

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра механізації виробничих процесів у тваринництві

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломної роботи освітнього ступеня «Магістр» на тему:

**Обґрунтування параметрів змішувача комбікорму
з гнучким робочим органом**

Виконав: студент 2 курсу, групи МГМз-1-19
за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Калько Іван Вікторович

Керівник: _____ Гаврильченко Олександр Степанович

Рецензент: _____

Дніпро 2021

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**
Інженерно-технологічний факультет

Кафедра механізації виробничих процесів у тваринництві
Освітній ступінь: «Магістр»
Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ
В.о. завідувача кафедри
МВПТ
(назва кафедри)
доцент
(вчене звання)
Дудін В.Ю.
(підпис) (прізвище, ініціали)
« ___ » _____ 2020 р.

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Кальку Івану Вікторовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Обґрунтування параметрів змішувача комбікорму з гнучким робочим органом

керівник роботи Гаврильченко Олександр Степанович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від
«25» листопада 2020 року № 2958

2. Строк подання студентом роботи 08.02.2021 р.

3. Вихідні дані до роботи Аналіз стану питання процесів та обладнання для приготування комбікормів, зокрема змішувачів. Патентний пошук, аналіз літературних джерел, останніх досліджень з обраної тематики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналіз стану питання. 2. Теоретичне обґрунтування параметрів змішувача комбікормів. 3. Лабораторні дослідження процесу змішування. 4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 5. Техніко-економічна оцінка змішувача. Загальні висновки. Бібліографічний список

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Мета і задачі досліджень. Аналіз (2 аркуші, А4). 2. Теоретичні дослідження (2 аркуші, А4). 3. Лабораторні дослідження (3 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	Гаврильченко О.С., доцент		
2	Гаврильченко О.С., доцент		
3	Гаврильченко О.С., доцент		
4	Кравець В.В., доцент		
5	Вінніченко І.І., професор		
Нормоконтроль	Гаврильченко О.С., доцент		

7. Дата видачі завдання: 25.11.2020 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 01.11.2020 р.	
2	Теоретичний	до 20.11.2020 р.	
3	Експериментальний	до 10.12.2020 р.	
4	Охорона праці	до 20.12.2020 р.	
5	Економічний	до 27.12.2020 р.	
6	Демонстраційна частина	до 24.01.2021 р.	

Студент

(підпис)

Калько І.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Гаврильченко О.С.

(прізвище та ініціали)

Затверд.	Дудін				ДДАЕУ
----------	-------	--	--	--	-------

АНОТАЦІЯ

Калько І.В. Обґрунтування параметрів змішувача комбікорму з гнучким робочим органом /Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія» (спеціалізація «Механізація тваринництва»). – ДДАЕУ, Дніпро, 2021.

Вступна частина дипломної роботи містить обґрунтування актуальності теми, сформульовані мета та задачі, приведено методи досліджень. Аналіз стану питання дав змогу обґрунтувати напрямки вирішення поставленої мети та задач. В другому розділі проведено теоретичне обґрунтування змішувача комбікорму з гнучким робочим органом. В результаті лабораторних досліджень доведено, що розроблена схема змішувача є працездатною. Проведено дослідження розробленої конструкції з точки зору охорони праці. Виконано економічне обґрунтування розробки. Зроблені висновки та складено список використаної літератури.

Ключові слова: комбікорм, змішувач, гнучка спіраль, однорідність змішування, енергозбереження

Калько І.В. / Використання комбікормів та засоби для їх приготування // В.Ю. Дудін, В.В. Авраменко, І.В. Калько // Матеріали за 13-а міжнародна научна практична конференція, «Настоящи изследвания и развитие- 2020», 17 - 25 грудня, 2020, Софія. «Бял ГРАД-БГ» ООД - 92 стр.

ЗМІСТ

Вступ	7
1 Аналіз стану питання	9
1.1 Ефективність використання сухих концентрованих кормів у тваринництві	9
1.2 Аналіз способів і засобів змішування концентрованих кормів	11
1.3 Аналіз виконаних досліджень з проблеми переміщення та змішування кормів.....	20
1.4 Висновки	30
2 Теоретичне обґрунтування параметрів змішувача комбикормів.....	31
2.1 Конструктивно-технологічна схема спірального змішувача з гнучким робочим органом	31
2.2 Рівняння гвинтової поверхні (поверхні спіралі).....	33
2.3 Розрахунок продуктивності спірального змішувача.....	44
2.4 Висновки	47
3 Лабораторні дослідження процесу змішування	48
3.1 Програма та методика експериментальних досліджень	48
3.2 Дослідження залежності продуктивності та енергоємності спірального змішувача від частоти обертання робочого органу	50
3.3 Дослідження залежності продуктивності та енергоємності змішувача від кроку спіралі змішувача	53
3.4 Проведення багатофакторного експерименту.....	55
3.4 Висновки	63
4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	61
4.1 Загальні визначення та поняття	61
4.2 Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів.....	62

4.3	Заходи по забезпеченню захисту оператора машинного доїння від дії шкідливих та небезпечних факторів	63
4.4	Правила безпечного виконання робіт при доїнні корів.....	68
4.5	Порядок дій у надзвичайних ситуаціях.....	70
4.6	Висновки.....	71
5	Економічне обґрунтування розробленого змішувача.....	72
5.1	Вихідні дані.....	72
5.2	Питомі експлуатаційні витрати	73
5.3	Питомі приведені витрати.....	77
5.4	Висновки	78
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	80
	БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК.....	82
	ДОДАТКИ	

ВСТУП

Однією з умов розвитку тваринництва є вдосконалення процесу кормоприготовлення, так як до кормів пред'являється цілий ряд вимог, виконання яких необхідне для розкриття генетичного потенціалу тварин.

Відомо, що вартість кормів у тваринництві може досягати 75% від вартості самої продукції. При цьому найбільш дорогими є концентровані корми. З огляду на логістику перевезень, яка в значній мірі може здорожувати вартість використовуваних кормів, а також вимоги, що пред'являються до зберігання готових концентрованих кормів, в ряді випадків представляється найбільш доцільним виробництво кормів безпосередньо в господарстві.

З зоотехнічної точки зору важливо не тільки ввести до складу кормосуміші передбачені раціоном компоненти в необхідному кількості, але і необхідно рівномірно розподілити їх у всьому об'ємі суміші. Однорідність суміші забезпечує однакову поживну цінність корму у всіх частинах його об'єму. Використання для годівлі тварин неоднорідних за своїм складом сумішей значно знижує їх продуктивну дію. Нерівномірний розподіл компонентів в суміші може привести до передозування, і що не виключено, до захворювань і навіть загибелі тварин і птиці.

Сучасні раціони годівлі сільськогосподарських тварин передбачають використання концентрованих кормів в раціоні ВРХ до 30%, при вирощуванні свиней до 95%, а у птиці до 100%. Велика увага приділяється збалансованості готових кормосумішей, так як отримання кормів, що включають весь спектр необхідних для тварин поживних речовин, забезпечує збільшення їх продуктивності на 10 ... 15%. Як наслідок, знижуються виробничі витрати, збільшується рентабельність виробництва.

Таким чином, обґрунтування пристроїв для приготування концентрованих кормів має істотне значення для розвитку тваринництва країни.

Мета досліджень: підвищення ефективності приготування комбікормів шляхом обґрунтування параметрів змішувача з гнучким робочим органом.

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 змішувача з гнучким робочим органом;
- теоретично обґрунтувати конструкційно-технологічні параметри змішувача комбікормів з гнучким робочим органом;
- експериментально обґрунтувати і виявити раціональні конструкційно-технологічні параметри змішувача з гнучким робочим органом;
- провести аналіз розробленого змішувача з точки зору охорони праці;
- виконати техніко-економічну оцінку розробленої конструкції змішувача з гнучким робочим органом.

Об'єкт дослідження - технологічний процес змішування в машинах з гнучким робочим органом.

Предмет дослідження - діючі фактори, зв'язки та закономірності технологічного процесу змішування в машинах з гнучким робочим органом.

Методи дослідження - при теоретичних дослідженнях застосовували методи гідродинаміки, теоретичної механіки, теорії подібності і розмірності. При експериментальних дослідженнях використовували методи планування експерименту і регресійного аналізу. При обробці результатів дослідження - методи математичної статистики з використанням програм STATISTICA та EXCEL.

1 Аналіз стану питання

1.1 Ефективність використання сухих концентрованих кормів у тваринництві

До сучасних концентрованих кормів пред'являється ряд інноваційних вимог. Корми повинні містити всі необхідні для росту і розвитку організму тварини поживні речовини, при цьому повинні мати можливість тривалий час зберігатися, легко дозуватися [12].

Відомо, що в сформованих економічних умовах найбільш рентабельним є приготування концентрованих кормів в умовах господарства. Виробляти окремі види зерна і готувати на їх основі високоякісні збагачені види корму набагато дешевше, ніж купувати готові корми, а також витратити кошти на транспортування закуплених кормів [19, 23].

Для приготування сумішей концентратів в умовах господарства немає необхідності використовувати дороге металоємне і високопродуктивне обладнання. Найбільш прийнятним, виходячи з економічних і експлуатаційних міркувань, є використання невеликих кормоприготувальних комплексів обладнання.

Для приготування концентрованих кормів в умовах господарства найбільш перспективною є спрощена схема кормоприготування. Схема кормоприготування зводиться до послідовного виконання кількох технологічних операцій:

- накопичення і зберігання компонентів кормосуміші;
- дозована подача компонентів на змішування;

- змішування.

Таким чином, основною операцією практично будь-який з сучасних технологій кормоприготування є змішування.

До сучасних змішувачів пред'являється велика кількість різнорідних вимог [35]:

- суміш кормів може готуватися з декількох десятків компонентів;
- кормосуміш може бути збагачена мікродобавками, концентрація яких може досягати 0,001%.
- необхідно забезпечити приготування суміші, якість якої відповідає вимогам коефіцієнта варіації для різних видів тварин.

Велика кількість вимог пред'являється також і безпосередньо до самих конструкцій змішувачів [21, 22]:

- змішувачі повинні володіти високою технічною надійністю, що дозволяє експлуатувати їх протягом декількох років у важких експлуатаційних умовах (при негативних і позитивних температурах, а також при високій вологості повітря);
- змішувачі повинні при необхідності швидко змінювати продуктивність;
- змішувачі повинні мати широку універсальність (забезпечувати приготування кормів з різними рецептурами);
- змішувачі не повинні подрібнювати компоненти і порушувати їх макроструктуру;
- змішувачі не повинні викликати псування кормів;
- змішувачі повинні мати високі ергономічні властивості.

Для використання в умовах дрібного і середнього господарства найбільш прийнятними виявляються дві наступні схеми кормоприготування:

- прямоточна (при безпосередній подачі компонентів кормосуміші на змішування);

- послідовно-паралельна, яка полягає в підготовці всіх видів корму до змішування і одноразове дозування.

Сучасний ринок кормоприготувального обладнання цілком насичений змішувачами, в тому числі іноземного виробництва, при цьому досить високою залишається вартість обладнання, часто недоступна для більшості дрібних виробників. У зв'язку з цим видається цілком виправданим виробництво вітчизняних змішувачів, доступних за ціною.

1.2 Аналіз способів і засобів змішування концентрованих кормів

Сучасні раціони годівлі сільськогосподарських тварин з одного боку повинні бути висококалорійними і насиченими поживними речовинами, а з іншого боку не повинні викликати захворювань тварин. Тому передбачено виробництво концентрованих кормів як в рідкому і напіврідкому стані, так і в тістоподібному і сухому розсипчастою. Безумовно, що в даний час випускаються змішувачі для кожного виду корму, є також ряд універсальних пристроїв. З позицій виробництва найбільш технологічним видом концентрованих кормів є сухі розсипчасті концентровані корми, так як вони мають ряд переваг:

- кормосуміш може тривалий час зберігатися без псування;
- можливо, використовувати різні по щільності компоненти;
- приготування корм володіє високими технологічними властивостями.

