1. Вона складається з бункера 1, розташованого усередині нього на підшипниках вала 2, на якому може кріпитися лопать 3. До вихідного кінця вала установки приєднувалася пластина з отворами. За отвори в пластині кріпився електронний безмін, з ростом коефіцієнта наповнення бункера збільшувався важіль впливу. За безмін проводилась передача зусилля на лопатку і записувалося максимальне значення в журналі.

Питомий опір переміщенню лопатки визначалося при куті установки лопатки 90° і при значеннях коефіцієнта наповнення від 0,1 до 0,8. Обертання лопатки при виконанні експериментів проводилося «на стінку» і «від стінки». Для визначення питомого опору переміщенню лопаті на вал встановлювалася лопать. Напрямок обертання лопаті – «від стінки». Досліди проводили з п'ятикратною повторністю.

Експериментальні значення питомого опору для лопатки визначалися за формулою:

$$k_y^{nm.1^{\circ}} = \frac{9,81(P_1 - P_x) \cdot l_1}{l_2 \cdot S_{лпт}}, \quad (3.1)$$

де P_1 - показники на приладі, кг;

P - показники на приладі при холостому ході, кг;

l_1 - плече прикладання сили P_1 , м;

l_2 - плече прикладання рівнодіючої сили опору переміщенню лопатки, м;

$S_{лпт}$ - площа лопатки, м ($S_{лпт} = 0,0018 \text{ м}^2$). Плече l_2 змінювалося в залежності від висоти суміші і визначалося за виразами:

- при $h_i^{cm} \leq (R'_{nm.} - r'_{nm.})$

$$l_2 = R'_{nm.} - \frac{h^{cm}}{3}, \quad (3.2)$$

- при $h_i^{cm} > (R'_{nm.} - r'_{nm.})$

$$l_2 = R'_{nm.} - \frac{(R'_{nm.} - r'_{nm.})}{3}, \quad (3.3)$$

де h^{cm} - висота суміші в і-му досліді, м;

$R_{nm.}$, $r_{nm.}$ - зовнішній і внутрішній радіуси лопатки в установці, м.

Досліди проводили в такій послідовності:

1. Встановлювали лопать паралельно осі.
2. Засипали суміш в бункер до коефіцієнта наповнення 0,1.
3. Повертати вал на один оборот «від стінки».
4. Записували максимальне значення зусилля в журнал.
5. Розрівнюють матеріал.
6. Повертати вал на один оборот «на стінку».
7. Записували максимальне значення зусилля в журнал.
8. Розрівнюють матеріал.

Далі змінювався коефіцієнт наповнення від 0,1 до 0,8 з кроком 0,1 і повторювалися пункти з 3 по 8. За кінцевий результат брали середнє арифметичне значення в серії з п'яти дослідів.

3.3.2 Методика лабораторних досліджень моделі змішувача

Дослідження проводилися в лабораторії кафедри механізації виробничих процесів у тваринництві Дніпровського державного аграрно-економічного університету на базі розробленої експериментальної установки шнеково-лопатевого змішувача компонентів комбикормів за прийнятими та розробленими методиками на спеціально виготовлених установках.

Модель експериментального шнеково-лопатевого змішувача виконана в масштабі 1:4 (рис. 3.2). Привід валу змішувача – від електродвигуна постійного струму через редуктор з передаточним числом 1:39. Живлення двигуна здійснювали за допомогою регульованого блока живлення Б5-8 з вихідною напру-

гою 0...50 В. Частоту обертання двигуна вимірювали за допомогою тахометра ІО-30. Потужність приводу змішувача визначали за зміною сили струму на двигун вимірюванням за допомогою мультиметра DT 9208A.

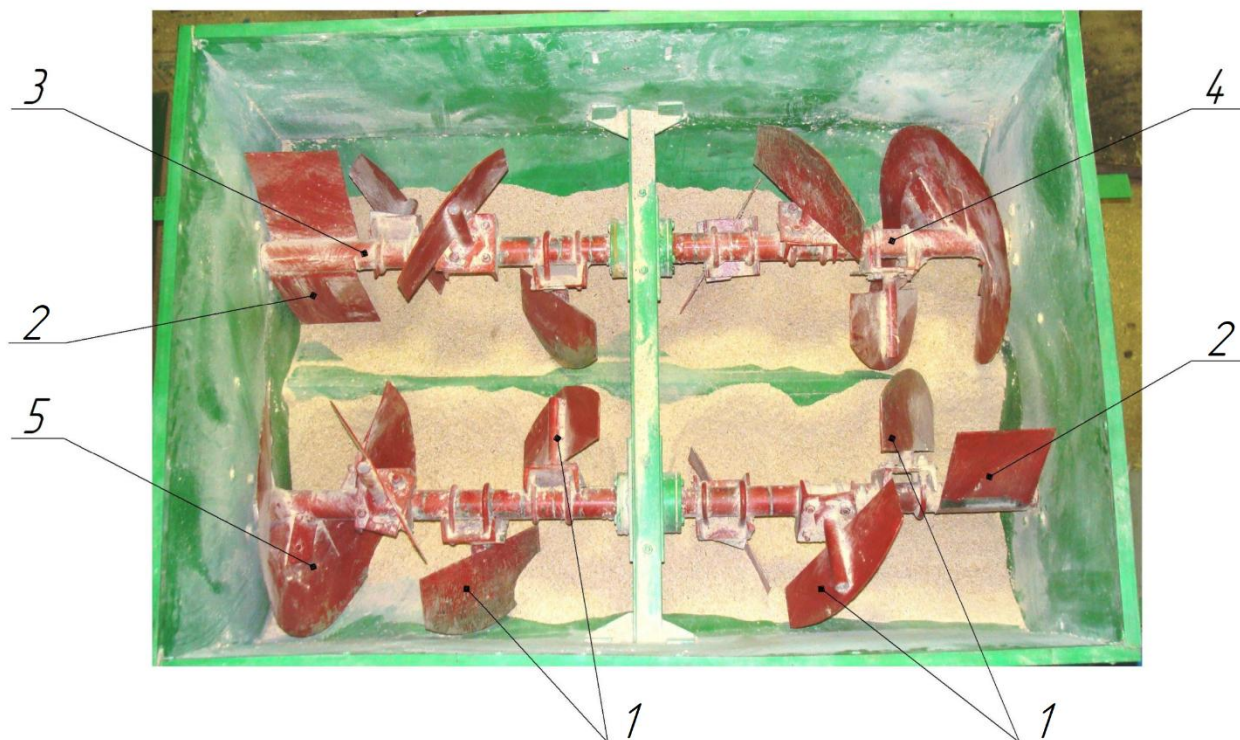


Рисунок 3.1 – Лабораторна модель шнеково-лопатевого змішувача: 1 - перемішувально-транспортуючих лопаті; 2 – перекидаюча лопать; 3 - вал; 4 – кріплення лопаті; 5 – шнекова дільниця

Дослідження з визначення залежностей впливу конструктивно-технологічних параметрів змішувача на ефективність процесу проводились із застосуванням математичної теорії планування експерименту, який дозволяє визначити математичні моделі процесів у вигляді рівнянь регресії (полінома) другого порядку.

Факторами експерименту були обрані частота обертання робочих органів (x_1), час змішування (x_2) і коефіцієнт заповнення (x_3). Частоту обертання валу змішувача змінювали за допомогою подачі струму відповідної напруги.

Критеріями оптимізації є питома енергоємність процесу змішування q , Вт·год/кг та вміст однорідність суміші θ , %.

3.4 Результати лабораторних досліджень та їх аналіз

3.4.1 Результати експериментального визначення питомої опору переміщенню лопатки і лопаті

Одним з етапів досліджень було визначення експериментальних значень питомого опору переміщенню перемішувально-транспортуючих лопаті та перекидаючої лопаті. Результати досліджень представлені на рис. 3.3 та 3.4.

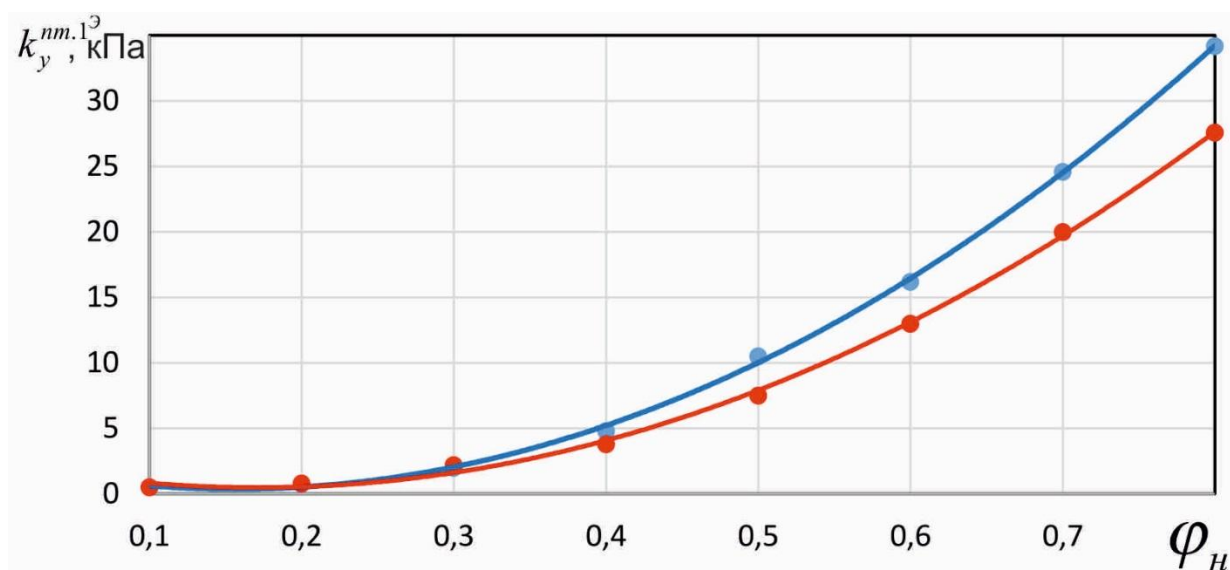


Рисунок 3.3 - Експериментальні значення питомого опору переміщенню лопаті від коефіцієнта наповнення бункера

З рис. 3.3 видно, що при збільшенні коефіцієнта наповнення до 0,2 на ділянці перемішувально-транспортуючих лопатей питомий опір не залежить від напрямку обертання лопатки (різниця в значеннях не перевищує 1,64%). Наявність гребня між робочими органами забезпечує рівність умов роботи лопаті до

коефіцієнта наповнення 0,2. При перевищенні вказаного значення коефіцієнта наповнення змінюється характер роботи лопаті.

Зі збільшенням коефіцієнта наповнення бункера більше 0,2 інтенсивність росту питомого опору вище при обертанні лопатки "на стінку" в середньому в 1,23 рази. Це пояснюється додатковим взаємодією матеріалу зі стінкою. При обертанні "на стінку" суміш нагортають до стінки і практично весь об'єм суміші захоплений лопаткою, піднімається нею вище рівня суміші, а потім частково зсипається. Причому зсипання суміші до досягнення лопаткою горизонтального положення відбувається тільки на три сторони, а після проходження горизонталі починається інтенсивний сход корму через торцеву сторону лопаті. При обертанні "від стінки" маса, захоплювана лопаттю, рухається до центру бункера змішувача і починає частково переміщуватися і пересипати через гребінь, ущільнюючи і зміщуючи суміш на другому робочому органі, перевищивши рівень суміші, велика частина корму, захопленого лопаттю, зсипається з неї, причому зсипання відбувається одночасно по торцях і боках лопаті.

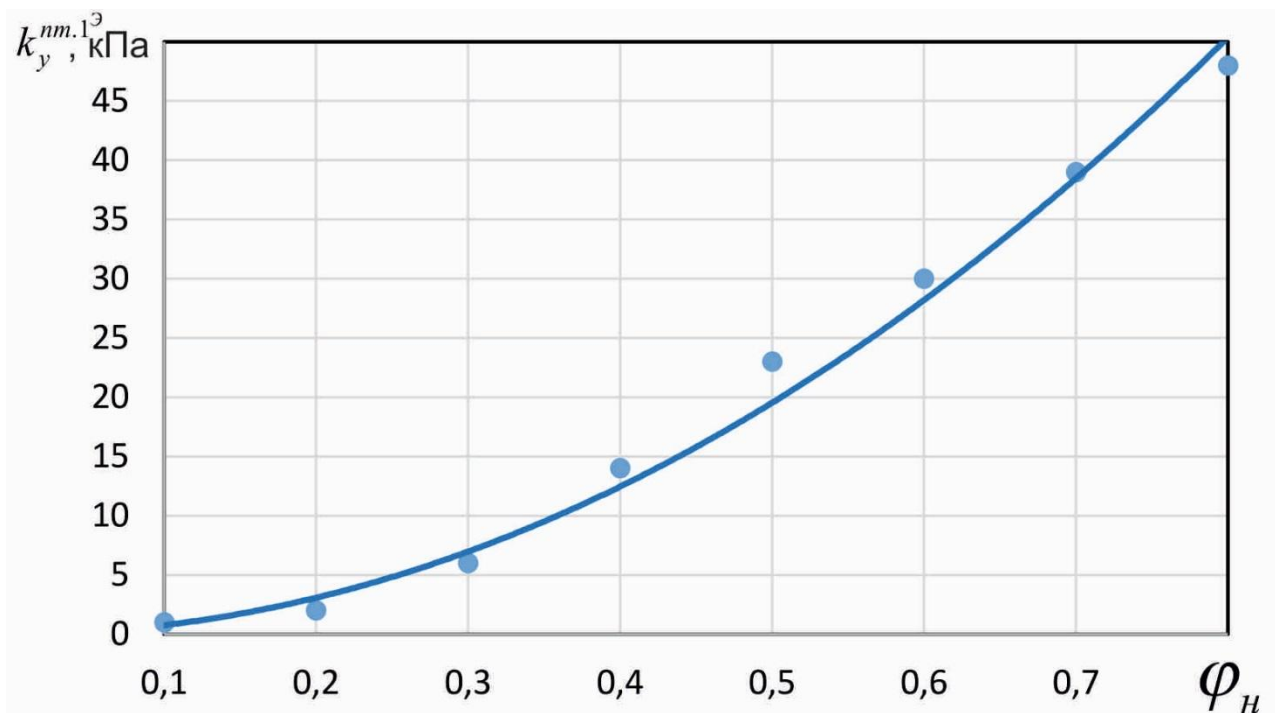


Рисунок 3.4 - Експериментальні значення питомого опору переміщенню перекидаючої лопаті від коефіцієнта наповнення бункера