Для здійснення змішування необхідне застосування широкого спектра машин і устаткування, основними з яких є: бункери-накопичувачі, дозатори, подрібнювачі, змішувачі, гранулятори, сушильні установки, охолоджувачі, транспортери. Особливу увагу слід приділити змішувачам, так як якість змішування компонентів впливає не тільки на кінцевий продукт, а й на витрати при приготуванні. В даний час не всі застосовувані конструкції змішувачів

кормів дозволяють готувати кормосуміші, які в повній мірі задовольняють зоотехнічним вимогам. Це пов'язано з великою кількістю чинників, що впливають на якість змішування сипучих компонентів і однорідність суміші в цілому. Також на ринку машин для кормоприготування затребувані машини і обладнання з високим рівнем енергоефективності, низькою металоємністю і вартістю експлуатаційних витрат. У зв'язку з цим проведено огляд та аналіз сучасних змішувачів за типом робочого органу. Далі розглянемо лопатеві, спіральні, шнекові змішувачі, як найбільш часто використовувані в процесі приготування корму.

Дозатор-змішувач сипучих матеріалів (рис. 1.1).

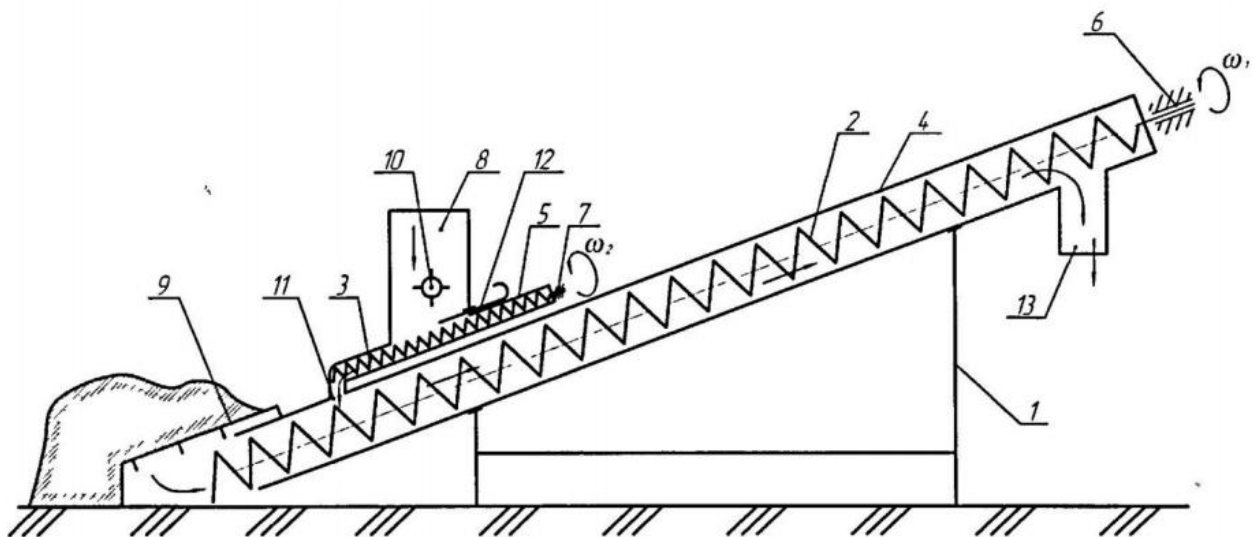


Рисунок 1.6 - Дозатор-змішувач сипучих матеріалів: 1 – рама; 2 - робочий орган більшого діаметра; 3 - робочий орган меншого діаметру; 4,5 – кожухи; 6,7 – приводи; 8 – бункер; 9 - захисна решітка; 10 – ворушилка; 11 – патрубок; 12 - заслінка; 13 - вивантажне вікно

Дозатор-змішувач сипучих матеріалів включає встановлені на рамі 1 робочі органи 2 і 3, виконані у вигляді встановлених співвісно відповідно в ко-

жухах 4 і 5 спіральних гвинтів різного діаметра, приводи 6 і 7, а також бункер 8. Один з робочих органів розміщений зі зміщенням по висоті щодо іншого, причому робочий орган 3 з меншим діаметром встановлений над кожухом 4 робочого органу 2 більшого діаметра. Робочий орган 2 більшого діаметра з одного кінця виконаний виступаючим за зовнішні краї кожуха 4 і оснащений захисною решіткою 9, а в бункері 8 для сипких матеріалів встановлена ворушилка 10. Робочий орган меншого діаметра забезпечений патрубком 11, вихідний отвір якого розташований в кожусі робочого органу більшого діаметра за захисною решіткою.

Привід робочого органу меншого діаметра виконано з можливістю регулювання частоти обертання. Робочий орган меншого діаметра розташований під бункером. У бункері встановлена заслінка 12. Кожух забезпечений вивантажним вікном 13. Дозатор-змішувач сипких матеріалів працює наступним чином. Залежно від виду сипкого матеріалу, що завантажується в бункер, регулюють частоту приводу 7 і включають приводи робочих органів. Потім поміщають забірну частину основного робочого органу в насип сипкого матеріалу і відкривають заслінку 12 бункера 8.

Дозована порція сипучого матеріалу з бункера захоплюється витками малого спірального гвинта і висипається з вихідного отвору патрубка на забірну частину основного робочого органу. Сипкий матеріал, що пройшов через захисну решітку і матеріали, що надійшли з вихідного отвору патрубка, захоплюються витками основного робочого органу і переміщаються ним уздовж кожуха до вивантажувального вікна. При цьому сипкі матеріали інтенсивно переміщуються основним спіральним гвинтом.

До недоліку дозатора-змішувача можна віднести наявність окремих приводів на малий, великий спіральні гвинти та ворушилки, що збільшує енергоємність агрегату. Також обмежені можливості по зміні результативності змішувача. Наступна конструкція дозатора-змішувача, представлена на рис. 1.8.

Дозатор-змішувач містить циліндричний кожух 1, спіраль 2, опори 3. Змішувач має приймальне вікно 4, приводний шків 5, на ступиці якого зовні закріплена спіраль 2, вкладиш 6, зафіксований нерухомо щодо корпусу і вільно сидить всередині маточини приводного шківка, видатковий бункер 7 з перегородкою 8. Перегородка встановлена в площині вільного торця циліндричного вкладиша таким чином, що обріз її фігурної виїмки співпадає з проекцією лінії внутрішнього перетину кожуха на площину його поперечного перерізу.

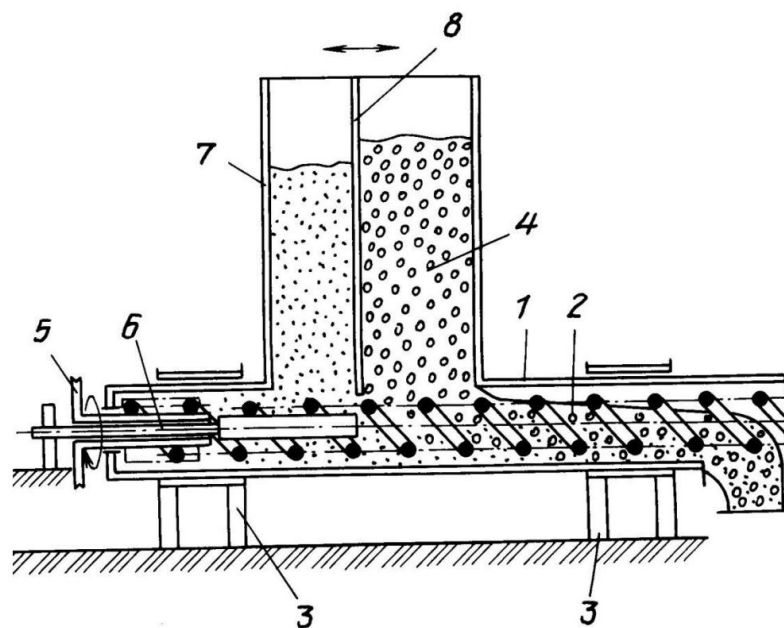


Рисунок 1.2 – Дозатор-змішувач: 1 - циліндричний кожух; 2 – спіраль; 3 – опори; 4 - приймальне вікно; 5 - приводний шків; 6 – вкладиш; 7 – бункер; 8 – перегородка

Пристрій діє таким чином. Засипані в відсіку бункера компоненти суміші самопливом через приймальне вікно 4 кожуха надходять на обертову спіраль і захоплюються уздовж кожуха. При цьому під першим відсіком бункера, всередині спіралі, циліндричним вкладишем резервується об'єм для наступного компонента відповідно з об'ємним співвідношенням його в суміші.

Перший компонент захоплюється спіраллю і витісняється у відповідності з дозою за межі першого відсіку бункера. При цьому нерухомий вкладиш сприяє повному спорожненню об'ємної частки першого компонента за рахунок взаємної рухливості поверхонь спіралі і вкладиша. Під другим відсіком бункера перший компонент суміші змішується з другим і транспортується до вивантажувального вікна змішувача.

Недоліками дозатора-змішувача є вузький діапазон регулювання продуктивності агрегату і можливість злежування і склепіння утворення компонентів суміші в горловині та бункері.

Наступний змішувач-конвеєр сухих концентрованих кормів безперервної дії приведено на рис. 1.3.

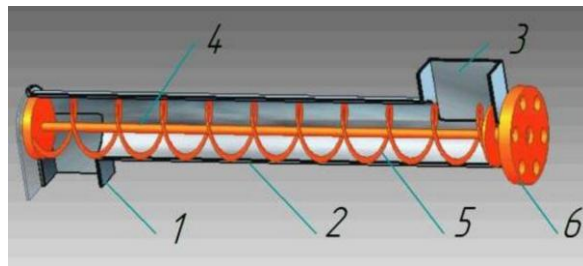


Рисунок 1.3 - Змішувач-конвеєр: 1 - вивантажний лоток; 2 – кожух; 3 - завантажувальна воронка; 4 – вал; 5 – спіраль; 6 - привід

Змішувач являє собою спіраль-гвинтовий конвеєр (шнек), що складається з кожуха 2, завантажувальної воронки 3, вивантажувального лотка 1, приводу 6, пруткової спіралі 5 робочого органу. Усередині кожуха на підшипниках встановлено робочий орган, що представляє собою вал 4 з гвинтовою спіраллю 5 з металевих прутів. Компоненти суміші надходять в завантажувальну воронку 3 змішувача-конвеєра безперервної дії матеріал (компоненти суміші) захоплюється прутковою спіраллю 5 однозаходного гвинта шнека і розганяється в напрямку вивантажувального лотка 1.

У процесі транспортування матеріалу перемішуються компоненти суміші за рахунок впливу на них пруткової спіралі 5. При надходженні суміші в зону вивантажного лотка 1 здійснюється її вивантаження під дією гравітації. Дана конструкція конвеєра-змішувача звужує діапазон регулювань продуктивності, а застосування осьового стрижня знижує продуктивність, також можливо зависання в завантажувальній горловині компонентів суміші, які здатні до злежування.

Розглянемо змішувач, розроблений в Гомельському політехнічному інституті, основним робочим органом якого є спіраль, яка здійснює складне просторове переміщення. Змішувач представлений на рис. 1.4.

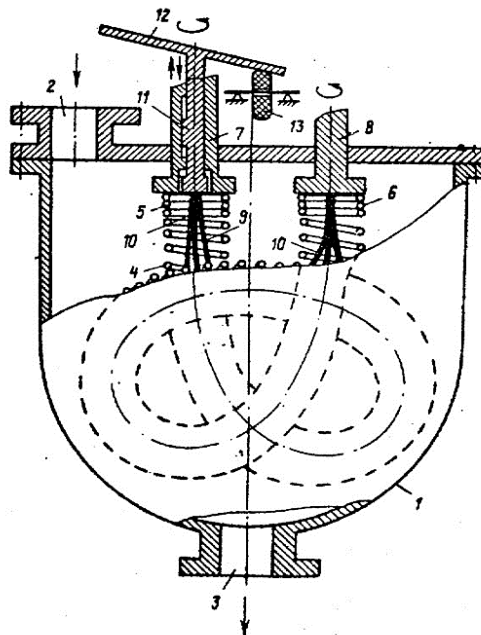


Рисунок 1.4 – Змішувач: 1 – корпус; 2 - завантажувальний патрубок; 3 - розвантажувальний патрубок; 4 - робочий орган; 5,6 - кінці спіралі; 7 - основний вал; 8 - додатковий вал; 9 - пружні елементи; 10 – пакет; 11 - допоміжний вал; 12 - обмежувальний диск; 13 – ролик

Змішувач містить корпус 1 з завантажувальним 2 і розвантажувальним 3

патрубками, робочий орган 4, виконаний у вигляді тороїдальної спіралі, кінці 5 і 6 якої жорстко закріплені по периферії торців основного 7 і додаткового 8 валів, пов'язаних з приводами обертання.