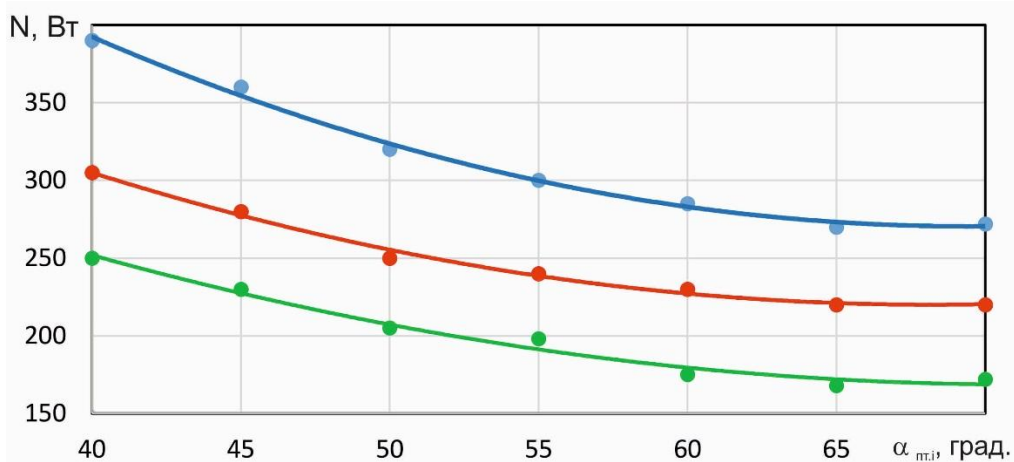
З рис. 3.4 видно, що при перевищенні коефіцієнта наповнення бункера більше 0,2 на ділянці перекидаючої лопаті відбувається збільшення інтенсивності росту питомого опору. Причому подальше зростання відбувається практично по лінійної залежності на відміну від параболічної кривої для лопаток. Такий вигляд кривої обумовлений конструкцією лопаті: в силу призначення лопаті і підвищення ефективності її роботи, вона виконана суцільною. Сход суміші з лопаті можливий тільки через дві сторони - з торця і одного боку. Також з подальшим зростанням коефіцієнта наповнення відбувається зміщення рівнодіючої сили опору до осі обертання, що зменшує плече її дії, знижуючи зусилля.

3.4.2 Експериментальне обґрунтування оптимального значення кута установки перемішувально-транспортуючих лопатей

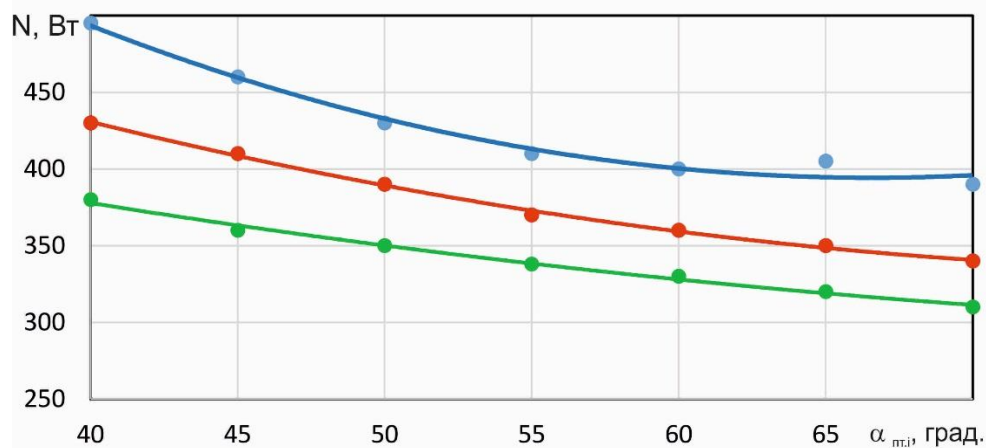
Для виявлення оптимального значення кута установки перемішувально-транспортуючих лопаток був проведений ряд експериментів. Першим етапом стало виявлення залежності споживаної потужності від кута установки лопатей при різних значеннях частоти обертання робочих органів і коефіцієнтах наповнення бункера. За результатами вимірювань були отримані експериментальні залежності, представлені на рис. 3.5.

З рис. видно, що при всіх значеннях коефіцієнта наповнення найменше значення споживаної потужності на процес змішування досягалося при куті установки лопаток рівному $65-70^\circ$. При коефіцієнті наповнення рівному 0,3 (рис. 3.5, а) і куті установки лопаток 60° , відбувається різке зниження потужності, збільшення кута до 70° веде до незначного зниження енергоспоживання (в середньому на 4%). Зі збільшенням коефіцієнта наповнення до 0,4 (рисунок 3.5, б) спостерігається незначне збільшення інтенсивності зміни потужності при куті 50° . Зменшення кута установки лопаток до 60° веде до збільшення енергоспоживання в середньому на 4,5%. При коефіцієнті наповнення 0,5 залежність

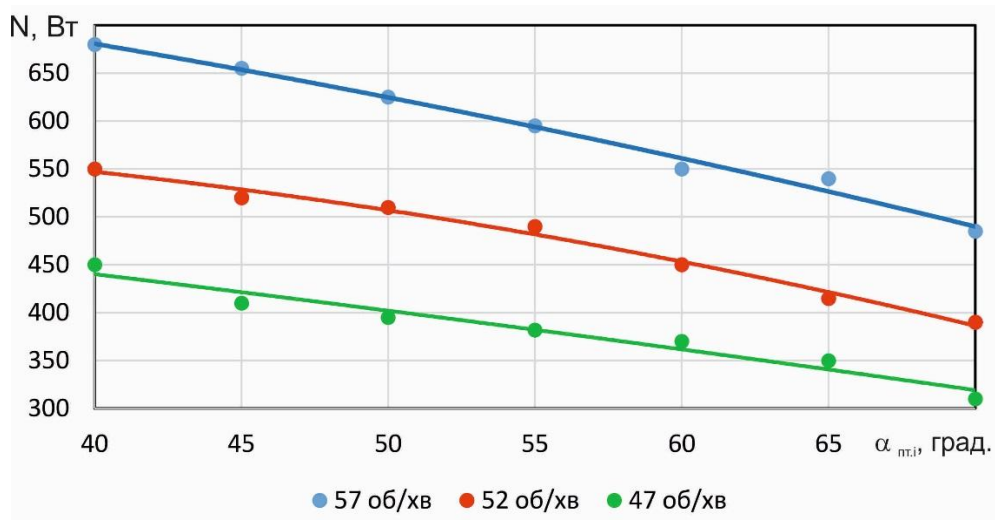
має лінійних характер і не має виражених точок перегину. Зменшення кута установки лопатей до 60° веде до збільшення потужності в середньому на 11,2%.



а



б



в

Рисунок 3.5 - Експериментальні залежності, споживаної потужності від кута

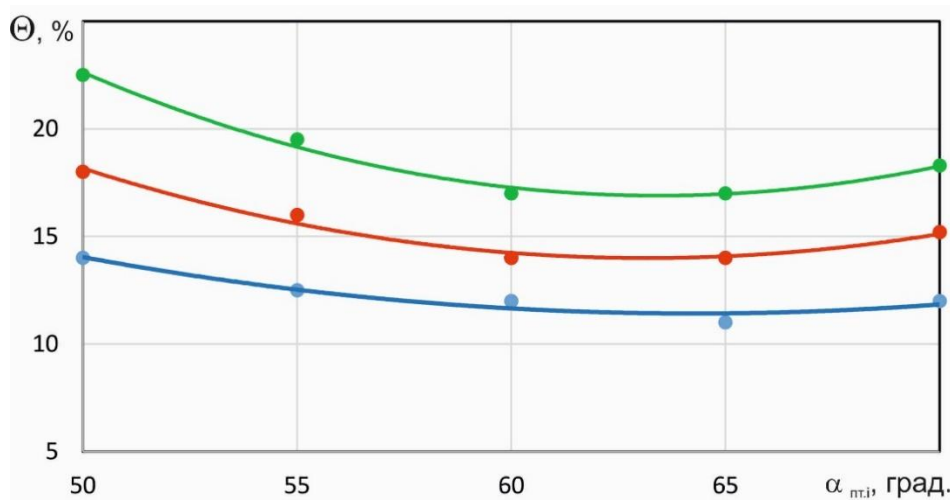
установки лопаток при різних значеннях коефіцієнта наповнення бункера і частоті обертання: а) $\varphi_n=0,3$; б) $\varphi_n=0,4$; в) $\varphi_n=0,5$

Зниження споживаної потужності зі зменшенням кута установки лопатей пояснюється зменшенням площі проекції лопаті на площину обертання, що призводить до зменшення об'єму захоплюваного матеріалу, а також більший кут установки лопатей забезпечує більш швидке розвантаження лопаті від захоплюваного матеріалу і відповідно меншу висоту його підйому. На даному етапі область дослідження кута установки лопаток обмежили межами від 50° до 70° .

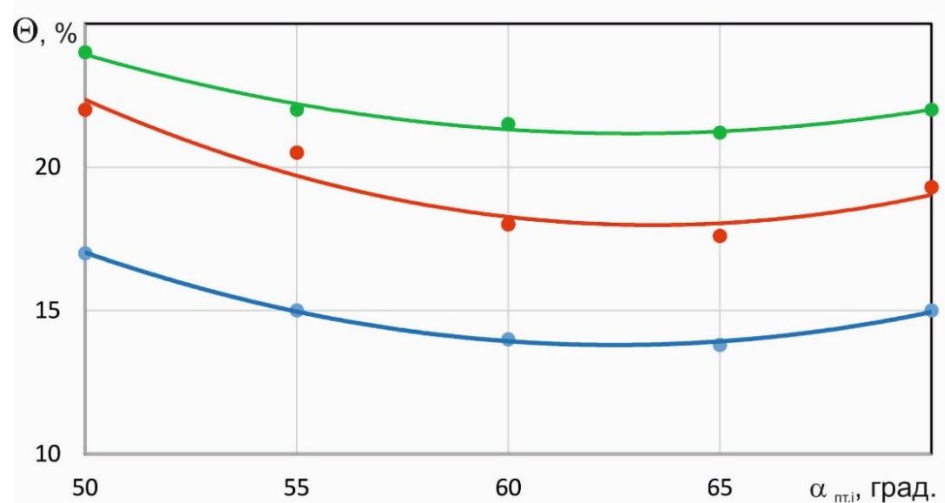
Наступним етапом стало визначення впливу кута установки лопаток на якість суміші, яка визначається коефіцієнтом варіації. Результати досліджень впливу кута установки лопаток на коефіцієнт варіації при частоті обертання 47 хв^{-1} , 52 хв^{-1} , 57 хв^{-1} , коефіцієнтах наповнення $0,3$; $0,4$; $0,5$ і часу змішування 180 секунд після обробки представлені на рис 3.6.

Як видно з графіків (рисунок 3.6), зі збільшенням кута установки лопаток від 50° до відбувається інтенсивний спад неоднорідності суміші. При значеннях кута більш 65° поновлюється зростання значень коефіцієнта варіації. Дана тенденція не залежить від частоти обертання робочих органів і величин коефіцієнта наповнення, відрізняючись лише числовими значеннями. Характер зміни коефіцієнта варіації від кута установки лопаток пояснюється зміною співвідношення напрямків переміщення об'ємів змішувального матеріалу, які захоплюються лопаттю: при малих значеннях кута установки лопатей ($\alpha_{nmi} = 50^\circ \dots 60^\circ$) переважають поперечні переміщення матеріалу, а зі збільшенням кута установки лопаток ($\alpha_{nmi} \geq 60^\circ$) зростає об'єм матеріалу, який переміщується в осьовому напрямку зі збереженням достатнього поперечного руху, що веде до найбільш інтенсивного перемішування ($60^\circ \dots 65^\circ$), при перевищенні кута установки лопаток більше 65° починає переважати осьове переміщення матеріалу (лопаті працюють подібно шнеку), ефективність змішування знижується. Значення кута установки лопатей для отримання мінімального значення коефіцієнта варіа-

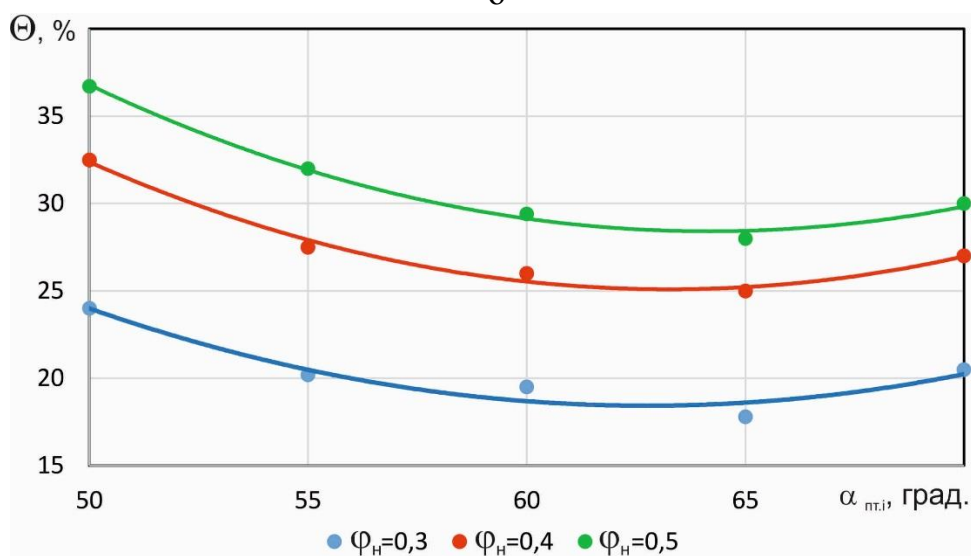
ції розподілу контрольного компонента в суміші має перебувати в межах від 60° до 65° , а з урахуванням залежностей, представлених на рис. 3.6, раціональне значення кута установки лопаток рівне 65° .



а



б



в

Рисунок 3.6 - Експериментальні залежності неоднорідності суміші від кута установки лопаток при часу змішування 180 секунд при різних значеннях частоти обертання робочих органів і коефіцієнта наповнення бункера: а) частота обертання робочих органів 57 хв^{-1} ; б) 52 хв^{-1} ; в) 47 хв^{-1}

3.5 Висновки до розділу

1. В результаті експериментальних досліджень було визначено значення питомого опору переміщенню лопаті і встановлено, що при збільшенні коефіцієнта наповнення до 0,2 напрямком обертання ("на стінку" або "від стінки") практично не впливає на величину питомого опору (різниця в значенні не перевищує 1,64 %). З ростом коефіцієнта наповнення від 0,2 до 0,8 значення питомого опору при обертанні "на стінку" в середньому більше в 1,23 рази ніж "від стінки", що пов'язано з додатковою взаємодією матеріалу зі стінкою бункера.