Робочий орган 4 забезпечений вільно розміщеними в ньому пружними елементами 9, кінці яких з'єднані з валами 7 і 8. Вал 7 оснащений механізмом переміщення пружних елементів 9 уздовж його осі. Механізм вертикального переміщення кінців пружних елементів 9, зібраних в пакет 10, утворений розміщеним в валу 7 допоміжним валом 11, що має можливість вертикального переміщення в ньому і обертання спільно з ним. Вертикальне переміщення вала 11 забезпечується його шпонковим з'єднанням з валом 7, встановленим на його кінці обмежувальним диском 12 і роликом 13, на який спирається останній.

Пристрій працює наступним чином. Матеріали, що підлягають змішуванню подаються через патрубок 2 всередину корпусу 1. Одночасно приводиться в обертання, наприклад, в одному напрямку вали 7 і 8 і ролик 13. Останній при взаємодії поверхні встановленого на його кінці диска 12 з поверхнею ролика 13 здійснює зворотно-поступальне переміщення уздовж вертикальної осі. Разом з ним роблять таке переміщення і кінці пружних елементів 9, викликаючи періодичну зміну відстані між витками спірального робочого органу 4. Взаємодіючи з матеріалами, робочий орган 4 і пружні елементи 9 викликають утворення підвищеної кількості різноспрямованих потоків матеріалів як в об'ємі корпусу 1, так і у внутрішній порожнині спірального робочого органу 4.

Недоліком даного способу є вузькоспрямованість, лише для матеріалів, які мають високу сипучість.

Наступний приклад змішувача (рис. 1.5) містить корпус 1 з завантажувальним 2 і розвантажувальним патрубками. Пристрій складається з тих, що піднімають матеріал елементів: спірального 3, вертикально встановленого на

приводному валу 4, і встановленого паралельно утворюючої корпусу змішувача шнека 5, прикріпленого до центрального валу за допомогою опорної п'яти 6 і водила 7. Водило 7 виконано телескопічно підпружиненим з можливістю регулювання зусилля стиснення пружини (наприклад, за допомогою гайки 8).

З'єднання водила 7 з опорною втулкою 9 шнека 5 і опорною п'ятою 6 виконано за допомогою плоских шарнірів 10 і 11, що дозволяє шнеку 5 відхилятися в площині приводного вала 4. На верхньому хвостовику шнека 5 встановлено опорне колесо 12. Опорне колесо може переміщатися уздовж осі шнека за допомогою гвинта 13 по шпонці 14.

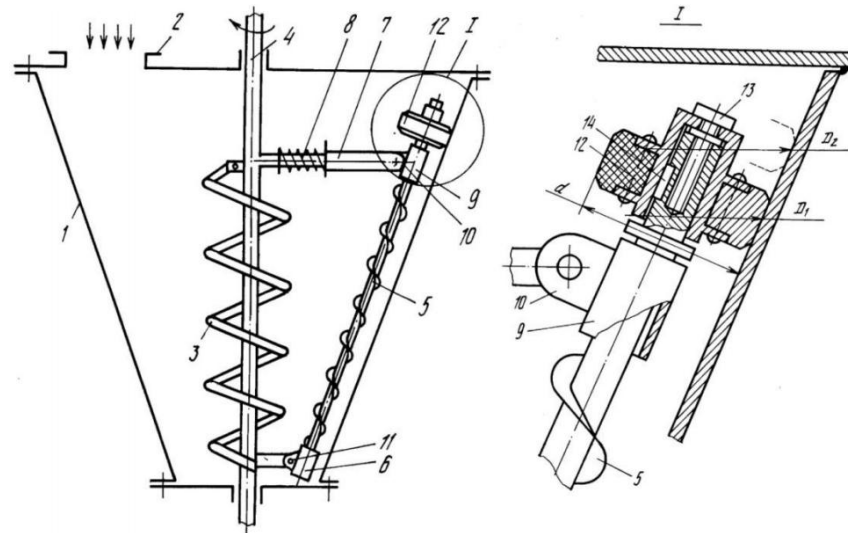


Рисунок 1.5 – Змішувач: 1 – корпус; 2 - завантажувальний і розвантажувальний патрубок; 3 - спіральний елемент; 4 - приводний вал; 5 – шнек; 6 - опорна п'ята; 7 – водило; 8 – гайка; 9 - опорна втулка; 10, 11 - плоскі шарніри; 12 - опорне колесо; 13 – гвинт; 14 – шпонка

Змішувач працює наступним чином. Відведені за об'ємом або масою компоненти засипають в змішувач через завантажувальний патрубок. Завантаження компонентів здійснюють при працюючому змішувачі. Обертовий спіральний елемент піднімає матеріал, постійно його збурюючи. Приводний

вал за допомогою водила захоплює в рух шнек. При цьому опорне колесо, перекочуючись по внутрішній поверхні корпусу змішувача, призводить шнек в обертання навколо власної осі. Таким чином, шнек здійснює складний рух: навколо своєї осі відносний і планетарно навколо осі корпусу переносний.

Спільна дія шнека і спірального елемента створює численні потоки матеріалу, що підвищує інтенсивність змішування. Шляхом переміщення колеса уздовж осі шнека за допомогою гвинта 13 змінюється частота обертання шнека при постійній частоті приводного вала, що дозволяє проводити регулювання в залежності від виду матеріалу, його кута природного укосу, гранулометричного складу. 31 До недоліків змішувача можна віднести складність виконання його конструкції. Також пристрій цього змішувача передбачає періодичне завантаження і вивантаження матеріалу, тому його не можна використовуватися в лініях з безперервного приготування кормів.

Сьогодні промисловість поставляє на ринок широкий вибір змішувачів для різних видів матеріалів. Розглянемо деякі з них з гвинтовими робочими органами.

Компанія Shanghai Shenyin Machinery Group Co пропонує змішувач серії VSH, представлений на рис. 1.6.

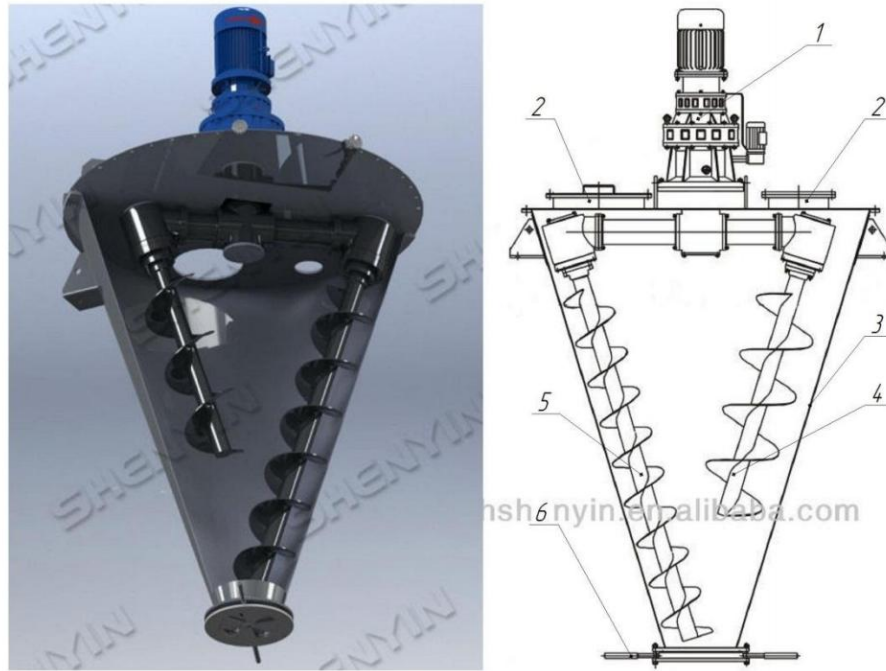


Рисунок 1.6 - Змішувач серії VSH: 1 – привід; 2 - завантажувальна горловина; 3 - корпус змішувача; 4 - короткий шнек; 5 - довгий шнек; 6 - вивантажна горловина

Змішувач складається з корпусу 3, на якому встановлений привід 1 двох шнеків: короткого 4 і довгого 5, причому крок довгого частіше, а діаметр менше. Також шнеки можуть виготовлятися одного діаметра і кроку. У верхній частині корпусу розташовані дві завантажувальні горловини 2, а в вершині конуса - вивантажна горловина 6.

Під час роботи змішувача довгий і короткий шнеки обертаються навколо своєї осі в одному напрямку, а також здійснюють обертальний рух навколо осі приводу в протилежному. Залежно від призначення змішувача корпус і основні робочі органи можуть виконуватися або з вуглецевої, або з нержавіючої сталі.

Недоліком даного змішувача є висока металоємність, складне виконання приводу робочих органів, наявність двох електродвигунів. Також даний змішувач можна використовуватися в лініях по безперервному приготуванню кормів, так як робота змішувача передбачає періодичне завантаження і виванта-

ження.

Проаналізувавши вищевикладені конструкції змішувачів, слід зазначити, що для змішування комбікормів раціональним є застосування спіральних змішувачів. Це забезпечить високу однорідність суміші при мінімальних енерговитратах. Загальним недоліком представлених змішувачів є велика металоємність і складність конструкції. Крім того циклічність роботи змішувачів негативно позначається на потенційній продуктивності, тому найбільш перспективними є змішувачі безперервної дії. Можна зробити висновок, що важко знайти універсальний змішувач, який дозволяв би готувати корм з великого числа компонентів з високою однорідністю готової суміші при низькій питомій потужності.

1.3 Аналіз виконаних досліджень з проблеми переміщення та змішування кормів

Процесу переміщення і змішування матеріалу гвинтовими робочими органами присвячена велика кількість робіт, але дані процеси до сих пір не до кінця вивчені.

Мінімальна продуктивність Q_{min} , кг/с, стрічкового шнека

$$Q_{min} = 0,25 \cdot 3,14 \cdot (D^2 - d^2) \cdot \omega \cdot r_c \cdot \rho \cdot \psi \cdot \sin \alpha_c \cdot (\cos \alpha_c - f \cdot \sin \alpha_c), \quad (1.1)$$

де D - діаметр змішуючого робочого органу, м;

d - внутрішній діаметр робочого органу, м;

ω - кутова швидкість робочого органу, м/с,

r_c - середній радіус стрічкового шнека, м;

ρ - середня щільність купи компонентів суміші, кг/м³;

ψ - коефіцієнт заповнення ємності;

α_c - середній кут розгортки гвинта, рад.;

f - коефіцієнт тертя суміші по шнеку.

Максимальна продуктивність Q_{max} , кг/с, стрічкового шнека

$$Q_{max} = 3,14 \cdot (D^2 - d^2) \cdot n \cdot S \cdot \rho \cdot \psi, \quad (1.2)$$

де n - частота обертання шнека, c^{-1} ;

S - крок навивки, м.

Кратність циркуляції $K_{ц}$, за прийнятий час змішування

$$K_{ц} = \frac{t_c}{t_{1b}}, \quad (1.3)$$

де t_c - тривалість змішування компонентів суміші, 480..900 с.

t_{1b} - час однократного впливу, с.

Продуктивність Q_{cm} , кг/с, змішувача

$$Q_{cm} = V \cdot \rho \cdot \frac{\psi}{t_{ц}}, \quad (1.4)$$

де V - об'єм бункера, m^3 .

Потужність N_{cm} , кВт, приводу

$$N_{cm} = \frac{0,01 \cdot \psi}{0,25 \cdot \eta} \cdot K \cdot Q_{max} \cdot L, \quad (1.5)$$

де η - ККД приводу;

K - приведений коефіцієнт опору руху корму щодо стрічки шнека;

L - довжина змішувача, м.

Потужність N_3 , кВт, витрачена на привід шнека

$$N_3 = Q \cdot H \left[1 + \mu_1 \frac{\cos \beta \cdot \cos \varphi_1}{\cos(\alpha + \beta + \varphi_1) \cdot \sin \alpha} + \frac{\pi^2 \cdot n^2}{g} \cdot \frac{D \cdot \mu_2}{8} \cdot \left(\frac{n_k}{n} \right)^2 \cdot \sqrt{1 + \frac{1}{\left(\frac{n}{n_k - 1} \right)^2 \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha}} \right], \quad (1.6)$$

де Q - продуктивність шнека, кг/с;

H - висота транспортування, м;

μ_1 - коефіцієнт тертя по поверхні шнека;

φ_1 - кут тертя ковзання між матеріалом і матеріалом гвинта;

α - кут підйому периферійної гвинтової лінії транспортує гвинта,

n - робоче число оборотів шнека, с^{-1} ;

D - діаметр шнека, м;

n_k - критичне число обертів шнека, с^{-1} ;

μ_2 - коефіцієнт тертя елемента матеріалу по поверхні труби.

Продуктивність Q , кг/с, вертикального гвинтового транспортера

$$Q = S \cdot n \cdot \gamma \cdot \psi \left[\frac{R_0^2 - r^2}{2} - c^2 - \frac{m \cdot c \cdot R_0 \cdot r}{(c^2 + R_0 \cdot r)} (R_0 - r) \right] \quad (1.7)$$

де S - крок гвинта, м;

n - робоче число оборотів шнека, c^{-1} ;

γ - об'ємна маса матеріалу, $кг/м^3$;

ψ - коефіцієнт наповнення;

R_0 - радіус зовнішньої кромки гвинта, м;

r - радіус внутрішньої кромки гвинта (радіус валу), м;

c - частина кроку гвинтової поверхні шнека, яка припадає на один радіан повороту утворюючої, м.

В огляді методів розрахунку гвинтових конвеєрів пропонується визначати продуктивність Q , т/год, гвинтового конвеєра за формулою:

$$Q = 47D^2 \cdot \psi \cdot S \cdot n \cdot \gamma_0 \cdot c \quad (1.8)$$

де D - діаметр гвинта, м;

ψ - коефіцієнт наповнення жолоби;

S - крок гвинта, м;

n - число обертів гвинта, об/хв;

γ_0 - об'ємна вага, $т/м^3$;

c - коефіцієнт, що враховує вплив кута нахилу осі шнека до горизонту на його продуктивність.

Потужність N , кВт, приводу спірального транспортера можна обчислити відповідно до виразу

$$N = \eta_s \cdot \eta_m \cdot \frac{W \cdot L \cdot \omega^{\Pi}}{367} + \frac{W \cdot H}{367}, \quad (1.9)$$

де ω^{Π} - емпіричний коефіцієнт опору переміщенню (5,5 ... 18,0);

η_s - коефіцієнт запасу потужності при пуску спіралі під навантаженням

(1,3 ... 2,2);

η_m - коефіцієнт корисної дії передачі від двигуна до приводного валу;

L - довжина транспортування, м;

W - продуктивність транспортера, т/год;

H - висота підйому матеріалу, що транспортується, м.

Продуктивність Q , т/год, швидкохідного спірально-гвинтового транспортера можна обчислити за формулою:

$$Q = 3600 k_n \cdot \frac{\pi}{4} \left(D^2 - \frac{\delta^2}{\sin \alpha} \right) \frac{\pi n}{30} \cdot R \frac{\sin \beta}{\sin (\beta + \alpha)} \cdot \gamma, \quad (1.10)$$

де D - внутрішній діаметр кожуха, м;

k_n - коефіцієнт продуктивності, тобто число рівне або менше одиниці, що показує ту частину робочої площі поперечного перерізу кожуха, в якій умовно переміщується весь матеріал із середньою осьовою швидкістю;

δ - діаметр дроту, м;

α - кут нахилу гвинтової лінії (α де S - крок пружини, м);

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

R - радіус кожуха, м;

β - кутовий параметр;

γ - об'ємна вага, кг/м^3 .

Для гнучкого шнека рекомендують визначати продуктивність Q , т/год за формулою:

$$Q = K_w F_k v_{ZCM} \rho, \quad (1.11)$$

де K_w - коефіцієнт продуктивності,

F_k - площа поперечного перерізу кожуха, м^2 ;

v_{ZCM} - середня осьова швидкість транспортованої маси матеріалу, м/с;

ρ - щільність матеріалу, що транспортується, т/м³.

Для випадку транспортування порошкоподібних і дрібнозернистих матеріалів рекомендують формулу визначення продуктивності Q , т/год, гнучкого шнека:

$$Q = \frac{150n_g \cdot d^2}{D_k \cdot \left(\frac{D_k^2 - \delta^2}{\sin \alpha} \right) \cdot \sin \alpha_k \frac{\cos(\alpha_k + \varphi) \beta}{\cos \varphi}} \quad (1.12)$$

де n в - частота обертання транспортує спіралі, хв⁻¹;

d - зовнішній діаметр спіралі, м;

D_k - діаметр гнучкого кожуха, м;

δ - діаметр дроту, м;

β - кутовий параметр;

α - кут нахилу гвинтової лінії до осі пружини;

α_k - робочий кут нахилу гвинтової лінії до осі кожуха;

φ - кут тертя ковзання матеріалу по спіралі.

Продуктивність Q , т/год, горизонтального гнучкого шнека:

$$Q = 150 \frac{n_g \cdot d^2}{D_k} \cdot \left(D_k^2 - \frac{\delta^2}{\sin \alpha} \right) \cdot \operatorname{tg} \alpha_k \cdot \rho, \quad (1.13)$$

де n в - частота обертання транспортує спіралі, хв⁻¹;

d - зовнішній діаметр спіралі, м;

D_k - діаметр гнучкого кожуха, м;

δ - діаметр дроту, м;

α - кут нахилу гвинтової лінії до осі пружини;

α_k - робочий кут нахилу гвинтової лінії до осі кожуха;

φ - кут тертя ковзання матеріалу по спіралі;

ρ - щільність матеріалу, що транспортується, т/м³.

Для визначення продуктивності Q , т/год, гнучкого шнека в разі складної просторової використовують вираз:

$$Q = 35 \cdot d^2 \cdot S \cdot n_\kappa \cdot \rho, \quad (1.14)$$

де n_κ - частота обертання спіралі, хв⁻¹;

d - зовнішній діаметр спіралі, м;

S - крок гвинта, м;

ρ - щільність матеріалу, що транспортується, т/м³.

Ісаєв М.Ю. пропонує теорію розрахунку спірального гвинтового транспортера в циліндричній системі координат. Диференціальні рівняння руху матеріальної точки в проекціях на осі координат (за умови $N_2 > 0$):

$$\begin{cases} m(\ddot{r} - r\dot{\varphi}) = mg \cos \gamma - N_2 + N_1 \sin \theta \\ m(2\dot{r}\dot{\varphi} + r\ddot{\varphi}) = N_1 \sin \alpha \cos \theta + f_1 N_1 \cos \alpha - mg \sin \gamma \cos \lambda - f_2 N_2 \frac{r\dot{\varphi}}{\sqrt{\dot{z}^2 + r^2\dot{\varphi}^2}} \frac{\pi}{4} \\ m\ddot{z} = N_1 \cos \alpha \cos \theta - f_1 N_1 \sin \alpha - mg \sin \gamma \sin \lambda - f_2 N_2 \frac{\dot{z}}{\sqrt{\dot{z}^2 + r^2\dot{\varphi}^2}} \end{cases} \quad (1.15)$$

де $\alpha = \text{const}$ - кут нахилу гвинтової лінії спірального гвинта до площини поперечного перерізу спірального гвинта;

m - маса частинки, кг;

r - внутрішній радіус циліндричного кожуха, м;

N_1 - нормальна реакція поверхні дротяного витка спірального гвинта;

$f_1 N_1$ - сила тертя частинки об поверхню дротяного витка спірального

гвинта;

N_2 - нормальна реакція поверхні труби транспортера;

$f_2 N_2$ - сила тертя частинки об поверхню труби;

γ - кут найбільшого скату площині дотичній до твірної труби, що проходить через рухому точку;

λ - кут між напрямком складової сили тяжіння по лінії найбільшого скату і напрямком осі;

φ - кут затягування частки по поверхні труби в напрямку, перпендикулярному до осі спірального гвинта.

В результаті рішення поставленої задачі автором було отримано два диференціальних рівняння, що описують рух частинки матеріалу по поверхні труби спірально-гвинтового транспортера, які не вирішуються аналітичним шляхом.

При цьому рух частинки матеріалу не дає об'єктивної картини руху транспортуємої маси.

$$\ddot{\varphi} = \frac{f_1(g \cos \varphi + r\dot{\alpha}^2) \left(B(\varphi) \frac{U(\varphi)}{V(\varphi)} - A(\varphi) \right) - g \sin \varphi}{\left(1 + tg\alpha \frac{U(\varphi)}{V(\varphi)} \right)} \quad (1.16)$$

Якщо транспортер розташований горизонтально, тобто кут нахилу твірної труби транспортера до горизонту $\delta = 0$, то вираз набуває вигляду:

$$\ddot{\varphi} = \frac{f_1 r \dot{\alpha}^2 \left(B(\varphi) \frac{U(\varphi)}{V(\varphi)} - A(\varphi) \right) + g \frac{U(\varphi)}{V(\varphi)}}{\left(1 + tg\alpha \frac{U(\varphi)}{V(\varphi)} \right)} \quad (1.17)$$

Важливим оціночним критерієм процесу змішування є оцінка однорідності суміші. Кількісною характеристикою завершеності процесу змішування є ступінь однорідності суміші, що представляє собою масове відношення вмісту контрольного компонента в аналізованій пробі до вмісту того ж компонента в ідеальній суміші, виражене у відсотках або частках одиниці.

Мельниковим С.В. в навчальному посібнику викладено методи визначення ступеня однорідності суміші. Для визначення ступеня однорідності θ , на основі аналізу взятих проб застосовують наступну формулу:

$$\left. \begin{aligned} \text{при } B_t < B_0 \rightarrow \theta &= \sum \left(\frac{B_t}{B_0} \right) / n \\ \text{при } B_t > B_0 \rightarrow \theta &= \sum \left(\frac{2B_0 - B_t}{B_0} \right) / n \end{aligned} \right\}, \quad (1.18)$$

де n - число проб;

B_t - частка меншого компонента в пробі;

B_0 - частка меншого компонента в ідеальній суміші.

У комбікормовій промисловості про однорідність суміші судять за коефіцієнтом варіації. Стосовно до позначень попередньої формули ступінь однорідності θ , буде:

$$\theta = \frac{100}{B_t} \sqrt{\frac{\sum (B_t - B_0)^2}{n-1}}. \quad (1.19)$$

Якщо дійсне (чи задане розрахунком) середній вміст досліджуваного компонента в суміші позначити через p , то формули для середньоквадратичних відхилень теоретичного σ_T і емпіричного σ_e розподілів отримують вид:

$$\sigma_m = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - p)^2}{n-1}},$$

$$\sigma_m = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}},$$
(1.20)

де x_i - утримання компонента в i -ой пробі;

\bar{x} - середнє арифметичний вміст того ж компонента.

Про ступінь однорідності суміші, θ_σ також можна судити по відношенню середньоквадратичних відхилень:

$$\theta_\sigma = \frac{\sigma_m}{\sigma_s}$$
(1.21)

Розкид теоретичного розподілу (σ_T) завжди менше, ніж у емпіричного, і тому значення θ_σ змінюється від 0 до 1. З огляду на те, що в ідеальній суміші, за величиною θ_σ можна судити і про ступінь завершеності процесу змішування.

Проаналізувавши вищевикладені результати теоретичних досліджень, слід зазначити, що питання змішування і переміщення кормів гвинтовими робочими органами недостатньо вивчений. При цьому не існує єдиного критерію, що дозволяє оцінити якість змішування матеріалу. У зв'язку з цим необхідно більш глибоко і детально вивчити питання ефективного і раціонального приготування комбикормів.

1.4 Висновки

З зоотехнічної точки зору важливо не тільки ввести до складу кормосуміші передбачені раціоном компоненти в необхідному кількості, але і необхідно рівномірно розподілити їх у всьому об'ємі суміші. Однорідність суміші забезпечує однакову поживну цінність корму у всіх частинах його об'єму. Використання для годівлі тварин неоднорідних за своїм складом сумішей значно знижує їх продуктивну дію. Нерівномірний розподіл компонентів в суміші може привести до передозування, і що не виключено, до захворювань і навіть загибелі тварин і птиці.

Сучасні раціони годівлі сільськогосподарських тварин передбачають використання концентрованих кормів в раціоні ВРХ до 30%, при вирощуванні свиней до 95%, а у птиці до 100%. Велика увага приділяється збалансованості готових кормосумішей, так як отримання кормів, що включають весь спектр необхідних для тварин поживних речовин, забезпечує збільшення їх продуктивності на 10 ... 15%. Як наслідок, знижуються виробничі витрати, збільшується рентабельність виробництва.