2. Встановлено, що зі зменшенням кута установки перемішувально-транспортуючих лопаток від 40° до 70° відбувається зниження споживаної потужності в 1,3 ... 1,4 рази і мінімальні її значення досягаються при кутах від 60° до 70° і рівні 280 ... 340 Вт при ($\varphi_n = 0,3$ і $n=47 \text{ хв}^{-1}$).

3. Найкраща якість суміші ($\theta=11,1\%$) досягається при кутах установки перемішувально-транспортуючих лопатей 60° ... 65° . Рациональне значення кута установки перемішувально-транспортуючих лопатей, з урахуванням обох критеріїв, відповідає 65° .

4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

4.1 Загальні визначення та поняття

Законодавство України про охорону праці базується на конституційному праві всіх громадян України на належні, безпечні і здорові умови праці, гарантовані статтею 43 Конституції України.

Основоположним документом в галузі охорони праці є Закон України «Про охорону праці» [79], який визначає основні положення щодо реалізації права на охорону життя і здоров'я у процесі трудової діяльності, на належні, безпечні і здорові умови праці, регулює відносини між роботодавцем і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні.

Отже, охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності.

Згідно визначення [73], об'єкт підвищеної небезпеки – це об'єкт, на якому використовуються, виготовляються, переробляються, зберігаються або транспортуються одна або кілька небезпечних речовин чи категорій речовин у кількості, що дорівнює або перевищує нормативно встановлені порогові маси, а також інші об'єкти як такі, що відповідно до закону є реальною загрозою виникнення надзвичайної ситуації техногенного та природного характеру.

Щодо розроблюваного в дипломній роботі змішувача сипких кормів, то він не підпадає під приведені визначення, та не є об'єктом підвищеної небезпеки. Проте в повітрі приміщення під час роботи змішувача може концентрувати-

ся пил, що, в разі надходження до приміщення відкритого вогню, може викликати пожежу.

4.2 Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів

Під час виконання робіт на оператора змішувача можлива дія небезпечних та шкідливих виробничих факторів згідно з державним стандартом [73] (рис. 4.1):

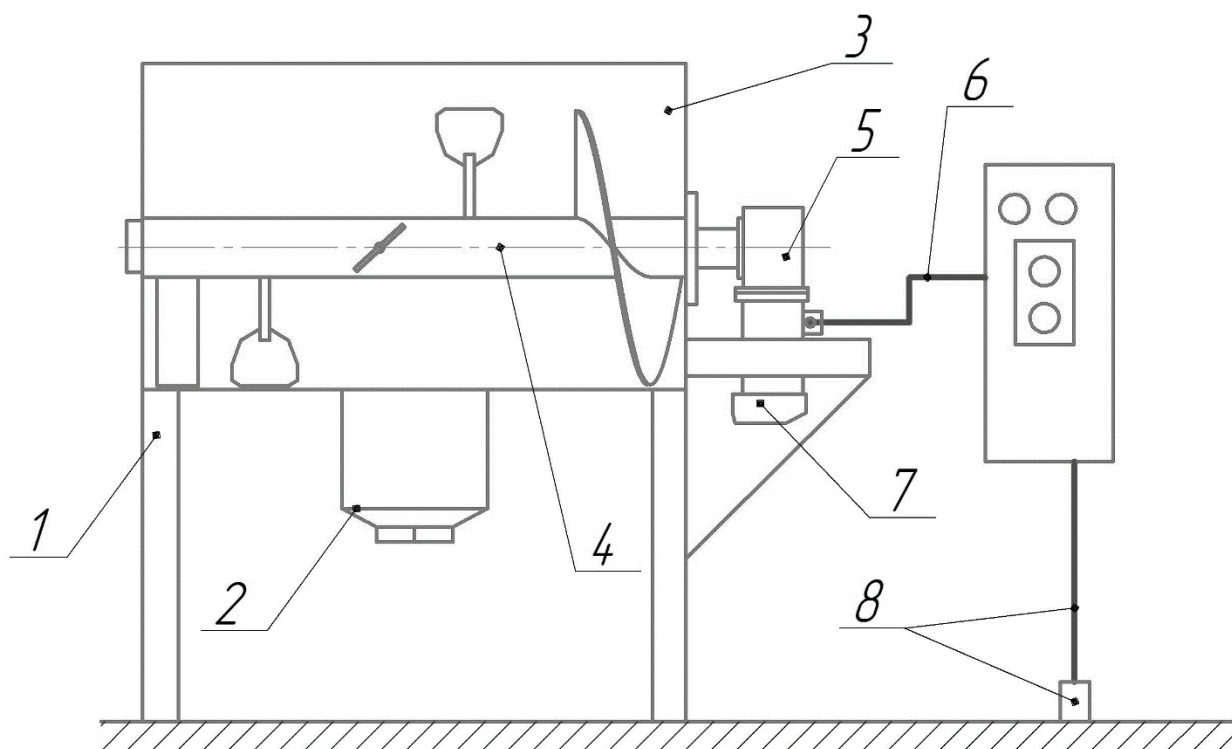


Рисунок 5.1 - Вузли, які потребують певної уваги з точки зору безпеки праці оператора: 1 – рама; 2 – розвантажувальна горловина; 3 – бункер; 4 – мішалка; 5 – редуктор; 6 – електрокабель; 7 – електродвигун; 8 – заземлення

Фізичні:

- рухомі частини виробничого обладнання - мішалка;
- підвищена запиленість повітря робочої зони, виникає підчас роботи з комбікормом, який містить порошкоподібну фракцію;
- підвищена або знижена температура поверхні обладнання та матеріалів – виникає при роботі в неопалюваному приміщенні;
- підвищений рівень шуму на робочому місці – електродвигун, редуктор;
- підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може пройти через тіло людини – живлення електродвигуна 380 В;
- гострі краї, задирки і шорсткість на поверхнях конструкцій, інструменту і обладнання;

Біологічні:

- макроорганізми – частинки складових корму.

Психофізіологічні:

- фізичні перевантаження - операції, які виконуються вручну.

4.3 Заходи по забезпеченню захисту оператора від дії шкідливих та небезпечних факторів

З метою захисту оператора змішувача від дії шкідливих та небезпечних факторів застосуємо організаційні та технічні заходи.

До організаційних заходів, в першу чергу, віднесемо своєчасність проведення інструктажів з охорони праці. Види та порядок проведення інструктажів з охорони праці визначені «Типовим положенням про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці», затвердженим наказом Державного комітету України з нагляду за охороною праці № 15 від 26.01.2005 р. Згідно вказаного положення, вступний інструктаж проводиться спеціалістом служби охорони праці або іншим фахівцем відповідно до наказу (розпорядження) по підприємству, який в установленому порядку пройшов навчання і перевірку знань з питань охорони праці. Цей вид інструктажу проводять для всіх нових працівників. Далі, за діючими на підприємстві інструкціями з

охорони праці відповідно до виконуваних робіт, проводять первинний інструктаж на робочому місці. Через 6 місяців роботи оператора змішувача проводять повторний інструктаж. У випадку необхідності проводять позаплановий та цільовий інструктажі.

Технічні заходи. Захист оператора змішувача від травмування предметами при поломці мішалки забезпечує сітчаста огорожа, яка встановлена між машиною зі сторони змішувача і місцем де може рухатись працівник.

Для захисту працівника від уражень електричним струмом під час аварійного замикання на землю чи корпус обладнання під час пошкодження ізоляції передбачено захисний вимикач, який спрацьовує через 0,2 сек після замикання та заземлення електродвигуна [76].

Для захисту оператора від надмірного шуму його забезпечують спецзасобами - навушниками [77].

Для захисту оператора від підвищеного рівня запиленості нам необхідно розрахувати продуктивність вентилятора для видалення лишків пилу. Відповідно до [75] допустима концентрація пилу, що містить до 10 % вільної SiO_2 , дорівнює 4 мг/м^3 .

У зовнішньому повітрі, що надходить до приміщення, зовсім немає вказаного пилу ($P_0 = 0$).

Тоді

$$L = \frac{P}{P_1 - P_0} = \frac{20000}{4 - 0} = 5000 \text{ м}^3/\text{год.} \quad (4.1)$$

де P – кількість пилу, що виділяється в приміщенні, за даними аналогічних виробництв $P=20 \text{ г/год}$;

P_1 – допустима кількість пилу в приміщенні, мг/м^3 ;

P_0 – вміст пилу в засмоктуваному чистому повітрі, мг/м^3 .

Згідно отриманої продуктивності обираємо осьовий вентилятор ВО 06-300, продуктивністю $5200 \text{ м}^3/\text{год}$, з монтажем в стіну приміщення.

4.4 Правила безпечного виконання робіт при приготуванні сипких кормів

До роботи на змішувачі допускаються особи не молодше 18 років, що не мають медичних протипоказань, пройшли виробниче навчання, вступний і первинний на робочому місці інструктаж по охороні праці і одержали першу кваліфікаційну групу по електробезпеці. Допуск до самостійної роботи здійснюється керівником виробничої ділянки після стажування працівника під керівництвом досвідченого наставника на протязі не менше двох змін.

При роботі на змішувачі можуть бути небезпечні і шкідливі виробничі фактори, по відношенню до яких слід проявляти підвищену обережність: рухомі механізми, відлітаючі частки продукту і сторонніх предметів, що потрапили в змішувач, запиленість, рівень статичного електричного поля, можливість появи на струмонепровідних частинах обладнання небезпечної електричної напруги, можливість утворення вибухонебезпечних сумішей, пожежна небезпека. Перед початком робіт оператор повинен оглянути і надягти засоби індивідуального захисту, щоб не було звисаючих кінців, а волосся заправити під головний убір, включити вентиляцію і освітлення робочої зони. Потім звільнити проходи, підходи до рубильників, вимикачів від сторонніх предметів, перевірити надійність кріплення машин, обладнання, захисних кожухів і заземлення. Впевнитись в надійності кріплення, балансуванні робочих органів машин, а також у відсутності у подаючих транспортерах, бункерах сторонніх предметів. Перевірити наявність і комплектність засобів пожежогашіння, медаптечки, справності засобів сигналізації. Запустити змішувач на холостому ходу, впевнитись у відсутності сторонніх шумів, вібрації, нагріву, перевірити роботу контрольних і сигнальних пристроїв. Інструмент і пристрої розмістити так, щоб було зручно їх використовувати.

Під час виконання роботи не допускається переборка кормів без очищення від металічних та інших сторонніх домішок. Впевнившись у відсутності людей в небезпечних зонах змішувача і подавши звуковий сигнал, проводять запуск. Після набирання двигуном номінальних обертів включити подаючий транспортер, забезпечуючи рівномірність подачі продукту, що підлягає переборці. Зависаючі в бункері сипкі продукти та застрягли в прийомній горловині несипучі продукти звільняти з допомогою дерев'яного проштовхувача довжиною не менше 1 м. Забороняється до повної зупинки двигуна машини відкривати люки шлюзових запорів, знімати захисні кожухи проводити мащення, підтягувати різьбові з'єднання чи проводити технічне обслуговування. При зупинці машини на ремонт чи технічне обслуговування на рубильнику чи вимикачі її вивішують табличку «Не включати - працюють люди!», при ремонті користуватися тільки справним інструментом. При кожній зупинці з машини слід змити борошняний пил. Періодично проводити прибирання приміщення, зволожувати повітря, слідкувати за герметичністю повітропроводів. Перед зупинкою машини спершу припиняти подачу продукту (виключенням подаючого транспортера, перекриттям заслінки і т.д.) і, коли продукт перестав поступати, виключити двигун.

По закінченні роботи послідовно зупинити подачу матеріалу в машину, вивести змішувач на холостий хід і виключити двигун. Після зупинки очистити машину і робоче місце від залишків продукту, оглянути машину і усунути виявлені недоліки. Про серйозні несправності повідомити керівника виробничої дільниці. Інструмент і пристрої, інвентар (проштовхувачі, чистики тощо) приберіть в шафу, здайте на зберігання або зміннику. Зніміть спецодяг і засоби індивідуального захисту, очистіть, здайте на обслуговування або на зберігання.

Категорично забороняється залазити в бункери, силоси і т.д. Силоси, люки повинні бути закриті кришками і заперті на замок. Завальні ями повинні бути обладнані захисними решітками. Не допускається робота на несправних машинах з знятими захисними кожухами та без заземлення. Для застереження вибухів і пожеж необхідно: обладнання і приміщення утримувати в чистоті, слідкувати за справністю вентиляції, заземлення, захисних кожухів рухомих

вузлів машини. Слід знати розміщення і вміти користуватися засобами сигналізації і пожежогасіння. Використовувати протипожежний інвентар для інших цілей забороняється. При виявленні несправностей обладнання, пристроїв, інструменту, при виникненні пожежі, порушенні норм безпеки, аварії, травмуванні працівників негайно повідомляти керівників виробничої дільниці, підприємства.

4.5 Порядок дій у надзвичайних ситуаціях

Ознаки надзвичайної ситуації (НС): небезпека для життя і здоров'я значної кількості людей, суттєве порушення екологічної рівноваги, повне або часткове припинення господарської діяльності, значні матеріальні та економічні збитки.

Надзвичайні ситуації за своєю сутністю та причинами виникнення поділяють на природні, техногенні та соціальні.

В нашому випадку найбільш імовірною є **надзвичайна ситуація техногенного характеру, а саме пожежа**. У разі виникнення пожежі (ознак горіння) кожен працівник зобов'язаний [78]:

- негайно повідомити про це телефоном аварійно-рятувальну службу (тел. 101). При цьому необхідно назвати адресу об'єкта, вказати кількість поверхів будівлі, місце виникнення пожежі, обстановку на пожежі, наявність людей, а також повідомити своє прізвище;

- вжити (по можливості) заходів по евакуації людей, гасіння (локалізації) пожежі та збереження матеріальних цінностей;

- якщо пожежа виникла на підприємстві, повідомити про неї керівника чи відповідну компетентну посадову особу та (або) чергового об'єкту;

- у разі необхідності викликати інші аварійні служби (медичну, газорятувальну тощо).

Посадова особа об'єкта, що першою прибула на місце пожежі, зобов'язана:

- перевірити, чи викликана аварійно-рятувальна служба (продублювати повідомлення), довести подію до відома керівника установи;
- у разі загрози життю людей негайно організувати їх рятування (евакуацію), використовуючи для цього наявні сили й засоби;
- вивести за межі небезпечної зони всіх працюючих, не пов'язаних з ліквідацією пожежі;
- припинити роботи на об'єкті (якщо це допускається технологічним процесом виробництва), крім робіт, пов'язаних із заходами по ліквідації пожежі;
- здійснити у разі необхідності відключення електроенергії, агрегатів, апаратів, водяних комунікацій (за винятком систем протипожежного захисту);
- організувати зустріч підрозділів аварійно-рятувальної служби, надати їм допомогу у виборі найкоротшого шляху до осередку пожежі та до водних джерел.

4.6 Висновки до розділу

Базуючись на нормативній документації та згідно вимог охорони праці нами проведено обстеження розробленого змішувача сипких кормів, встановлена дія небезпечних та шкідливих факторів оператора. Для їх уникнення запропоновано відповідні заходи. Для розробленого змішувача сипких кормів приведено правила безпечного виконання робіт.

5 Економічне обґрунтування удосконаленого змішувача

5.1 Вихідні дані

У даному розділі визначається передбачувана економічна ефективність застосування розробленого змішувача сипких кормів у складі установки МКК – 1,5. Порівняння економічних показників розробленого та наведеного змішувачів проведемо за питомими експлуатаційними витратами, П, грн./т., без прив'язки до конкретних об'ємів змішування. Розрахунки будемо проводити для однозмінної роботи. Вихідні дані для розрахунку зводимо в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані до розрахунку техніко економічних показників

Показник	Варіанти	
	МКК – 1,5	розроблений змішувач
Продуктивність, т/год.	1,5	1,8
Потужність, кВт	3,0	2,2
Обслуговуючий персонал, люд.	1	1
Тривалість зміни, год.	8	8
Строк служби, років	10	10
Коефіцієнт амортизаційних відрахувань	0,10	0,10
Коефіцієнт відрахувань на ТО та ремонт	0,14	0,14
Балансова вартість, грн.	95160	-
Капітальні вкладення, грн.	-	88500

Переваги експериментального змішувача перед серійним:

- економія електроенергії за рахунок зниження питомої енергоємності процесу змішування;
- зниження трудомісткості технічного обслуговування за рахунок удосконалення конструкції та зменшення матеріалоемності.

5.2 Питомі експлуатаційні витрати

Питомі експлуатаційні витрати розраховуємо за виразом

$$\Pi = \Pi_3 + \Pi_a + \Pi_r + \Pi_e, \text{ грн/т} \quad (5.1)$$

де Π_3 – питомі експлуатаційні витрати на виплату обслуговуючому персоналу заробітної плати, грн./т;

Π_e – питомі витрати на електроенергію, грн./т;

Π_a – питомі амортизаційні відрахування, грн./т;

Π_r – питомі витрати на ремонт і технічне обслуговування обладнання, грн/т.

Питомі експлуатаційні витрати на заробітну плату визначимо з виразу

$$\Pi_3 = \frac{n \cdot f \cdot \delta}{Q}, \text{ грн./т} \quad (5.2)$$

де n – чисельність обслуговуючого персоналу, люд.

f – годинна тарифна ставка одного працівника, грн./год. Мінімальна заробітна плата, з початку 2020 року, складає у місячному розмірі – 5000 грн., у погодинному розмірі – 29,20 гривень, тому приймаємо $f = 29,20$ грн./год.;

$\delta = 1,22$ – коефіцієнт нарахування на заробітну плату;

Q – продуктивність змішувача, т/год (табл. 5.1).

За формулою (5.2) за варіантами маємо

базовий

$$\Pi_{3,б} = \frac{1 \cdot 29,20 \cdot 1,22}{1,5} = 23,74 \text{ грн./т;}$$

розроблений

$$P_{z.e} = \frac{1 \cdot 29,20 \cdot 1,22}{1,8} = 19,79 \text{ грн./т.}$$

Питомі витрати на енергоресурси визначимо за формулою

$$P_e = \frac{N \cdot c_e}{Q}, \quad (5.3)$$

де N – потужність приводу змішувача, кВт.

$c_e = 2,2$ грн/кВт·год. – вартість електроенергії.

Тоді за формулою (5.6) маємо за варіантами:

базовий

$$P_{e.б} = \frac{3,0 \cdot 2,2}{1,5} = 4,40 \text{ грн./т;}$$

розроблений

$$P_{e.e} = \frac{2,2 \cdot 2,2}{1,8} = 2,68 \text{ грн./т.}$$

Питомі амортизаційні відрахування підрахуємо за формулою

$$P_a = \frac{\alpha \cdot B \cdot K}{Q}, \text{ грн./т} \quad (5.4)$$

де B – балансова вартість змішувача, грн.

α – нормований коефіцієнт відрахувань, %.

K – коефіцієнт використання засобів механізації, який розраховують за формулою:

$$K_e = \frac{t_{\text{фак}}}{t_{\text{пл}} \cdot 365}, \quad (5.5)$$

де $t_{\text{фак}}$, $t_{\text{пл}}$ – відповідно річне фактичне та планове навантаження машини;
Приводимо коефіцієнт використання засобів механізації до 1 години при однозмінній роботі протягом року.

$$K_e = \frac{1}{8 \cdot 365} = 0,00034.$$

Тоді за формулою (5.4) маємо за варіантами базовий

$$П_{аб} = \frac{0,10 \cdot 95160 \cdot 0,00034}{1,5} = 2,16 \text{ грн./т};$$

розроблений

$$П_{ан} = \frac{0,10 \cdot 88500 \cdot 0,00034}{1,8} = 1,67 \text{ грн./т}.$$

Питомі відрахування на ремонт і технічне обслуговування техніки обчислюють за виразом

$$П_a = \frac{\beta \cdot B \cdot K}{Q}, \text{ грн./т} \quad (5.6)$$

де β – нормований коефіцієнт відрахувань на ремонт змішувача, %.

Тоді з (6.6) за варіантами маємо

базовий

$$P_{\text{Гоб}} = \frac{0,14 \cdot 95160 \cdot 0,00034}{1,5} = 3,02 \text{ грн./т};$$

розроблений

$$P_{\text{Гон}} = \frac{0,14 \cdot 88500 \cdot 0,00034}{1,8} = 2,34 \text{ грн./т.}$$

Згальні питомі експлуатаційні витрати (6.1) за варіантом складуть:
базовий

$$P_{\text{б}} = 23,74 + 4,40 + 2,16 + 3,02 = 33,32 \text{ грн./т};$$

розроблений

$$P_{\text{п}} = 19,79 + 2,68 + 1,67 + 2,34 = 26,48 \text{ грн./т}$$

Економія питомих експлуатаційних витрат при впровадженні розробленого експериментального змішувача:

$$E_e = P_{\text{б}} - P_{\text{п}} = 33,32 - 26,48 = 6,84 \text{ грн./т.} \quad (5.7)$$

Строк окупності експериментального змішувача при його впровадженні можна визначити наступним чином:

$$T = \frac{B_e}{P \cdot E_e}, \text{ роки} \quad (5.8)$$

де P – річний об'єм робіт, т.

Визначимо річний об'єм робіт експериментального змішувача при різному ступені його завантаження:

$$P = \frac{Q \cdot k_{вз} \cdot t_{зм} \cdot D \cdot i_{зав}}{100}, \text{ Т} \quad (5.9)$$

де $k_{вз}$ – коефіцієнт використання часу зміни, $k_{вз} = 0,9$.

$i_{зав}$ – ступінь завантаження змішувача, %.

Тоді при завантаженні на 100 відсотків

$$P = \frac{1,8 \cdot 0,9 \cdot 8 \cdot 365 \cdot 100}{100} = 4730 \text{ Т.}$$

$$T = \frac{88500}{4730 \cdot 6,84} = 2,75 \text{ роки.}$$

5.3 Питомі приведені витрати

Питомі приведені витрати розраховують за таким виразом

$$ПП = П + \frac{B}{P} E, \text{ грн./Т} \quad (5.10)$$

де $E = 0,15$ – нормований коефіцієнт ефективності капітальних вкладень.

Розрахуємо питомі витрати за базовим та проектним варіантом за формулою (5.10) при завантаженні на 100 відсотків

базовий

$$ПП_{\sigma} = 33,32 + \frac{95160}{4730} \cdot 0,15 = 36,33 \text{ грн./Т;}$$

розроблений

$$ПП_{\sigma} = 26,48 + \frac{88500}{4730} \cdot 0,15 = 29,28 \text{ грн./Т.}$$

Розрахуємо річний економічний ефект від впровадження у виробництво запропонованого нами варіанту при завантаженні на 100 відсотків

$$E = (ПП_{\text{в}} - ПП_{\text{п}})P = (36,33 - 29,28) \cdot 4730 = 33\,346,50 \text{ грн.} \quad (5.11)$$

Усі показники економічної ефективності зведемо в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 - Показники економічної ефективності розробленого змішувача

Показники	Варіанти		Проектований у % до базового
	МКК-1,5 (базовий)	розроблений змішувач	
Продуктивність, т/год.	1,5	1,8	120,0
Обслуговуючий персонал, люд.	1	1	100,0
Балансова вартість, грн.	95160	-	
Капітальні вкладення, грн.	-	88500	
Питомі річні експлуатаційні витрати, грн./т	33,32	26,48	79,5
в т.ч.: заробітна платня	23,74	19,79	83,4
витрати на електроенергію	4,40	2,68	60,9
амортизаційні відрахування	2,16	1,67	77,3
витрати на ТО та ремонт	3,02	2,34	77,5
Максимальне річне навантаження, т	-	4730	
Економія питомих експлуатаційних витрат, грн./т	-	8,71	
Економія експлуатаційних витрат, грн.	-	34335	
Строк окупності капітальних вкладень, років	-	2,55	

5.4 Висновки до розділу

Техніко-економічна оцінка експериментального змішувача показала, що в порівнянні з базовим МКК-1,5 він має переваги за експлуатаційними витратами, переважно за рахунок зменшення енергоємності. При цьому строк окупності при впровадженні при завантаженні на 100 % складе 2,75 роки.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. В результаті аналізу існуючих конструктивних схем змішувачів було встановлено, що багато машин, що застосовуються для приготування комбікормів складні по конструкції і не надійні в роботі, якість одержуваної кормової суміші, не завжди повністю відповідає зоотехнічним вимогам. Перспективним напрямком в удосконаленні конструкцій змішувачів сухих розсипних кормосумішей є створення тихохідного змішувача періодичної дії з нерухомим прямокутним корпусом і двома горизонтально розташованими шнеково-лопатевими комбінованими робочими органами, що забезпечують організований регламентований рух компонентів корму і дозволяють скоротити час отримання якісної суміші зі зниженням питомих витрат енергії на процес змішування.

2. Теоретичні дослідження дозволили отримати залежності зміни: - корисного об'єму бункера змішувача від його конструктивних параметрів і коефіцієнта, що враховує об'єм робочих органів; середньої висоти суміші в бункері і частоти обертання робочого органу від коефіцієнта наповнення бункера; часу циклу від маси завантаженого корму, конструктивно-режимних параметрів змішувача та фізико-механічних властивостей матеріалів, що змішуються.

3. В результаті експериментальних досліджень було встановлено, що зі зменшенням кута установки перемішувально-транспортуючих лопаток від 40° до 70° відбувається зниження споживаної потужності в 1,3 ... 1,4 рази і мінімальні її значення досягаються при кутах від 60° до 70° і рівні 280 ... 340 Вт при ($\varphi_n = 0,30$ $n=47$ хв^{-1}). Найкраща якість суміші ($\theta=11,1\%$) досягається при кутах установки перемішувально-транспортуючих лопатей 60° ... 65° . Рациональне значення кута установки перемішувально-транспортуючих лопатей, з урахуванням обох критеріїв відповідає 65° .

4. Базуючись на нормативній документації та згідно вимог охорони праці нами проведено обстеження розробленого змішувача сипких кормів, встановлена дія небезпечних та шкідливих факторів оператора. Для їх уникнення за-

пропоновано відповідні заходи. Для розробленого змішувача сипких кормів приведено правила безпечного виконання робіт.

5. Техніко-економічна оцінка експериментального змішувача показала, що в порівнянні з базовим МКК-1,5 він має переваги за експлуатаційними витратами, переважно за рахунок зменшення енергоємності. При цьому строк окупності при впровадженні при завантаженні на 100 % складе 2,75 роки.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Лобановський Г.А. Технологія виробництва комбікормів. – К.: Урожай.1973. - 136 с.
2. Максаков В.Я. Виробництво і використання комбікормів. –К.: Урожай.1978. -151 с.
3. Макаров Ю.И. Проблемы смешивания сыпучих материалов. Журнал Всесоюзного химического общества им. Д.И. Менделеева. Т. XXXIII, 1988. – С.384-389.
4. Сорокін В.М. Аналіз функціональних схем приготування комбікормів в умовах господарств і перспективні напрями їх вдосконалення. Вісник Львівського національного аграрного університету. /Агроінженерні дослідження, №12, том. 1, -С. 228-234.
5. Сорокін В.М., Ачкевич О.М. Вибір параметричних ознак змішувачів комбікормових добавок в умовах тваринницьких ферм / В.М. Сорокін, О.М.
6. Ачкевич. //Науковий вісник національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К.: - Вип.144. ч. 2. – С. 181-188
7. Черняев Н.П. Технология комбикормового производства. –М.: Агропромиздат. 1983. -256 с.
8. Ясенецкий В.А. Индустриальная технология кормопроизводства / В.А.Ясенецкий, В.Я. Осьмак. –К.: Урожай. 1984. -216 с.
9. Єгоров Б.В. Технологія виробництва преміксів / Б.В. Єгоров, О.І. Шаповаленко, А.В. Макаринська -К.: Центр учбової літератури, 2007. – 288 с.
- Сыроватка В.И. Производство комбикормов в хозяйствах / В.И. Сыроватка, С.Г. Карташов. – М. : Росагропромиздат, 1991. – 39 с.
10. Черняв Н.П. Технология комбикормового производства / Черняв Н.П. – М. : Колос, 1992. – 286 с.
11. Комбикорма, кормовые добавки и ЗЦМ для животных (состав и применение)

- ние): справочник / [Кренина В.А., Калашников А.П., Фисинин В.И. и др.]; под ред. В.А. Крениной. – М. : Агропромиздат, 1990. – 304 с.
12. Закотенко В. Автоматизированная система дозирования и смешивания на птицефабрике / В. Закотенко, И. Панин, В. Щеблыкин // Комбикорма. – 2001. – №2. – С. 32 – 33.
 13. Макаров Ю.И. Основы расчета процессов смешения сыпучих материалов, исследование и разработка смесительных аппаратов : автореф. дис. на соискание уч. степени докт. техн. наук / Ю.И. Макаров. – М., 1975. – 42 с.
 14. Макаров Ю.И. Аппараты для смешения сыпучих материалов / Макаров Ю.И. – М. : Машиностроение, 1973 – 216 с.
 15. Мальцев А.К. Изыскание и исследование способов интенсификации процесса смешивания сыпучих кормов : автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук / А.К. Мальцев. – Ростов н/Д, 1970. – 18 с.
 16. Сыроватка В.И. Научно-технические основы и методы технологического расчета производственных линий приготовления комбикормов в колхозах и совхозах : автореф. дис. на соискание уч. степени докт. техн. наук / В.И. Сыроватка. – М., 1976. – 44 с.
 17. Сыроватка В.И. Методика проведения испытания машин для смешивания кормов / В.И. Сыроватка, Е.В. Алябьев. – М. : Изд-во ВИЭСХ, 1971. – 56 с.
 18. Уланов И.А. Исследование технологического процесса приготовления смесей из грубых и сочных кормов : автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук / И.А. Уланов. – Саратов, 1965. – 17 с.
 19. Куцин Л.М. Механико-технологические основы создания транспортирующих, дозирующих и смешивающих устройств для приготовления кормов на животноводческих фермах : автореф. дис. на соискание уч. степени докт. техн. наук / Л.М. Куцин. – К., 1981. – 42 с.
 20. Комаров Б.А. Исследование работы процесса образования сыпучих смесей в кормоприготовлении и его механизация : автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук / Б.А. Комаров. – М., 1956. – 17 с.