2 Теоретичне обґрунтування параметрів змішувача комбікормів

2.1 Конструктивно-технологічна схема спірального змішувача з гнучким робочим органом

Перевагами змішування в потоці є вища продуктивність змішування, можливість без зупинки змінювати склад раціону, зменшена матеріалоємність. При цьому суттєвим недоліком існуючих потокових змішувачів є низька однорідність змішування.

Для вирішення даної проблеми змішування, була розроблена конструкція спірального змішувача, яка дозволила отримати високу ступінь однорідності при знижених енерговитратах. Схема змішувача представлена на рис. 2.1.

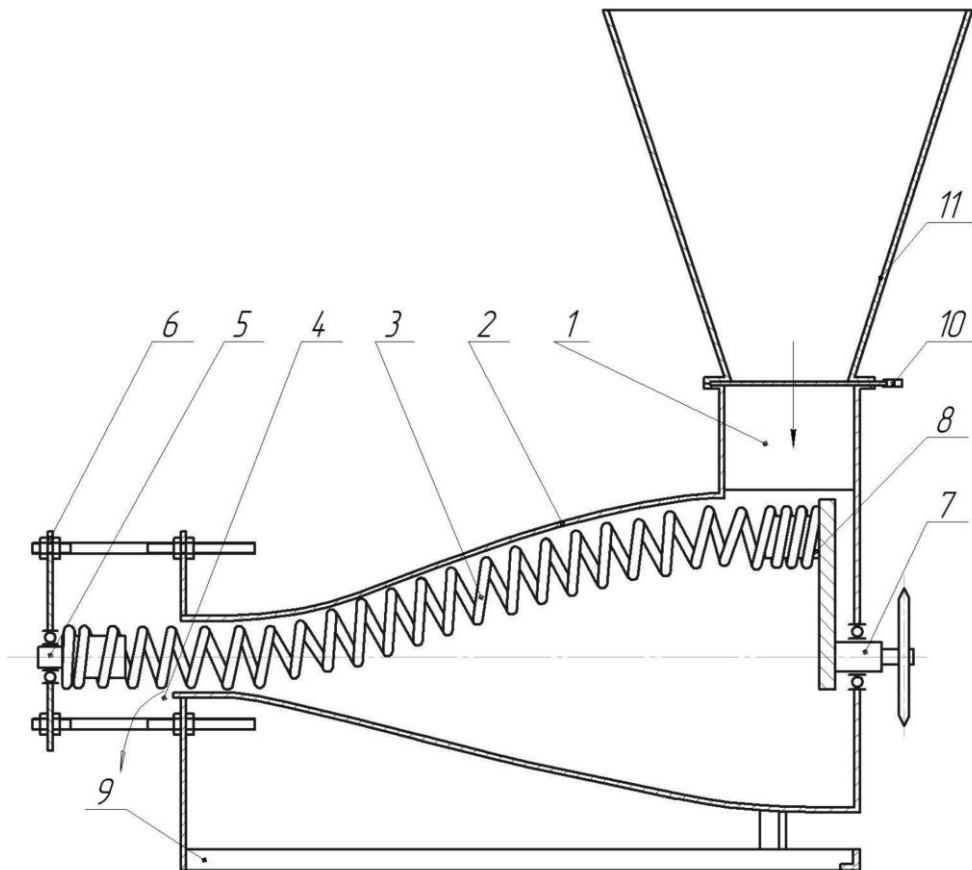


Рисунок 2.1 - Схема спірального змішувача

Спіральний змішувач має наступну конструкцію. Конічний корпус 2 змонтований на зварений рамі 9, має вивантажувальне вікно 4 і завантажувальну горловину 1. На завантажувальній горловині встановлений бункер-накопичувач 11 з заслінкою 10. У корпусі змішувача встановлена циліндрична спіраль 3 на ексцентрики 8 і веденій цапфі 5. Обертання спіралі здійснюється від приводу, наприклад, мотором-редуктором (привід на схемі не показаний).

Ексцентрик 8 встановлений на ведучій цапфі 7 і може зміщуватися в напрямку перпендикулярній осі ведучої цапфи, зменшуючи або збільшуючи ексцентриситет. Ведена цапфа встановлена в механізмі зміни подачі 6, за допомогою якого може переміщатися в напрямку, паралельному осі змішувача.

Спіральний змішувач працює наступним чином. У бункер-накопичувач 11 завантажуються компоненти корму. Дозування компонентів здійснюють за

допомогою заслінки 10 через завантажувальний горловину 1 в корпус змішувача 2. Мотор-редуктор передає крутний момент на привідну цапфу 7, на якій встановлений ексцентрик 8. Спіраль 3 змішувача обертається навколо своєї осі, при цьому її кінець, закріплений на ексцентрики 8, здійснює циклічні кругові рухи, за рахунок яких відбувається змішування корму.

Спіраль, обертаючись навколо своєї осі, працює як транспортер, переміщуючи компоненти корму до вивантажувального вікна 4, при цьому викликає зсув шарів корму, що покращує якість змішування. Робочий орган змішувача виконаний у вигляді обертової гнучкої спіралі з метою запобігання завісання компонентів корму у вхідній горловині та вивантажувальному вікні. Таким чином, спіраль дозволяє безперервно подавати компоненти корму, забезпечуючи безперебійну роботу агрегату.

Зміна подачі компонентів корму змішувачем здійснюється за рахунок переміщення в горизонтальній площині ведучої цапфи. При цьому змінюються довжина і крок витків спіралі. При збільшенні кроку витків спіралі збільшується подача спірального змішувача. Механізм зміни подачі 6 дозволяє точно регулювати продуктивність змішувача.

Пропонована конструкція спірального змішувача дозволить отримувати корм з високим ступенем однорідності суміші за рахунок застосування гнучкого спірального робочого органу, один з кінців якого закріплений на ексцентрики, при зниженні енерговитрат.

2.2 Рівняння гвинтової поверхні (поверхні спіралі)

Розглянемо гвинтову лінію, задану в параметричному вигляді рівняннями

$$x = a \cdot \sin v, \quad (2.1)$$

$$y=b \cdot \cos v, \quad (2.2)$$

$$z=b \cdot v, \quad (2.3)$$

де $a > 0$ і $b > 0$ - довільні, але фіксовані числа. Покажемо, що ця лінія являє собою спіраль з кроком s :

$$s=2\pi b, \quad (2.4)$$

закручену по циліндру $x^2 + y^2 = a^2$ вліво (тобто проти годинникової стрілки, якщо дивитися вздовж осі Oz ; рис. 2.1).

Спочатку побудуємо на площині xOy лінію, задану в параметричному вигляді рівняннями (2.1) і (2.2).

$$x=a \cdot \sin v$$

$$(-\infty < v < \infty),$$

$$y=a \cdot \cos v$$

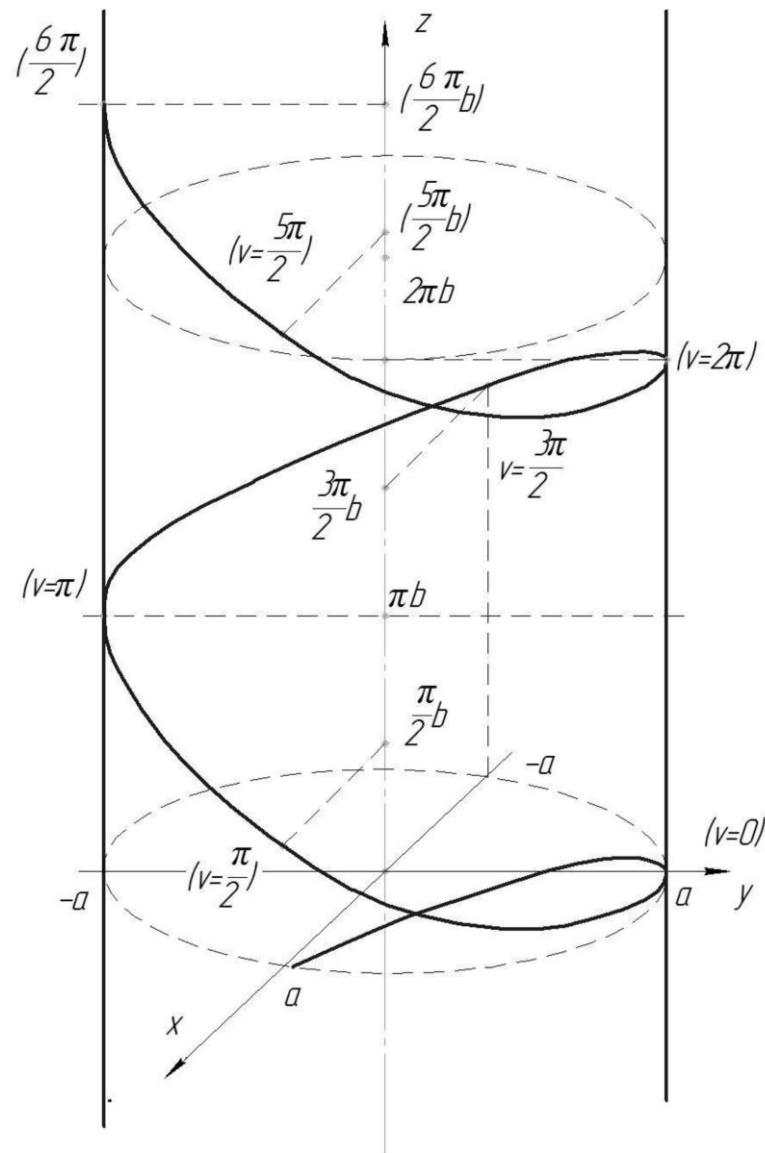


Рисунок 2.2 - Гвинтова лінія (спіраль)

Так як, $[x(v)]^2 + [y(v)]^2 = a^2 \sin^2 v + a^2 \cos^2 v = a^2$, то точка з координатами $(a \cdot \sin v; a \cdot \cos v)$ лежить на колі $x^2 + y^2 = a^2$; дослідження залежностей $x(v) = a \cdot \sin v$ (рис. 2.3) і $y(v) = a \cdot \cos v$ (рис. 2.4) показує, що при $0 \leq v < 2\pi$ коло пробігається все, причому за годинниковою стрілкою (див. рис. 2.5)

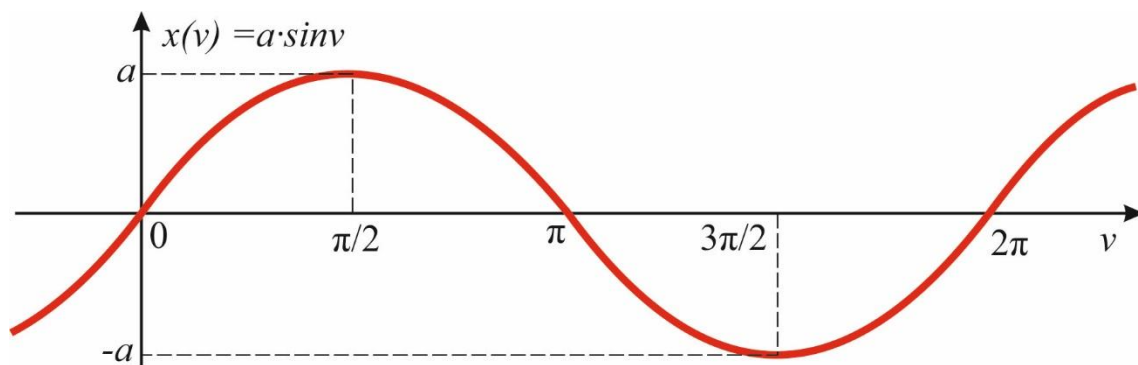


Рисунок 2.3 - Графік залежності $x(v) = a \cdot \sin v$

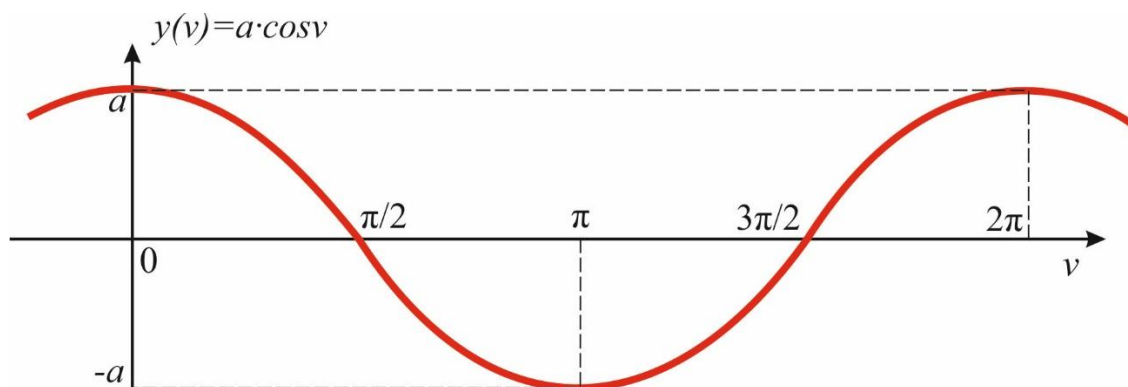


Рисунок 2.4 - Графік залежності $y(v) = a \cdot \cos v$

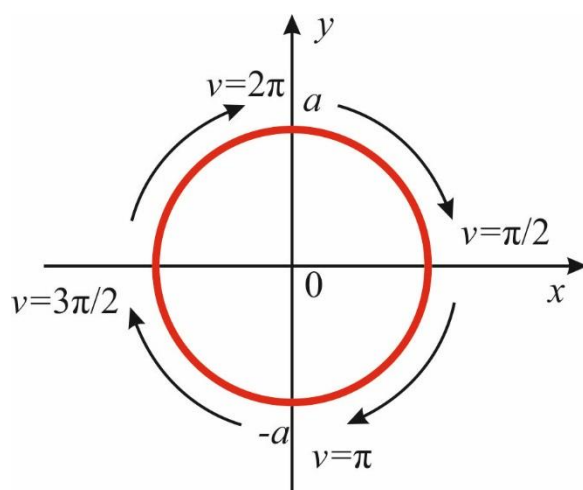


Рисунок 2.5 - Лінія, задана в параметричному вигляді рівняннями

$$x = a \cdot \sin v, \quad y = a \cdot \cos v \quad (-\infty < v < \infty)$$

звідси і випливає вид спіралі; її крок:

$$s = z(2\pi) - z(0) = b \cdot 2\pi - 0 = 2\pi b.$$

Розглянемо трубчастий контур гвинтовий лінії - поверхня, яку займає коло радіуса c ($c < a$, $c < s/2$ - см. рис. 2.6, 2.7) з центром на цій гвинтовий лінії, розташована на площині, перпендикулярній їй, при русі вздовж цієї лінії.

Параметричні рівняння цієї лінії такі:

$$x = x(u, v) = (a + c \cdot \cos u) \cdot \sin v, \quad (2.5)$$

$$y = y(u, v) = (a + c \cdot \cos u) \cdot \cos v, \quad (2.6)$$

$$z = z(u, v) = c \cdot \sin u + b \cdot v, \quad (2.7)$$

$$(0 \leq u < 2\pi; -\infty < v < \infty)$$

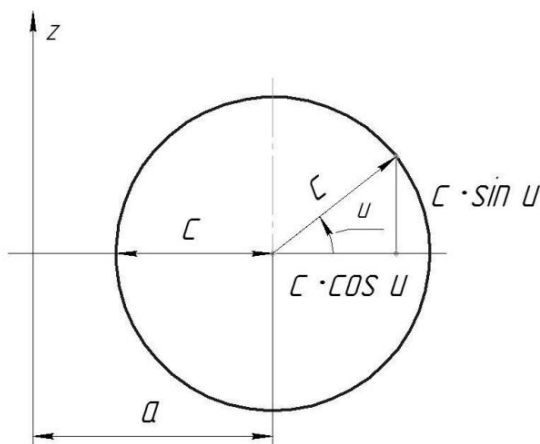


Рисунок 2.6 - Переріз одного витка
вертикальною площиною

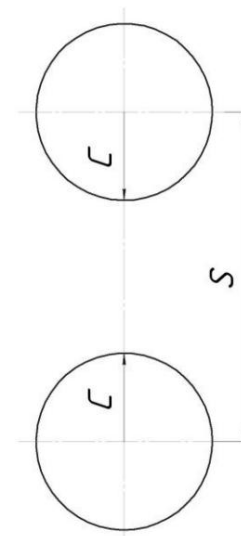


Рисунок 2.7 - Переріз двох сусідніх
витків вертикальною площиною

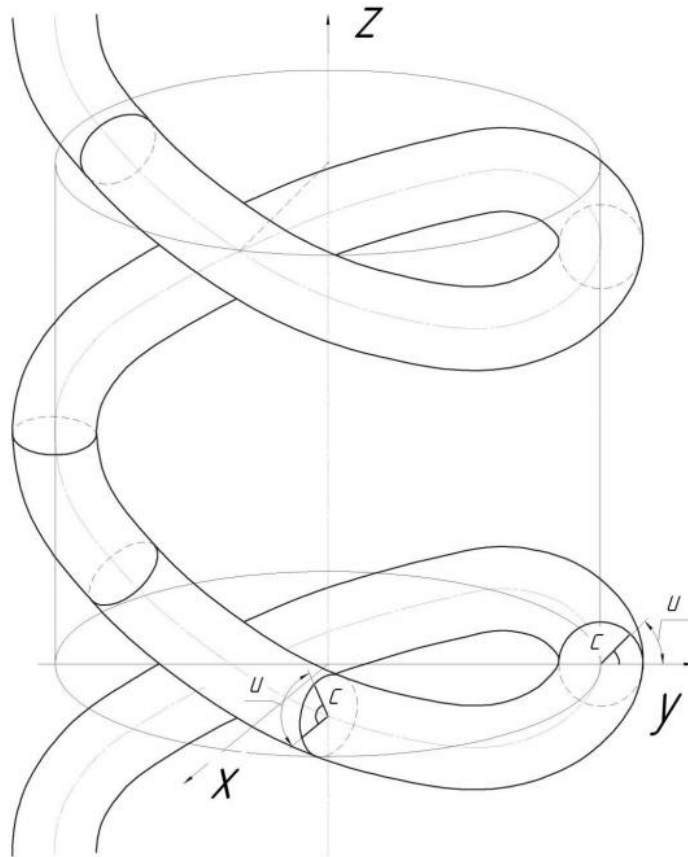


Рисунок 2.8 - Гвинтові поверхні

У векторній формі рівняння цієї гвинтової поверхні записується так:

$\vec{r} = \vec{r}(u, v) = (x(u, v); y(u, v); z(u, v))$ або, з використанням (2.5), (2.6), (2.7),

$$\vec{r}(u, v) = ((a + c \cdot \cos u) \cdot \sin v; (a + c \cdot \cos u) \cdot \cos v; c \cdot \sin u + bv).$$

2.3 Обґрунтування відносного руху матеріальної точки по спіралі

В робочому стані спіраль набуває форму, яку можна визначити теоретично методами опору матеріалів. Прийmemo для простоти, що математичною моделлю середньої частини спіралі є гвинтова поверхня, розглянута в пункті 2.2 (див. рис. 2.2).

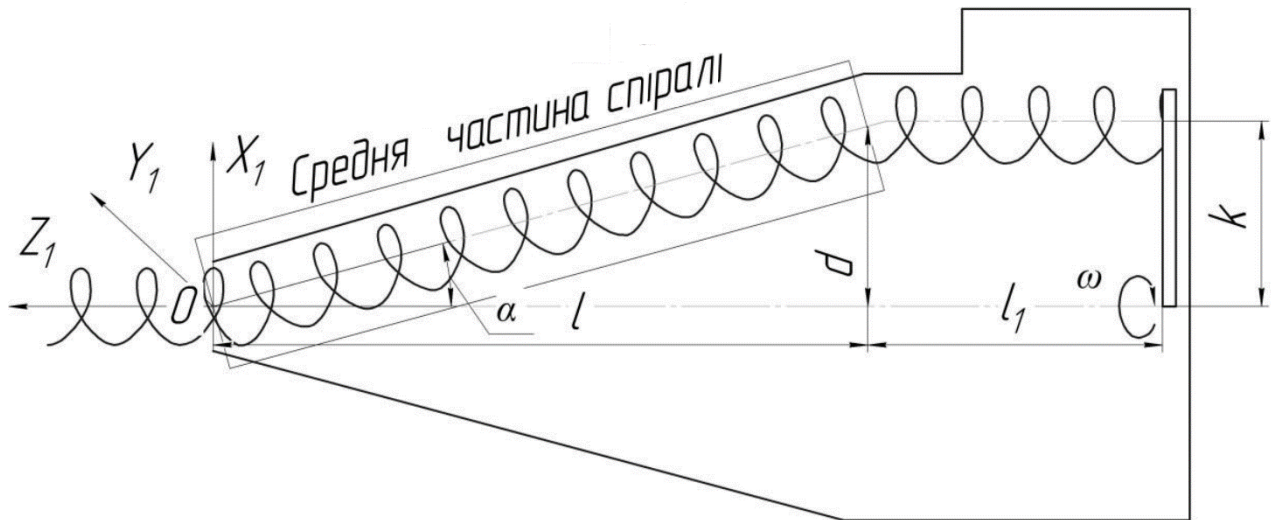
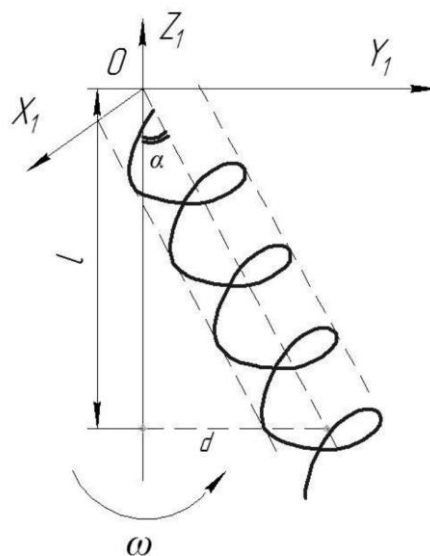


Рисунок 2.9 - Спіральний змішувач

Введемо нерухому систему координат $OX_1Y_1Z_1$ (рис 2.9), зв'язану зі змішувачем. За початок координат прийнемо точку перетину осі змішувача з віссю центральної частини спіралі. Вісь OZ_1 направимо по осі змішувача горизонтально від завантажувального бункера до вивантажувального вікна. Вісь OX_1 направимо вертикально вгору, а вісь OY_1 - перпендикулярно осям OX_1 і OZ_1 так, щоб система координат була правою (тобто орієнтованої позитивно, (рис. 2.9, 2.10).



Малюнок 2.10 - Середня частина спіралі

Нехай $t > 0$ - час, який минув з моменту початку руху ($t = 0$). Припустимо, що ексцентрик обертає спіраль навколо осі OZ_1 з постійною кутовою швидкістю ω за годинниковою стрілкою, якщо дивитися вздовж цієї осі, так що за час t він повертається на кут

$$\varphi = \varphi(t) = \omega t.$$

Зв'яжемо зі спіраллю рухому систему координат $OXYZ$ з ортами i, j, k . Нехай центр рухомої системи координат збігається з центром нерухомої; в початковий момент часу вісь OX збігається з віссю OX_1 , вісь OZ розташована в площині OY_1Z_1 під кутом α до осі OZ , де

$$\alpha = \operatorname{arctg}\left(\frac{d}{l}\right)$$

вісь OY розташована в площині OY_1Z_1 під кутом α до осі OY_1 (рисунок 2.11).