21. Погосян Э.М. Исследование и обоснование основных параметров смесителя кормов непрерывного действия : автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук / Э.М. Погосян. – Ереван, 1980. – 22 с.
22. Эшдавлатов Э.У. Обоснование параметров и режимов работы смесителя непрерывного действия с тепловой обработкой кормов : автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук / Э.У. Эшдавлатов. – Балашиха, 1990. – 17 с.
23. Иванова А.П. Интенсификация и оптимизация процесса смешивания компонентов при приготовлении сыпучих кормов : автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук / А.П. Иванова. – Оренбург, 2000. – 20 с.
24. Хлыстунов В.Ф. Механико-технологическое обоснование технического оснащения системы жизнеобеспечения свиноводства: дис. ... доктора техн. наук / В.Ф. Хлыстунов. – зерноград, 2000. – 480 с.
25. Кукта Г.М. Технологические и технические основы механизированных процессов приготовления кормов в условиях интенсификации животноводства : автореф. дис. на соискание уч. степени докт. техн. наук / Г.М. Кукта. – К., 1980. – 40 с.
26. Евсеенков С.В. Повышение эффективности процесса смешивания компонентов сыпучих кормов : автореф. дис. на соискание уч. степени докт. техн. наук / С.В. Евсеенков. – Челябинск, 1994. – 40 с.
27. Пахомов В.И. Обоснование и технологическое проектирование блочно-модульных внутрихозяйственных комбикормовых предприятий: дис. ... доктора техн. наук / В.И. Пахомов. – зерноград, 2000. – 440 с.
28. Дмитрів Д.В. Розробка конструкції та обґрунтування параметрів малогабаритних кормозмішувачів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук / Д.В. Дмитрів. – Тернопіль, 2001. – 20 с.
29. Гурик О.Я. Обґрунтування параметрів транспортерів-змішувачів сипких матеріалів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук / О.Я. Гурик. – Тернопіль, 2003. – 17 с.
30. Семенов В.И. Сокращение энергозатрат при приготовлении комбикормов

- для птицы с прогнозируемой точностью дозирования компонентов : автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук / В.И. Семенов. – Оренбург, 1998. – 20 с.
31. Стренк Ф. Перемешивание и аппараты с мешалками / Стренк Ф. [пер. с польского]. – Л. : Химия, 1975. – 384 с.
 32. Соколов А.Я. Технологическое оборудование предприятий по хранению и переработке зерна / Соколов А.Я. – М. : Колос, 1975. – 496 с.
 33. Джинджихадзе С.Р. Математическое описание и оптимизация процессов смешения в смесителях и смесительных системах сыпучих материалов : автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук / С.Р. Джинджихадзе. – М., 1975. – 18 с.
 34. Александровский А.А. Исследование процесса смешения и разработка аппаратуры для приготовления композиций, содержащих твердую фазу : автореф. дис. на соискание уч. степени докт. техн. наук / А.А. Александровский. – Казань, 1976. – 40 с.
 35. Месель-Веселяк В.Я. Розвиток м'ясопродуктового підкомплексу України / В.Я. Месель-Веселяк, О.В. Мазуренко; під. ред. П.Т. Каблука. – К. : ННЦ ІАЕ, 2004. – 198 с.
 36. Аблаутов В.М. Исследование процесса смешивания кормов в барабанных смесителях на комплексах крупного рогатого скота : автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук / В.М. Аблаутов. – Саратов, 1977. – 18 с.
 37. Мальцев А.К. Некоторые вопросы теории смешивания кормов / А.К. Мальцев // Труды донского СХИ. – 1968. – Т.4, вып. 2. – С. 32 – 36.
 38. Мельников С.В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм / Мельников С.В. – Л. : Колос, 1978. – 500 с.
 39. Смирнов Е.Н. Некоторые вопросы смешения шихты, усреднения сырья и гомогенизация стекломассы в ванной печи : автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук / Е.Н. Смирнов. – М., 1962. – 17 с.
 40. Эмих Л.А. Исследование кинетики смешения композиций, содержащих твердую фазу : автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук /

- Л.А. Эмих. – Казань, 1975.- 18 с.
41. Думикян Х.О. Разработка шнекового смесителя кормов непрерывного действия и уточнение его параметров применительно к увлажнению стебельчатых кормов с целью их брикетирования : автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук / Х.О. Думикян. – Ереван, 1983. – 20 с.
 42. Пашевкин О.Б. Оценка равномерности распределения ингредиентов в кормосмесях / О.Б. Пашевкин // Механизация и электрификация с.х. – 1980. – №3. – С. 21 – 23.
 43. Стрельцов В.В. Исследование кинетики смешения сыпучих материалов в промышленных смесителях / В.В. Стрельцов // Химическая промышленность. – 1964. – №11. – С. 18 – 19.
 44. Вишневский А.А. Разработка и исследование скоростного смесителя-пластикатора непрерывного действия для приготовления ПВХ композиций : автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук / А.А. Вишневский. – М., 1983. – 18 с.
 45. Хлыстунов В.Ф. Интенсификация процесса приготовления кормосмесей для свиней горизонтально-шнековым порционным циркуляционным смесителем: дис. ... кандидата техн. наук / В.Ф. Хлыстунов. – Зерноград, 1984. – 198 с.
 46. Батунер Л.М. Математические методы в химической технике / Л.М. Батунер, М.Е. Позин. – Л. : Госхимиздат, 1963. – 284 с.
 47. Фомичев А.Г. Исследование и разработка аппарата для приготовления сыпучих смесей методом псевдооживления : автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук / А.Г. Фомичев. – Калинин, 1975. – 18 с.
 48. Чувпило А.В. Разработка способа и исследование непрерывных процессов тонкослойного дозированного питания и смешения твердых порошковых и жидких компонентов : автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук / А.В. Чувпило. – М., 1965. – 20 с.
 49. Фурса И.И. О точности определения однородности кормовых смесей методом разделяющего признака / И.И. Фурса // Сборник научных трудов. Ме-

- ханизация и электрификация сельского хозяйства. – К. : Урожай, 1969. – Вып. 13. – С. 99 – 102.
50. Фурса И.И. Определение показателя однородности неравновесных смесей / И.И. Фурса // Сборник научных трудов. Механизация и электрификация сельского хозяйства. – К. : Урожай, 1970. – Вып. 14. – С. 103 – 102.
51. Комбикормовая промышленность. – М. : Агропромиздат, 1990. – 26 с.
52. Кошелев А.Н. Производство комбикормов и кормовых смесей / А.Н. Кошелев, Л.А. Глебов. – М. : Агропромиздат, 1986. – С.81 – 86.
53. Зеленский Н.П. Основные направления в исследовании вопросов приготовления смесей / Н.П. Зеленский, Л.И. Штельмах // Сборник. Исследования по механизации и электрификации сельского хозяйства. – К., 1968. – С. 56 – 59.
54. Механизированные поточные линии приготовления кормосмесей (рекомендации). – М. : Россельхозиздат, 1972. – 54 с.
55. Орлов Е.Л. Технический уровень оборудования для комбикормовой промышленности и перспективы его совершенствования. Обзорная информация ЦНИИТЭИ / Е.Л. Орлов, Ю.А. Саликов. – М., 1991. – 38 с.
56. Перельман В.Э. Исследование процесса смешивания ингредиентов в комбикормовом производстве : автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук / В.Э. Перельман. – М., 1954. – 20 с.
57. Евсеенков С.В. Исследование процесса вибрационного смешивания сыпучих кормовых смесей : автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук / С.В. Евсеенков – Челябинск, 1980. – 18 с.
58. Нойешутц Д. Смесители нового поколения / Д. Нойешутц // Комбикорма. – 2001. – № 2. – С. 34 – 35.
59. Спірнін А.В. Оцінка на конкурентоздатність вібраційного змішувача / А.В. Спірнін, О.В. Цуркан // Вібрації в техніці та технологіях. – Вінниця, 2004. – №2. – С. 70 – 72.
60. Сельскохозяйственные машины / [Б.Г. Турбин, А.Б. Лурье, С.М. Григорьев, Э.М. Иванович, С.В. Лильников]. – Л. : Машиностроение, 1967. – 340 с.

61. Богуславский Н.М. Метод расчета движения сыпучих материалов во вращающихся и, в частности, содовых печах / Н.М. Богуславский // Химическая промышленность. – 1956. – № 2. – С. 12 – 13.
62. Свиридов М.М. Исследование движения сыпучего материала на внутренних устройствах машин с вращающимися барабанами: автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук / М.М. Свиридов. – М., 1976. – 17 с.
63. Методика определения экономической эффективности исследования в сельском хозяйстве результатов научно-технических работ, новой техники, изобретений и рационализаторских предложений. – М.: Колос, 1980. – 112 с.
64. Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и оборудование для приготовления кормов. Программа и методы испытаний: ОСТ То – 19.2-83. – М.: Госкомсельхозтехника, 1984. – 114 с.
65. Метод отбора проб: ГОСТ 13586.3-83. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 14 с.
66. Комбикорма. Методы определения крупности размола и содержания неразмолотых семян культурных и дикорастущих растений: ГОСТ 134986.8-72. – М.: Изд-во стандартов, 1972. – 21 с.
67. Зерно. Метод определения влажности: ГОСТ 13586.5-85. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 17 с.
68. Веденяпин Г.В. Общая методика экспериментального исследования и обработка опытных данных / Веденяпин Г.В. – М.: Колос, 1973. – 199 с.
69. Винарский М.С. Планирование эксперимента в технологических исследованиях / М.С. Винарский, М.В. Лурье. – К.: «Техніка», 1975. – 165 с.
70. Мельников С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / Мельников С.В., Алешкин В.Р., Рощин П.М. – [2-е изд.]. – Л.: Колос, 1980. – 168 с.
71. Brothman A., Wollan G., Feldman S. "Chem. and Met. Eng.". April, 1945. – №4. – 52 p.
72. Caulson J., Maitra N. «Industr. Chem.», 26, 55, 1950.

73. ГОСТ 12.0.003-74 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори. Класифікація
74. Об'єкт підвищеної небезпеки // Юридична енциклопедія : [у 6 т.] / ред. кол. Ю. С. Шемшученко (відп. ред.) [та ін.] — К. : Українська енциклопедія ім. М. П. Бажана, 2002. — Т. 4 : Н — П. — 720 с. — ISBN 966-7492-04-4.
75. Навчальний посібник з охорони праці / Дніпропетр. держ. агр. ун-т. - Дніпропетровськ, 2009 р. - 132 с.
76. ДНАОП 0.00-1.32-01. Правила устройства электроустановок. электрооборудование специальных установок
77. Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99, затверджені постановою Головного державного санітарного лікаря України від 01.12.99 р. № 42.
78. НАПБ А.01.001-2004 Правила пожежної безпеки в Україні
79. Закон України "Про охорону праці"

ДОДАТКИ

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра механізації виробничих процесів у тваринництві

Підвищення ефективності роботи шнеково- лопатевого змішувача сипких кормів

демонстраційний матеріал до дипломної роботи освітнього ступеня «Магістр»

Виконав: студент 2 курсу, групи МгМ-1-19
Колісник Сергій Юрійович

Керівник: к.т.н., доцент
Дудін Володимир Юрійович

Дніпро 2020

МЕТА І ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Мета дослідження: зниження питомих витрат енергії на технологічний процес приготування сухих розсипних кормосумішей шляхом застосування нових робочих органів при збереженні якості, відповідної зоотехнічним вимогам. У відповідності до поставленої мети було визначено основні **задачі**, що необхідно вирішити:

- провести аналіз сучасних технологічних процесів та конструкцій змішувачів сипких компонентів при виробництві комбікормів і розробити нову технологічну схему горизонтального змішувача, оснащеного шнеково-лопатевим робочим органом;
- теоретично обґрунтувати конструкційно-технологічні параметри шнеково-лопатєвого змішувача сипких кормів;
- експериментально обґрунтувати і виявити раціональні параметри конструкційно-технологічні параметри шнеково-лопатєвого змішувача сипких кормів;
- провести аналіз розробленого шнеково-лопатєвого змішувача з точки зору охорони праці;
- виконати техніко-економічну оцінку оптимізованої конструкції шнеково-лопатєвого змішувача.

Об'єкт дослідження - процес змішування інгредієнтів комбікормів шнеково-лопатєвим змішувачем.

Предмет дослідження – закономірності взаємозв'язку технологічних і конструкційних параметрів шнеково-лопатєвого змішувача інгредієнтів комбікормів.

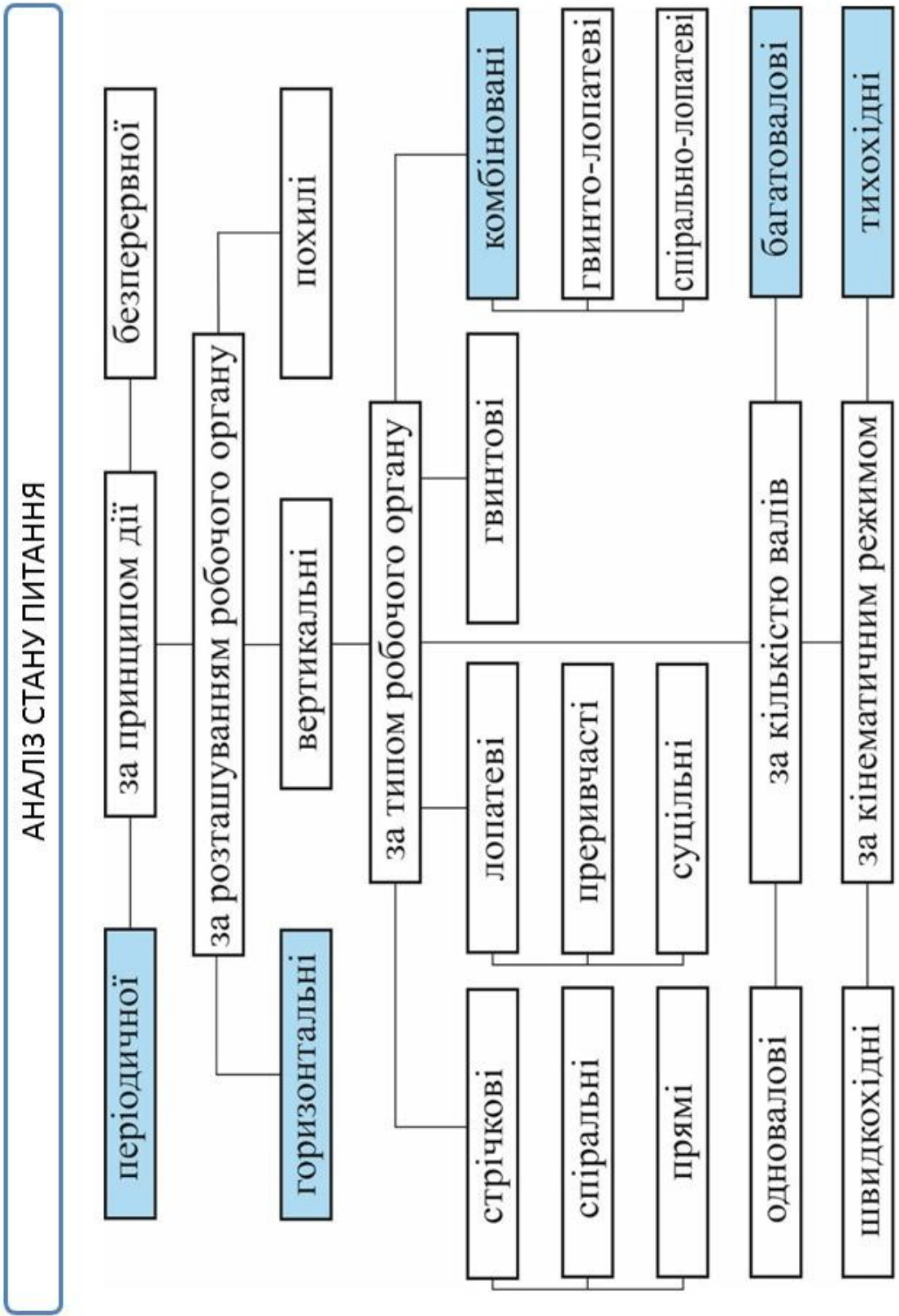


Рисунок 1 – Класифікація змішувачів сипких кормів

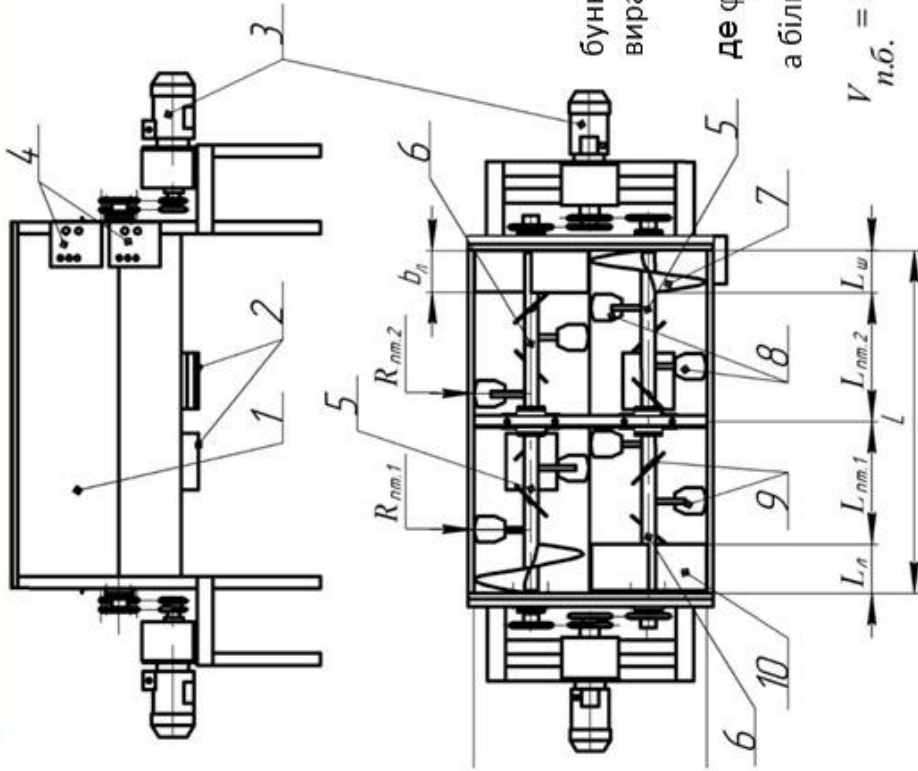


Рисунок 2 - Схема шнеково-лопатевого змішувача кормів

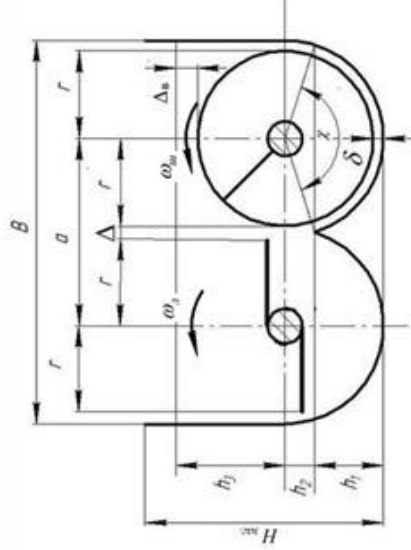


Рисунок 3 - Схема поперечного перерізу бункера змішувача

Одним з важливих параметрів змішувача є розмір бункера і його об'єм. Корисний об'єм змішувача знайдемо з виразу:

$$V_{н.б.} = V_{зас.} \cdot \varphi_p$$

де φ_p - коефіцієнт, що враховує об'єм робочих органів змішувача а більш детально

$$V_{н.б.} = L \varphi_p \cdot \left[2 \left(\frac{\pi(r+2\delta)^2}{360} \chi + \left(\frac{\pi(r+2\delta)^2}{360} (180 - \chi) \right) + h_3(4r + 2\delta + \Delta) \right) \right]$$

Корисний об'єм бункера при коефіцієнтах наповнення бункера від 0,3 до 0,5 з урахуванням об'єму займаного робочими органами знаходиться в межах від 0,21 до 0,31 м³ при довжині бункера рівній - 1,5 м, ширині - 1,0 м і висоті - 0,75 м

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Визначення теоретичної критичної частоти
обертання робочих органів

$$F_{TP} + G_T \cos \varphi_{Ti} = F_{ц}$$

або

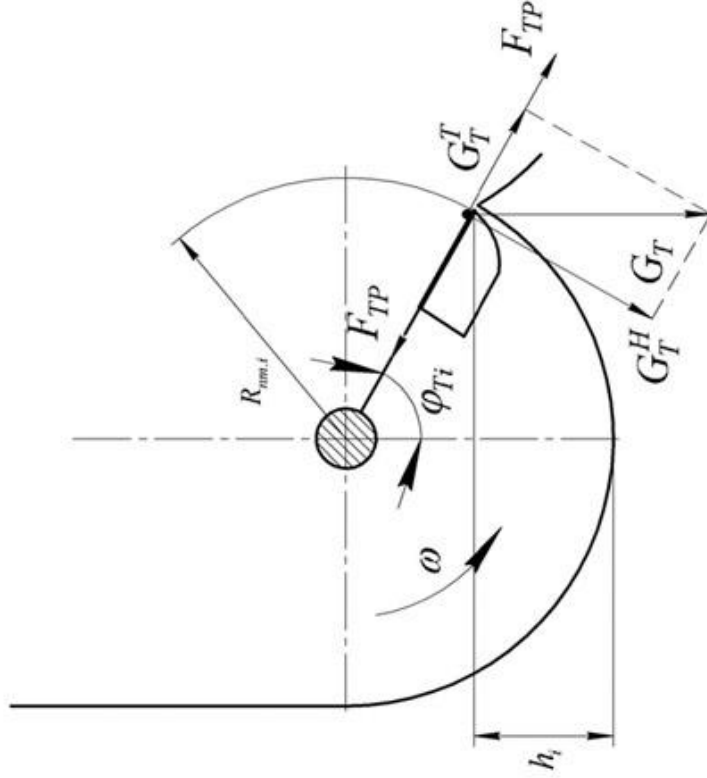
$$\omega^2 R_{nm,i} + mg \cos \varphi_{Ti} = fmg \sin \varphi_{Ti}$$

де $F_{TP} = fG_T$ - сила тертя;

φ_{Ti} - кут повороту лопатки в i -ий момент часу
відносно вертикальної осі;

$G_T = mg$ - сила тяжіння;

$F_{ц} = \omega^2 R_{nm,i}$ - відцентрова сила.



Після перетворень отримаємо вираз для визначення
теоретичної критичної частоти обертання робочих
органів, що **забезпечує перекидання корму на другий
робочий орган**, залежно від кута повороту

$$n_{к.р.} \geq \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g \left[\sqrt{\frac{h_i}{R_{nm,i}}} \left(2 - \frac{h_i}{R_{nm,i}} \right) \mp \left(1 - \frac{h_i}{R_{nm,i}} \right) \right]}{r}}$$

Рисунок 4 - Схема сил, що діють на частку

ЛАБОРАТОРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

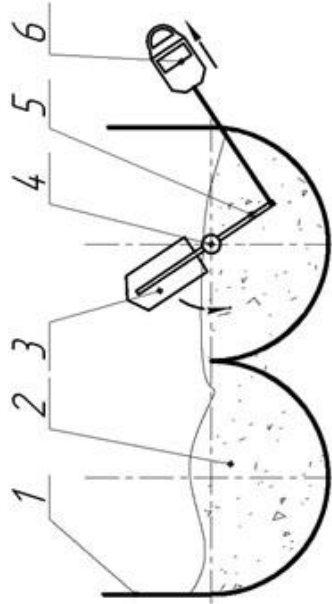


Рисунок 5 - Лабораторна установка для визначення питомого опору переміщенню лопаті; 1 - бункер; 2 - корм; 3 – лопать; 4 – вал; 5 – важіль; 6 - електронний безмін

Значення питомого опору для лопатки визначалися за формулою:

$$k_y^{нм.л^3} = \frac{9,81(P_1 - P_x) \cdot l_1}{l_2 \cdot S_{ллт}}$$

де P_1 - показники на приладі, кг;

P - показники на приладі при холостому ході, кг;

l_1 - плече прикладання сили P_1 , м;

l_2 - плече прикладання рівнодіючої сили опору переміщенню лопатки, м;

$S_{ллт}$ - площа лопатки, м ($S_{ллт} = 0,0018 \text{ м}^2$).

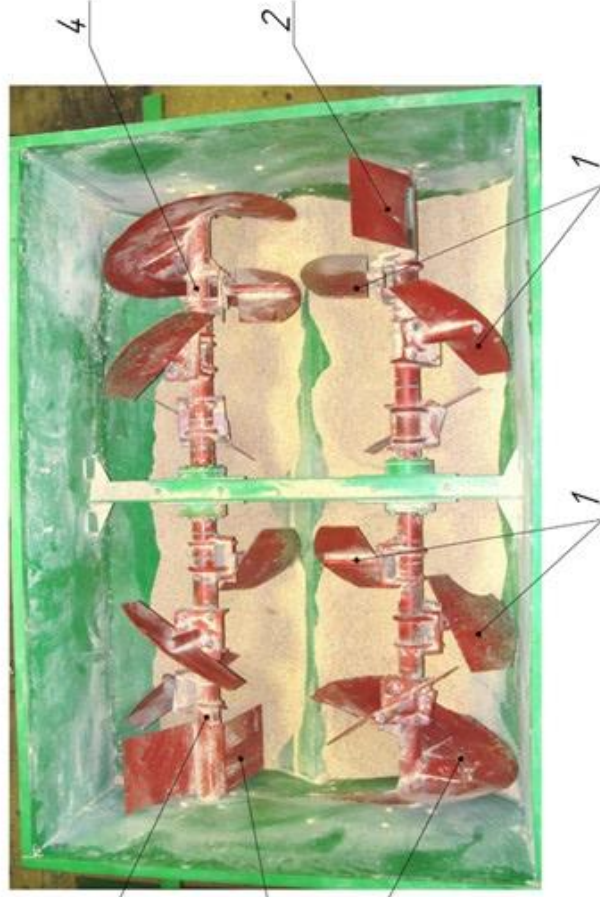


Рисунок 6 – Лабораторна модель шнеково-лопатевого змішувача: 1 - перемішувально-транспортуючих лопаті; 2 – перекидаюча лопать; 3 - вал; 4 – кріплення лопаті; 5 – шнекова дільниця

Факторами експерименту були обрані частота обертання робочих органів (x_1), час змішування (x_2) і коефіцієнт заповнення (x_3).

Критеріями оптимізації є питома енергоємність процесу змішування q , Вт·год/кг та вміст однорідність суміші θ , %.

ЛАБОРАТОРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

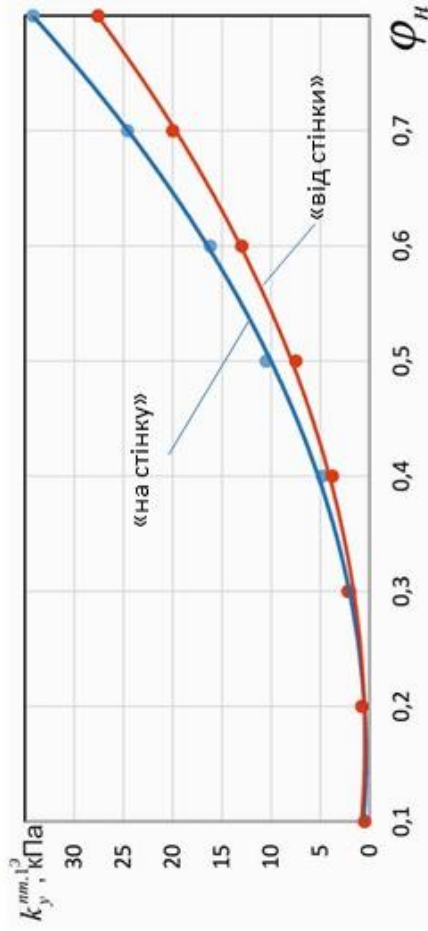


Рисунок 7 - Експериментальні значення питомого опору переміщенню лопаті від коефіцієнта наповнення бункера

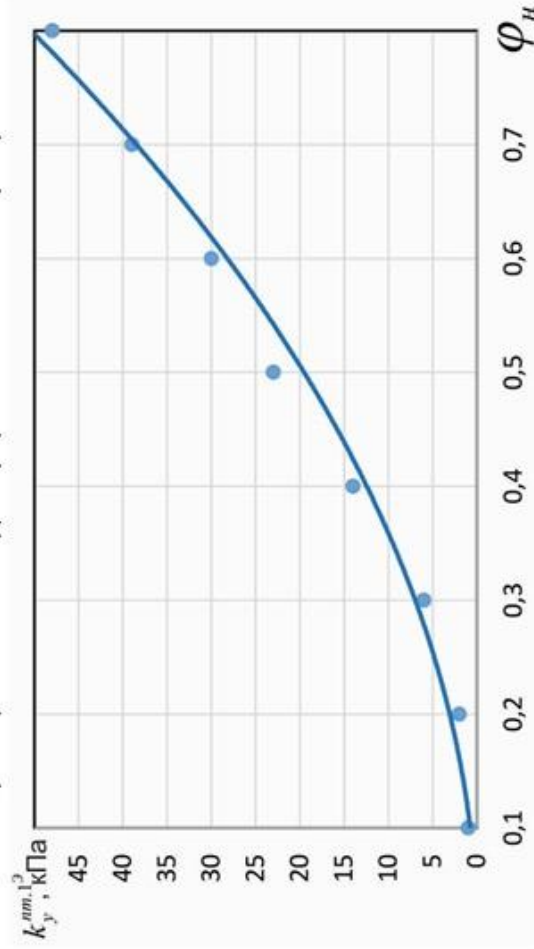
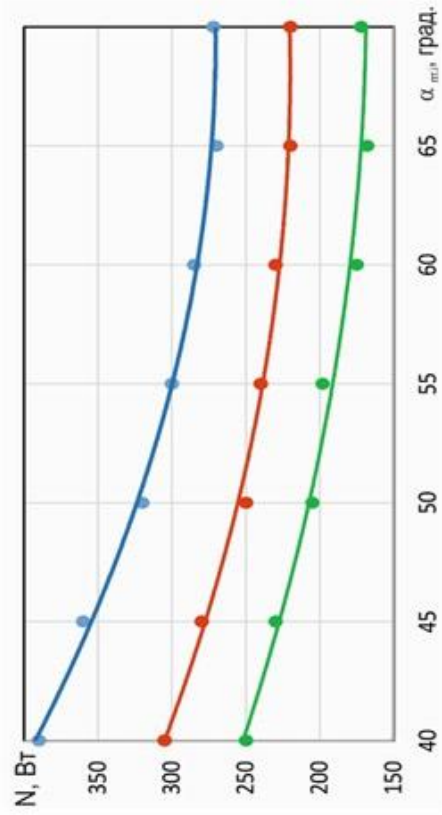


Рисунок 8 - Експериментальні значення питомого опору переміщенню перекидаючої лопаті від коефіцієнта наповнення бункера

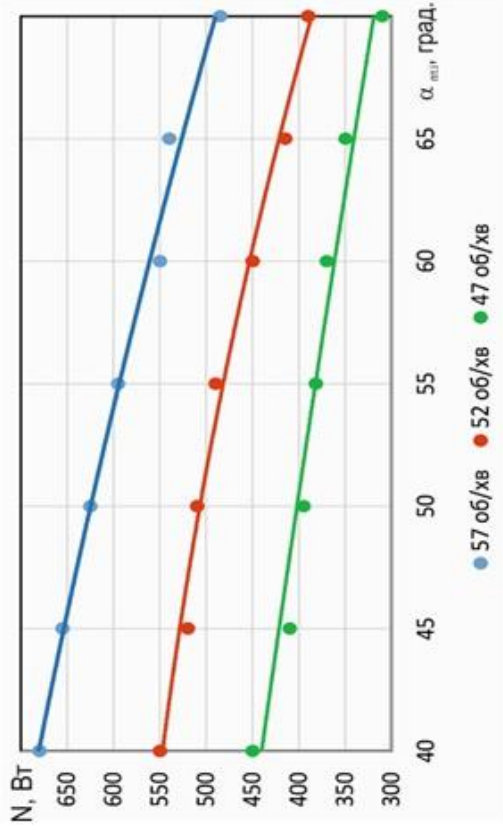
При збільшенні коефіцієнта наповнення до 0,2 напрямок обертання ("на стінку" або "від стінки") практично не впливає на величину питомого опору (різниця в значенні не перевищує 1,64 %).

З ростом коефіцієнта наповнення від 0,2 до 0,8 значення питомого опору при обертанні "на стінку" в середньому більше в 1,23 рази ніж "від стінки", що пов'язано з додатковою взаємодією матеріалу зі стінкою бункера.

ЛАБОРАТОРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ



а



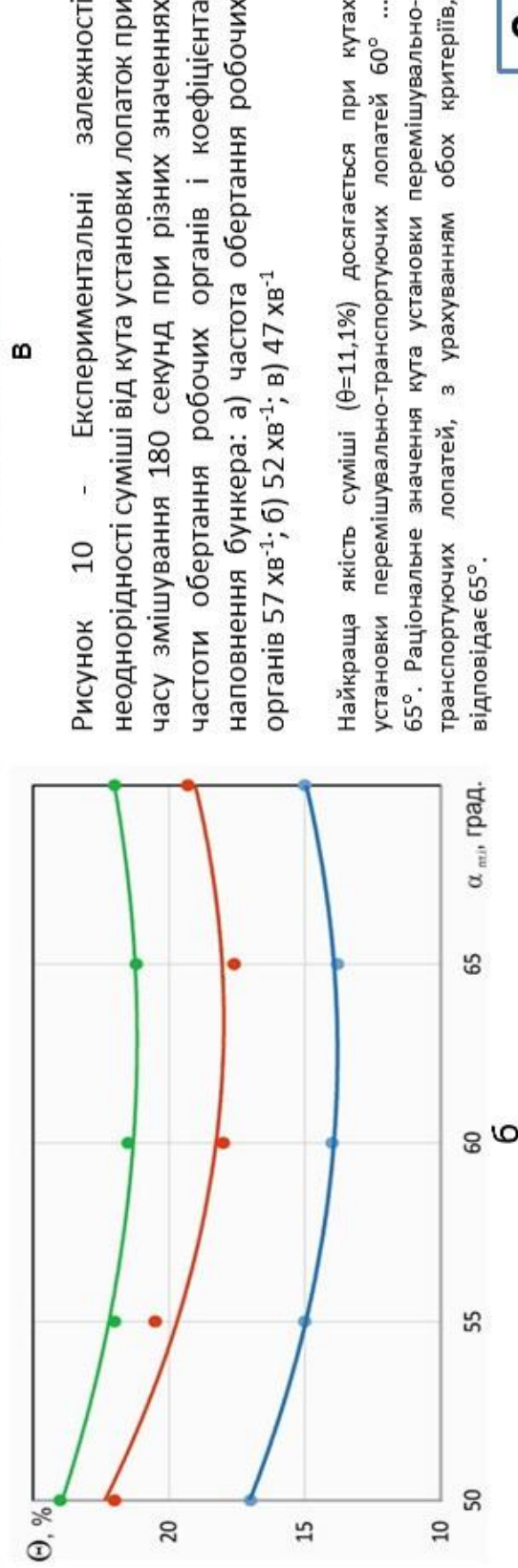
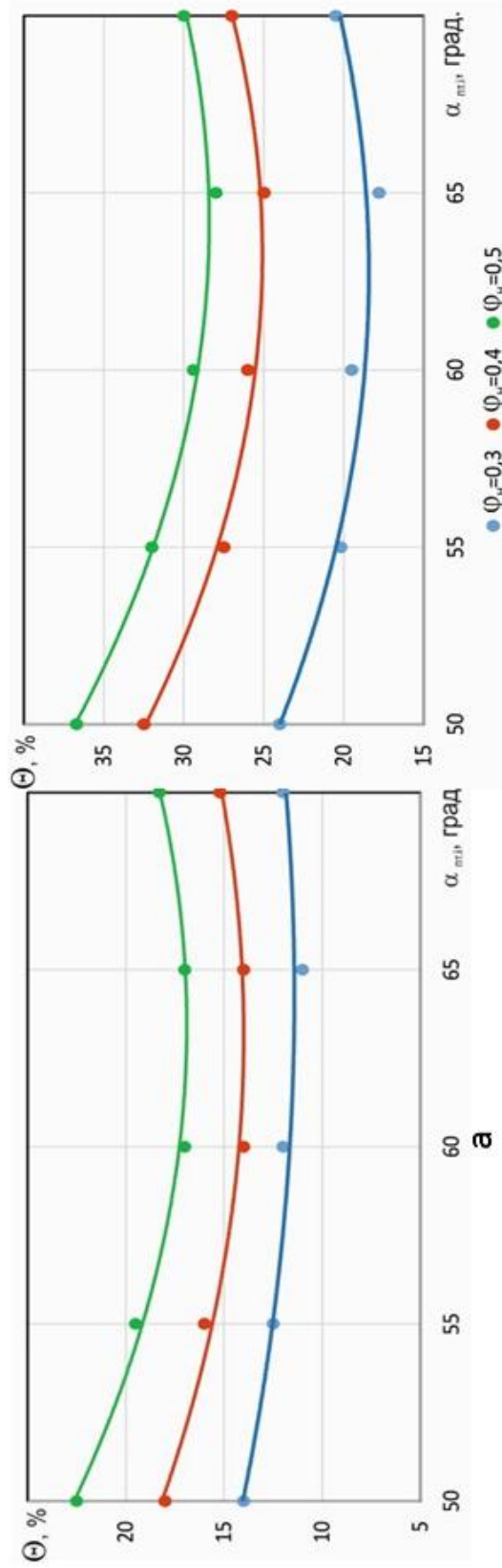
б

Рисунок 9 - Експериментальні залежності, споживаної потужності від кута установки лопаток при різних значеннях коефіцієнта наповнення бункера і частоті обертання: а) $\varphi_n=0,3$; б) $\varphi_n=0,4$; в) $\varphi_n=0,5$

Зі зменшенням кута установки перемішувально-транспортуючих лопаток від 40° до 70° відбувається зниження споживаної потужності в 1,3 ... 1,4 рази і мінімальні її значення досягаються при кутах від 60° до 70° і рівні 280 ... 340 Вт при ($\varphi_n = 0,3$ і $n=47$ хв $^{-1}$).

б

ЛАБОРАТОРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ



в

Рисунок 10 - Експериментальні залежності неоднорідності суміші від кута установки лопаток при часу змішування 180 секунд при різних значеннях частоти обертання робочих органів і коефіцієнта наповнення бункера: а) частота обертання робочих органів 57 хв^{-1} ; б) 52 хв^{-1} ; в) 47 хв^{-1}

Найкраща якість суміші ($\theta=11,1\%$) досягається при кутах установки перемішувально-транспортуючих лопатей 60° ... 65° . Рациональне значення кута установки перемішувально-транспортуючих лопатей, з урахуванням обох критеріїв, відповідає 65° .

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

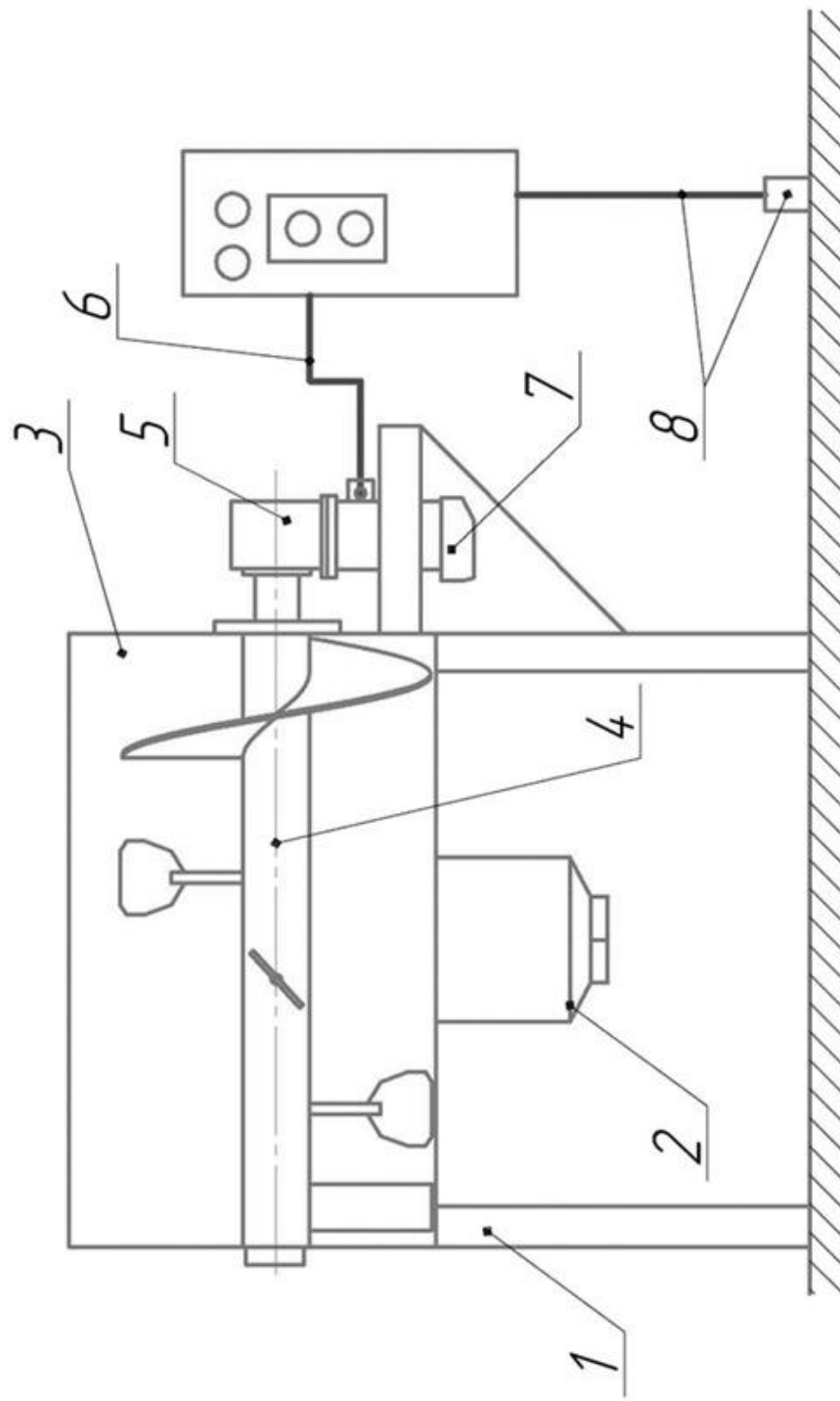


Рисунок 1.1 - Вузли, які потребують певної уваги з точки зору безпеки праці оператора:
1 – рама; 2 – розвантажувальна горловина; 3 – бункер; 4 – мішалка; 5 – редуктор; 6 – електрокабель;
7 – електродвигун; 8 – заземлення