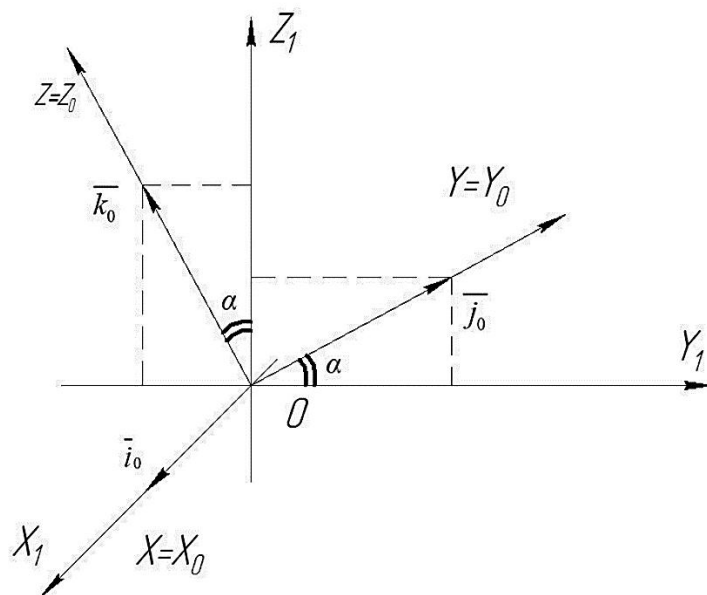


Рисунок 2.11 - Випадок $t = 0$

При $t=0$ орт осі OX $i_0 = (1;0;0)$,

орт осі OY $j_0 = (0; \cos\alpha; \sin\alpha)$,

орт осі OZ $k_0 = (0; -\sin\alpha; \cos\alpha)$

За час t вісь OX повернулася на кут $\varphi = \omega t$ в площині X_1OY_1 ; її орт $i_\varphi = (\cos\varphi, \sin\varphi, 0)$

орт осі OY $j_\varphi = (-\cos\alpha \cdot \sin\varphi; \cos\alpha \cdot \cos\varphi; \sin\alpha)$

орт осі OZ $k_\varphi = (\sin\alpha \cdot \sin\varphi; -\sin\alpha \cdot \cos\varphi; \cos\alpha)$ (рис. 2.12, 2.13)

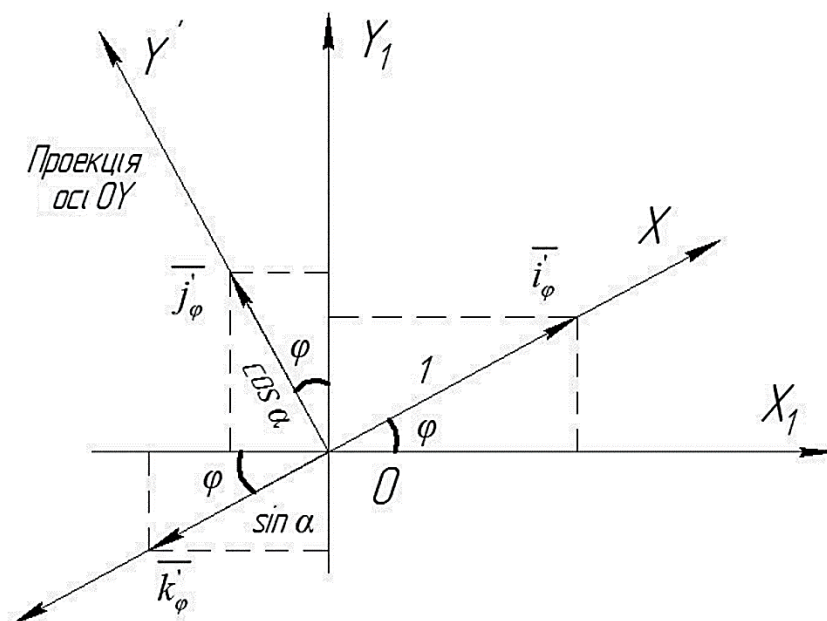


Рисунок 2.12 - Проекція системи координат $OXYZ$ на площину OX_1Y_1

Впишемо матрицю переходу від нерухомої системи координат (x, y, z) до рухомої, записавши координати нових базисних векторів i, j, k стовбцями:

$$S = \begin{pmatrix} \cos\varphi & -\cos\alpha \cdot \sin\varphi & \sin\alpha \cdot \sin\varphi \\ \sin\varphi & \cos\alpha \cdot \cos\varphi & -\sin\alpha \cdot \cos\varphi \\ 0 & \sin\alpha & \cos\alpha \end{pmatrix} \quad (2.8)$$

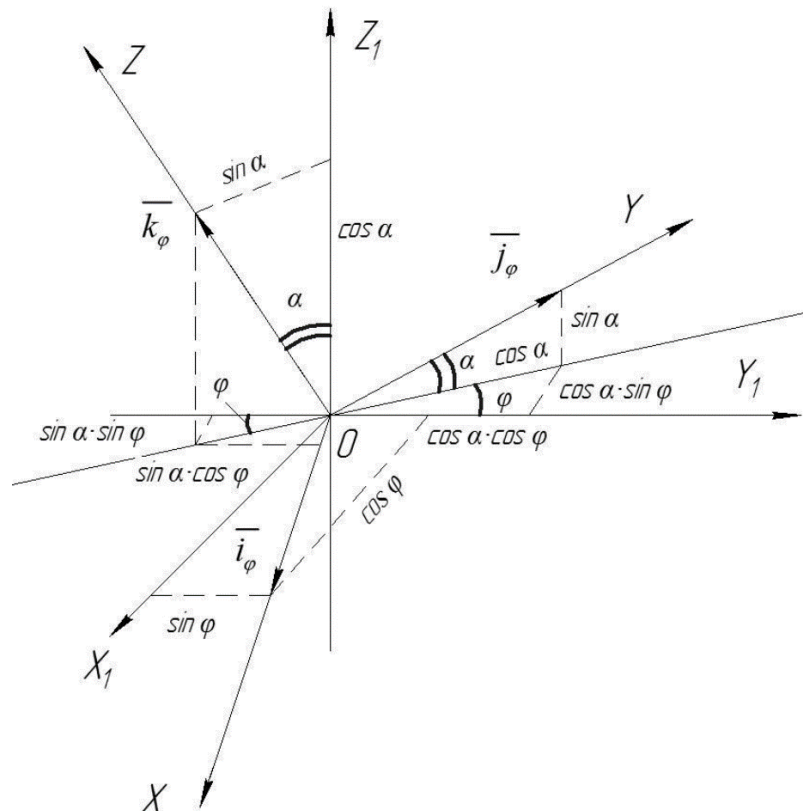


Рисунок 2.13 - Рухома і нерухома системи координат

2.3 Розрахунок продуктивності спірального змішувача

Відомо, що ефективність поширення основних теоретичних положень, що характеризують рух ізольованою матеріальної точки, на потік матеріалу підтверджується експериментом, розрахунком і досвідом експлуатації транспортерів. Згідно (2.4), координати частинки в нерухомій системі $(x_1; y_1; z_1)$ пов'язані з координатами $(x; y; z)$ в рухомій формулами:

$$x_1 = x \cdot \cos \varphi - y \cdot \cos \alpha \cdot \sin \varphi + z \cdot \sin \alpha \cdot \sin \varphi; \quad (2.9)$$

$$y_1 = x \cdot \sin \varphi + y \cdot \cos \alpha \cdot \cos \varphi - z \cdot \sin \alpha \cdot \cos \varphi; \quad (2.10)$$

$$z_1 = y \cdot \sin \alpha + z \cdot \cos \alpha \quad (2.11)$$

де відповідно до (1.5), (1.6) і (1.7)

$$x = (a + c \cdot \cos u) \cdot \sin v$$

$$y = (a + c \cdot \cos u) \cdot \cos v$$

$$z = c \cdot \sin u + b \cdot v$$

Тем самим зміщення частинки вздовж осі OZ_1 щодо корпусу за час t дається формулою

$$\begin{aligned} \Delta z_1(t) &= z_1(t) - z(0) = \\ &= [a + c \cdot \cos u(t)] \cdot \cos v(t) \cdot \sin \alpha + [c \cdot \sin u(t) + b \cdot v(t)] \cdot \cos \alpha - z_0 \end{aligned} \quad (2.12)$$

Звідси швидкість переміщення частинки уздовж осі OZ_1 щодо корпусу

$$\begin{aligned} v_z(t) &= \frac{d[\Delta z_1(t)]}{dt} = \dot{z}_1(t) = \{-c \cdot \sin u(t) \cdot \dot{u}(t) \cdot \cos v(t) - \\ &- [a + c \cdot \cos u(t)] \cdot \sin v(t) \cdot \dot{v}(t)\} \cdot \sin \alpha + [c \cdot \cos u(t) \cdot \dot{u}(t) + b \cdot \dot{v}] \cdot \cos \alpha. \end{aligned} \quad (2.13)$$

Спочатку перетворимо параметри задачі до практично зручних величин

1. Ми позначили частоту обертання ω [c^{-1}]. У практичних додатках замість неї зручніше інша характеристика - число оборотів в хвилину n .

2. При виведенні рівнянь руху по середній частині спіралі використовувалася величина d . На практиці вона повністю визначається величиною ексцентриситету k (рис. 2.14).

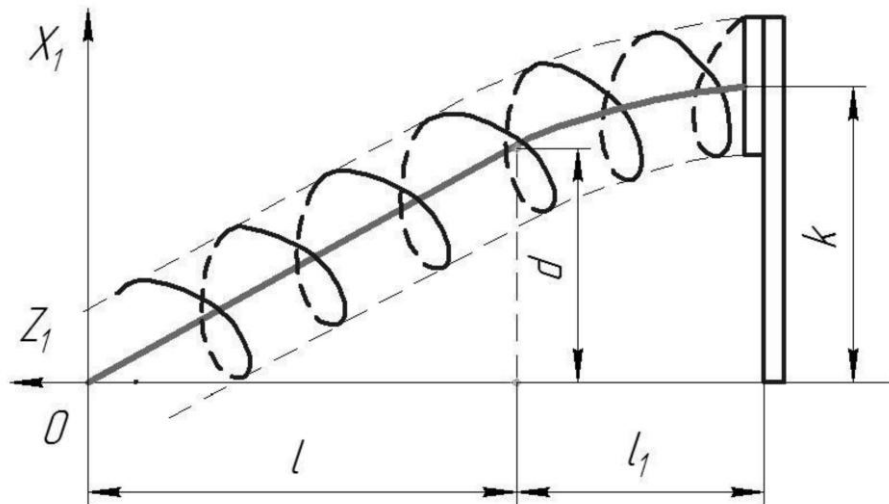


Рисунок 2.14 - Розрахункова схема для виведення рівняння середньої частини спіралі

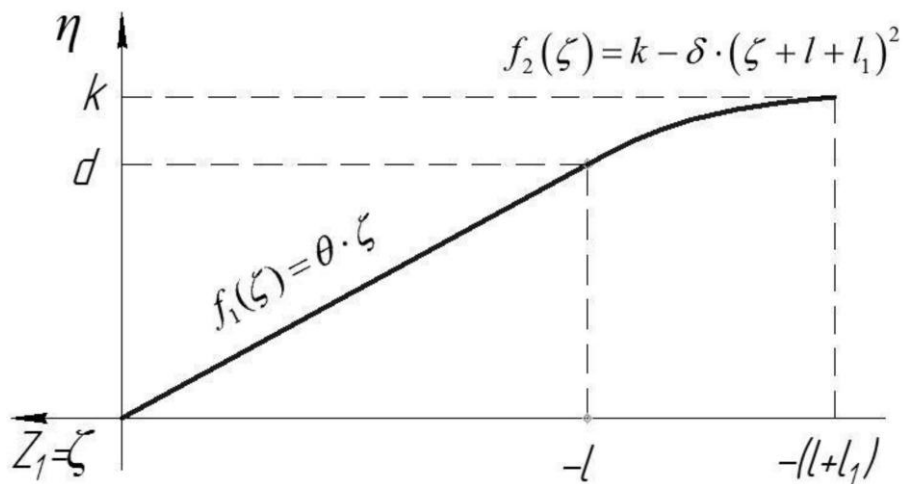


Рисунок 2.15 - Схема до розрахунку форми спіралі

Зв'яжемо їх між собою, припускаючи, що в точці з абсцисою $(-l)$ є гладке сполучення між лінійною функцією $f_1(\zeta) = \theta \zeta$ (з невідомим коефіцієнтом θ) і параболою $f_2(\zeta) = k - \delta (\zeta + l + l_1)^2$ з вершиною в точці $(-(l+l_1)k)$ і невідомим параметром δ . Маємо:

$$\begin{cases} f_1(-l) = f_2(-l) \\ f_1'(-l) = f_2'(-l) \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \vartheta(-l) = k - \delta \cdot (-l + l + l_1)^2 \\ \vartheta = -2\delta \cdot (-l + l + l_1) \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \begin{cases} k = \delta \cdot l_1^2 - \vartheta \cdot l; \\ \vartheta = -2\delta \cdot l_1. \end{cases} \quad (2.14)$$

Підставляючи x з другого рівняння на початку, отримуємо

$$k = \delta \cdot l_1^2 + 2\delta \cdot \quad (2.15)$$

звідки

$$\delta = \frac{k}{l_1(l_1 + 2l)} \quad \vartheta = \frac{-2k}{l_1 + 2l}. \quad (2.16)$$

Тим самим лінійна функція має вигляд

$$f_1(\zeta) = -\frac{2k}{l_1 + 2l} \cdot \zeta, \quad (2.17)$$

а квадратична

$$f_2(\zeta) = k - \frac{k}{l_1(l_1 + 2l)} \cdot (\zeta + l + l_1)^2 = k \left[1 - \frac{(\zeta + l + l_1)^2}{l_1(l_1 + 2l)} \right] \quad (2.18)$$

Звідси $f_1(-l) = f_2(-l) = \frac{2k \cdot l}{l_1 + 2l}$

В пункті 2.2 цю величину ми позначали як d .