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА

Показники	Варіанти		Розроблений у % до базового
	МКК-1,5 (базовий)	розроб. змішувач	
Продуктивність, т/год.	1,5	1,8	120,0
Обслуговуючий персонал, люд.	1	1	100,0
Балансова вартість, грн.	95160	-	-
Капітальні вкладення, грн.	-	88500	-
Питомі річні експлуатаційні витрати, грн./т	33,32	26,48	79,5
в т.ч.: заробітна платня	23,74	19,79	83,4
витрати на електроенергію	4,40	2,68	60,9
амортизаційні відрахування	2,16	1,67	77,3
витрати на ТО та ремонт	3,02	2,34	77,5
Максимальне річне навантаження, т	-	4730	-
Економія питомих експлуатаційних витрат, грн./т	-	8,71	-
Економія експлуатаційних витрат, грн.	-	34335	-
Строк окупності капітальних вкладень, років	-	2,55	-

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. В результаті аналізу існуючих конструктивних схем змішувачів було встановлено, що багато машин, що застосовуються для приготування комбікормів складні по конструкції і не надійні в роботі, якість олержуваної кормової суміші, не завжди повністю відповідає зоотехнічним вимогам. Перспективним напрямком в удосконаленні конструкцій змішувачів сухих розсипних кормосумішей є створення тиходійного змішувача періодичної дії з нерухомим прямокутним корпусом і двома горизонтально розташованими шнеково-лопатевими комбінованими робочими органами, що забезпечують організований регламентований рух компонентів корму і дозволяють скоротити час отримання якісної суміші зі зниженням питомих витрат енергії на процес змішування.
2. Теоретичні дослідження дозволили отримати залежності зміни: - корисного об'єму бункера змішувача від його конструктивних параметрів і коефіцієнта, що враховує об'єм робочих органів; середньої висоти суміші в бункері і частоти обертання робочого органу від коефіцієнта наповнення бункера; часу циклу від маси завантаженого корму, конструктивно-режимних параметрів змішувача та фізико-механічних властивостей матеріалів, що змішуються.
3. В результаті експериментальних досліджень було встановлено, що зі зменшенням кута установки перемішувально-транспортуючих лопаток від 40° до 70° відбувається зниження споживаної потужності в 1,3 ... 1,4 рази і мінімальні її значення досягаються при кутах від 60° до 70° і рівні $280 \dots 340 \text{ Вт}$ при $(\varphi_n = 0,30 \text{ п} = 47 \text{ хв}^{-1})$. Найкраща якість суміші ($\theta = 11,1\%$) досягається при кутах установки перемішувально-транспортуючих лопатей $60^\circ \dots 65^\circ$. Рациональне значення кута установки перемішувально-транспортуючих лопатей, з урахуванням обох критеріїв відповідає 65° .
4. Базуючись на нормативній документації та згідно вимог охорони праці нами проведено обстеження розробленого змішувача сипких кормів, встановлена дія небезпечних та шкідливих факторів оператора. Для їх уникнення запропоновано відповідні заходи. Для розробленого змішувача сипких кормів приведено правила безпечного виконання робіт.
5. Техніко-економічна оцінка експериментального змішувача показала, що в порівнянні з базовим МКК-1,5 він має переваги за експлуатаційними витратами, переважно за рахунок зменшення енергоспоживання. При цьому строк окупності при впровадженні при завантаженні на 100 % складе 2,75 роки.

MATERIALS
OF THE XIII INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND
PRACTICAL CONFERENCE

CONDUCT OF MODERN SCIENCE -
2020

Conduct of modern science - 2020 ★ Volume 14

SCIENCE AND EDUCATION LTD
Registered in ENGLAND & WALES Registered Number: 08878342
OFFICE 1, VELOCITY TOWER, 10 ST. MARY'S GATE,
SHEFFIELD, S YORKSHIRE, ENGLAND, S1 4LR

November 30 - December 7 , 2020

Volume 14

Construction and architecture
Agriculture
Modern information technology

Materials of the XIII International scientific and practical Conference
Conduct of modern science - 2018 , November 30 - December 7 , 2020
Construction and architecture. Agriculture. Modern information technology. :
Sheffield. Science and education LTD -64 p.

Editor: Michael Wilson
Manager: William Jones
Technical worker: Daniel Brown

Date signed for printing ,

For students, research workers.

Price 3 euro

ISBN 978-966-8736-05-6

© Authors , 2020

© SCIENCE AND EDUCATION LTD, 2020

SHEFFIELD
SCIENCE AND EDUCATION LTD
2020

К.т.н. Дудін В.Ю., магістранти Колісник С.Ю., Калько І.В.

Дніпровський державний аграрно-економічний університет, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ

ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕСУ ЗМІШУВАННЯ СИПКИХ КОРМІВ

Одним з кращих показників за однорідністю отриманої суміші відрізняються горизонтальні змішувачі, оснащені спіраллю стрічковим робочим органом. Метою даної роботи було обґрунтування режимних параметрів роботи такого типу змішувача на основі експериментальних досліджень процесу.

В роботі [1] було досліджено модель експериментального спіраллю-стрічкового змішувача з об'ємом бункера 0,4 м³ було виконано в масштабі 1:4 та було встановлено, що зі збільшенням вмісту мінімального компоненту кількість взаємопереміщень компонентів суміші необхідно збільшувати. Для експериментального змішувача оптимальні з точки зору якості змішування, значення комплексного показника k (добуток часу змішування на частоту обертання робочого органу) знаходяться в межах 120...170 об. В даній роботі буде продовжено дослідження експериментального зразка з точки зору його енергоефективності.

Факторами експерименту було обрано частоту обертання робочого органу n (х/с), досліджуваний критерій – потужність на привід N (У₂). За результатами досліджень було отримано математичну модель впливу досліджуваних факторів на потужність на привід змішувача:

$$N = 2,1455n^2 - 156,75n + 3551,7 \quad (1)$$

Звичайно мінімальна потужність буде при мінімальній частоті обертання, але нам треба також врахувати, що зі зменшенням частоти обертання буде збільшуватись час змішування, що обумовлено якісними показниками процесу. Тому нами побудовано залежності витрат енергії на цикл змішування з урахуванням даних, приведених в [1]. Тобто було враховано значення показника k, при якому досягається максимум однорідності, в результаті чого було отримано формулу:

$$N = \frac{k_{\min}^{\max}}{1000n_{\min}} \cdot N = \frac{k_{\min}^{\max}}{1000n_{\min}} \cdot (2,1455n^2 - 156,75n + 3551,7), \quad (1)$$

де n – поточна частота обертання, хв⁻¹;

n_{\min} – мінімальна частота обертання згідно експерименту, хв⁻¹.

Графічну інтерпретацію рівняння за (1) представлено на рис. 1, з якого чітко видно, що витрати енергії на процес мають нелінійний характер, при цьому оптимум (найменше значення) знаходиться в точці, яка відповідає значенню частоти обертання 40,5 хв⁻¹, а не в мінімумі n. Це пояснюється тим, що зі зменшенням частоти обертання збільшується час змішування і приріст витрат енергії не компенсує цього зменшення.

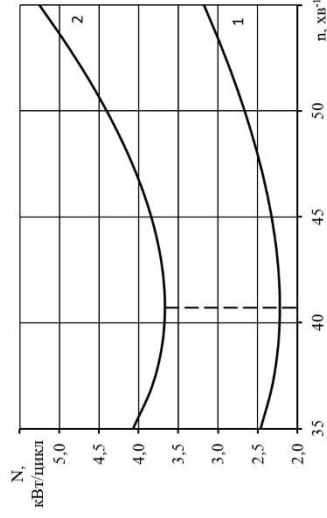


Рисунок 1 – Залежність питомої енергосмістності від частоти обертання робочого органу змішувача: 1 – мінімальна інтенсивність – k=pin; 2 – мінімальна інтенсивність – k=paх

По пройдених точки мінімуму спостерігаємо суттєвий ріст питомої енергосмістності. В цілому при мінімумі k витрати енергії на процес складають 2,25 кВт/цикл а при максимумі – 3,66 кВт/цикл.

На наступному етапі вважаємо за доцільне для визначеної частоти обертання привести визначити значення часу змішування. Користуючись математичною моделлю однорідності суміші [1] та враховуючи, що оптимальна частота обертання з точки зору енергетичних витрат буде рівна 40,5 хв⁻¹,

побудуємо залежність, за допомогою якої можна визначати час змішування для різних варіацій вмісту найменшого компоненту (рис. 2).

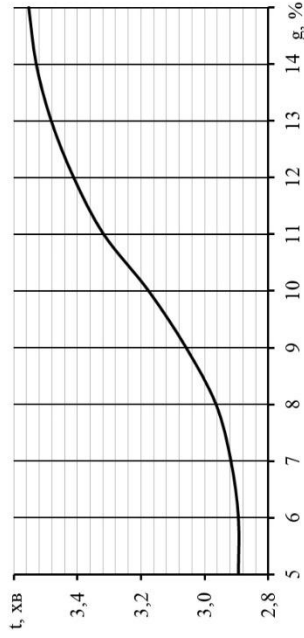


Рисунок 2 – Діаграма для вибору часу змішування при різному

вмісті мінімального компоненту для досліджуваного змішувача

Як видно з рис. 2, залежність часу змішування від вмісту мінімального компоненту нелінійна. Це свідчить про те, що крім типових процесів (конвекція, дифузія, сегрегація) протікають і інші. Наприклад зі збільшенням вмісту g від 8 до 11 % час змішування збільшується більш стрімко, ніж на інших ділянках. Це можна пояснити тим, що в зазначеному діапазоні g конвекційне змішування протікає повільніше, а дифузійне ще не впливає так інтенсивно. З подальшим збільшенням g швидкість зазначених процесів вирівнюється тому час змінюється не так суттєво.

Підсумовуючи результати досліджень, можна зробити наступні висновки:

витрати енергії на процес мають нелінійний характер, при цьому оптимум (найменше значення) знаходиться в точці, яка відповідає значенню частоти обертання $40,5 \text{ хв}^{-1}$, а не в мінімумі n . При мінімумі k витрати енергії на процес складають $2,25 \text{ кВт/цикл}$ а при максимумі – $3,66 \text{ кВт/цикл}$;

час змішування буде різний для різного вмісту найменшого компоненту і знаходиться в межах $2,9 \dots 3,56 \text{ хв}$.

Література:

1. Дудін В.Ю. Експериментальні дослідження процесу змішування сипких кормів / В.Ю. Дудін, А.А. Корнієнко // Матеріали XII Міжнародової наукової практичної конференції «Ключові аспекти наукової діяльності - 2016», Volume 8. Математика. Фізика. Будівництво і архітектура. Rolnictwo. Techniczne nauki: 7 - 15 stycznia 2016 roku, Przemysł. Nauka i studia – S. 30 – 32.

CONTENTS

CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

The architectural decision of objects construction and reconstruction Жашпарова А.К. ЭКОДИЗАЙНДАҒЫ ЗАМАНАУИ ТЕНДЕНЦИЯЛАР	3
Modern construction technology, reconstruction and restoration Шаяманов Н.Г., Муздыбаева Т.К ҚҰРАСТЫРМАЛЫ ҚҰРЫЛЫСТЫҢ ТАРИХЫ ЖӘНЕ ОНЫҢ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ЖЕТІЛДІРУ	6
Modern construction materials Астахова Н.В., Ярема Р.Б. ИССЛЕДОВАНИЕ АКТИВНОСТИ ЦЕМЕНТА, МОДИФИЦИРОВАННОГО ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИМИ КОМПЛЕКСАМИ	10
Коверніченко Л.М., Волкова В.А. УТРИМАННЯ ВОЛОГИ В БЕТОНІ	13
Шинкевич Е.С., Плит А.Д. ВЛИЯНИЕ ПУМ НА ВОДУ ЗАТВОРЕНИЯ И ФИЗИКО- МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЦЕМЕНТНОЙ КОМПОЗИЦИИ	16
Татаренко Н.Н., Альшанова В.В. МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ВОДОНЕПРОНИЦАЕМОСТИ БЕТОНА	20
Татаренко М.М., Байбарак І.С., Татаренко А.М. ТЕХНІЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ СТАНУ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ТА ІНЖЕНЕРНИХ МЕРЕЖ, ЯК ЗАПОРУКА БЕЗПЕЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ГРОМАДСЬКИХ І ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ	23
Хільченко О.П., Тороповська Ю.С. ВЛАСТИВОСТІ ПОРИСТОГО ЗАПОВНОВАЧА – СИЛУРОПОРОПОРИТУ ІЗ ПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ	26
Хільченко О.П., Токар А.В. ФИЗИКО-ТЕХНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ СИЛУРОПОРИТОБЕТОНІВ	29
Шилікіна О.О. ПІНОБЕТОНІ	32
Шилкін А.А. ПРИНЦИПИ ПОЛУЧЕННЯ ЕФЕКТИВНИХ МИНЕРАЛЬНО- ОРГАНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ	35
AGRICULTURE	
Mechanization of agriculture Дудін В.Ю., Алексеев О.С., Полях Є.О. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ДОЇЛЬНОГО АПАРАТА	37
Дудін В.Ю., Колісник С.Ю., Калько І.В. ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕСУ ЗМІШУВАННЯ СИПКИХ КОРМІВ	41