Тим самим

$$d = \frac{2k \cdot l}{l_1 + 2l}, \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{d}{l} = \frac{2k}{l_1 + 2l}, \quad (2.19)$$

звідки

$$\alpha = \operatorname{arctg} \left(\frac{2k}{l_1 + 2l} \right) \quad (2.20)$$

3. Якщо при m витках спіраль мала довжину L , то крок $s = L/m$.

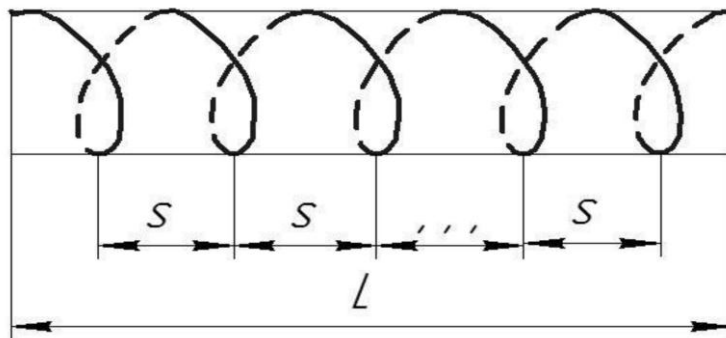


Рисунок 2.15 - Спіраль з m витками

З іншого боку, $s=2\pi b$, звідки $b = \frac{s}{2\pi} = \frac{L}{2\pi \cdot m}$.

Отримані диференціальні рівняння дуже важко вирішувати аналітичним методом, тому чисельно вирішуючи дану систему рівнянь для різних початкових умов отримуємо емпіричну залежність середньої швидкості переміщення частки в спіральному змішувачі від частоти обертання, кроку спіралі, ексцентриситету. Емпірична залежність середньої швидкості v_{cp} , м/хв переміщення частинки має вигляд

$$v_{cp} = v(n, s, k) = -5,50 + 0,0054n + 0,0833s + 0,0638k + 0,0008n \cdot s + 0,0006n \cdot k - 0,0028s^2 + 0,0032s \cdot k - 0,0021k^2 \quad (2.21)$$

Знаючи середню швидкість v [м/хв], обчислюємо продуктивність Q , кг/хв і Q , кг/год, змішувача за формулами:

$$\tilde{Q} = S_{пер} \cdot \gamma \cdot \varphi \cdot v_{cp} \quad (2.22)$$

$$Q = 60 S_{пер} \cdot \gamma \cdot \varphi \cdot v_{cp}, \quad (2.23)$$

де $S_{пер} = \frac{\pi}{4} [D_{отв}^2 - (d_{зовн}^2 - d_{внутр}^2)]$, m^2 - площа вихідного вікна за винятком

площі поперечного перерізу спіралі;

γ - об'ємна маса перемішуємо матеріалу, $кг/м^3$;

φ - коефіцієнт заповнення;

$D_{отв}$ - діаметр вивантажного вікна, м;

$d_{зовн}$ - зовнішній діаметр спіралі, м;

$d_{внутр}$ - внутрішній діаметр спіралі, м.

Остаточно отримуємо продуктивність Q , кг/с:

$$Q = \frac{\pi}{4} [D_{отв}^2 - (d_{зовн}^2 - d_{внутр}^2)] \cdot \frac{\varphi \cdot \gamma}{60} \cdot (-5,50 + 0,0054n + 0,0833s + 0,0638k + 0,0008n \cdot s + 0,0006n \cdot k - 0,0028s^2 + 0,0032s \cdot k - 0,0021k^2) \quad (2.24)$$

Отримана аналітична залежність середньої швидкості переміщення маси в спіральному змішувачі від частоти обертання робочого органу, кроку спіралі і ексцентриситету. Виявлено, що найбільш значимими факторами є, частота обертання спіралі і її крок.

2.4 Висновки

1. Конструктивно-технологічна схема спірального змішувача з гнучким робочим органом повинна містити корпус з встановленою в ньому з можливістю обертання гнучкою спіраллю з закріпленими кінцями, одним на ексцентрики провідною цапфи з можливістю здійснювати додаткові циклічні кругові рухи, а іншим - на веденій цапфі механізму зміни подачі з можливістю горизонтального переміщення.

2. Встановлено аналітичну залежність середньої швидкості переміщення маси в спіральному змішувачі від частоти обертання робочого органу, кроку спіралі і ексцентриситету. В межах їх зміни від 100 до 350 хв^{-1} , від 35 до 95мм, 55 до 105 мм відповідно. Виявлено, що цим найбільш значимими факторами є, частота обертання гнучкої спіралі і її крок.

3 Лабораторні дослідження процесу змішування

3.1 Програма та методика лабораторних досліджень

Процес приготування комбікормів за спрощеним технологічним циклом полягає в змішуванні дробленого зерна (пшениця – 20 %, ячмінь – 30 %, кукурудза – 40 %) та БМВД – 10 %. На підставі аналітичних та теоретичних досліджень була розроблена конструкція спірального змішувача. Основною перевагою розробленого спірального змішувача є простота конструкції, висока ступінь змішування, низька металоємність, простота експлуатації. Основними факторами, що впливають на процес змішування, є: фізико-механічні властивості компонентів суміші і конструктивно-технологічні параметри змішувача.

Щоб аналітично описати процес змішування і теоретично обґрунтувати параметри змішувача, необхідно провести всебічне лабораторне дослідження процесу приготування комбікорму. На однорідність, продуктивність і енергоспоживання спірального змішувача впливають такі основні параметри: частота обертання, ексцентриситет провідною цапфи і крок робочого органу. Отже, завдання лабораторних досліджень полягає у визначенні впливу перерахованих вище факторів на процес змішування. У зв'язку з поставленим завданням програма досліджень передбачає:

- визначення залежності продуктивності та енергоспоживання спірального змішувача від частоти обертання спірального робочого органу;
- визначення залежності продуктивності і енергоспоживання спірального змішувача від кроку спірального робочого органу.

Для реалізації приведеної програми лабораторних досліджень було виготовлено макет змішувача згідно отриманих в попередньому розділі даних (рис. 3.1). Макет змішувача працює наступним чином. Компоненти корму подаються в накопичувальний бункер 1, розділений перегородкою.

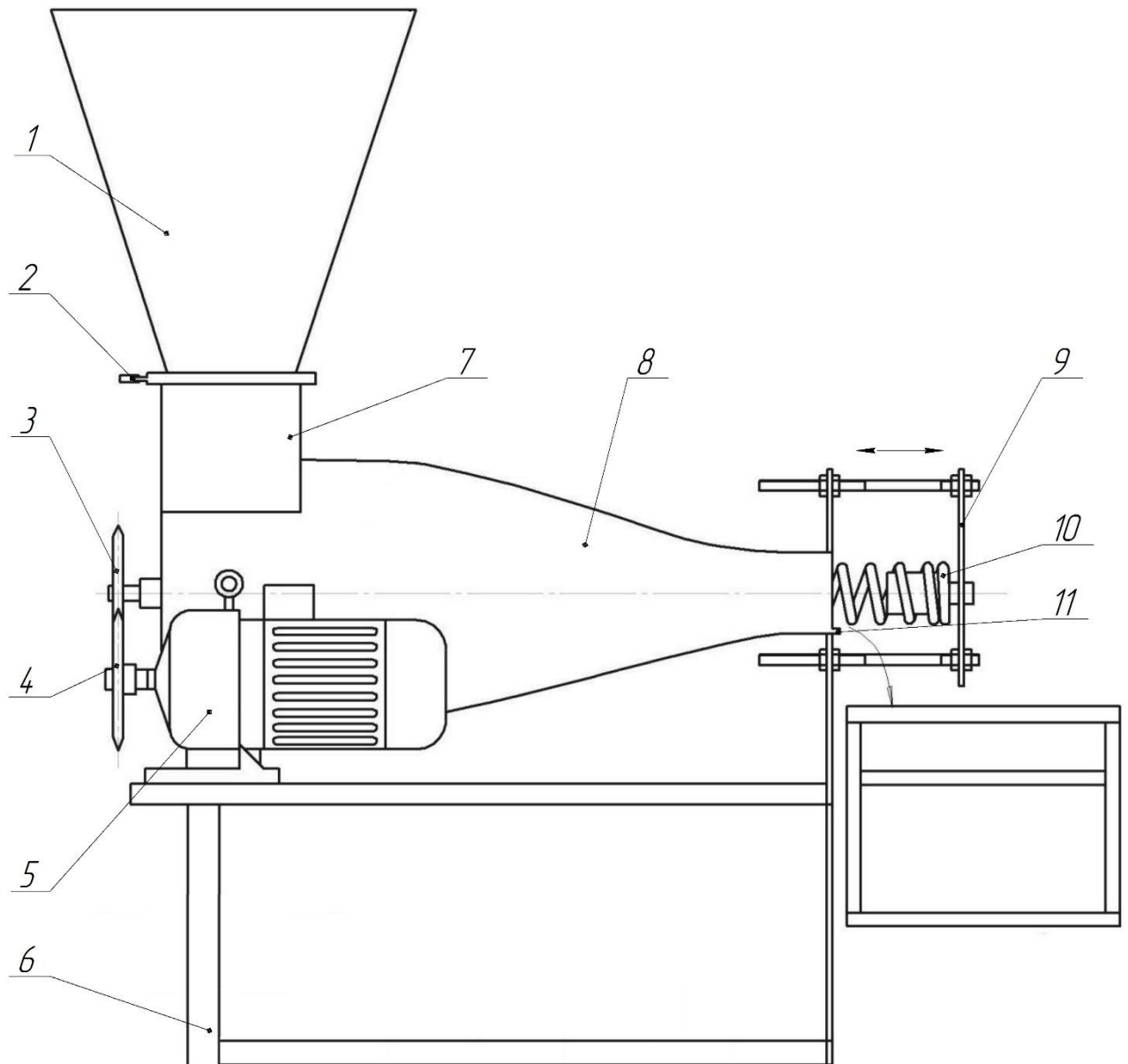


Рисунок 3.1 - Функціональна схема лабораторної установки: 1 – приймальний бункер; 2 – регулювальна засувка; 3, 4 – зірочки ланцюгової передачі приводу; 5 – мотор-редуктор; 6 – рама; 7 – завантажувальна горловина; 8 – корпус бункера; 9 ведена цапфа; 10 – спіраль; 11 – вивантажувальна горловина; 12 – ємність для збирання отриманої суміші

Потім надходять в завантажувальну горловину 7 дозовано за допомогою заслінки 2. Мотор-редуктор 5 передає крутний момент через ланцюгову передачу 4, 3 на привідну цапфу, на якій встановлений ексцентрик. Спіраль 10

змішувача обертається навколо своєї осі, при цьому її кінець, закріплений на ексцентрику, здійснює циклічні кругові рухи, за рахунок яких відбувається змішування компонентів корму. Спіраль, обертаючись навколо своєї осі, працює як спіральний транспортер, переміщаючи компоненти корму до вивантажувальної горловини 11, при цьому викликає зсув шарів матеріалу, який покращує змішування. Зміна продуктивності змішувача здійснюється за рахунок переміщення в горизонтальній площині підшипникової опори веденої цапфи. При цьому змінюються довжина і крок витків спіралі. При збільшенні кроку витків спіралі продуктивність спірального змішувача збільшується.

3.2 Дослідження залежності продуктивності та енергоємності спірального змішувача від частоти обертання робочого органу

Дослідження з визначення залежності продуктивності та енергоємності від частоти обертання спіралі були зроблені на лабораторній установці, представленої на рис. 3.1. При дослідженні подібних машин рекомендують діапазон частот обертання робочого органу від 190 до 440 хв⁻¹. Тому нами була обрана частота обертання робочого органу від 100 до 350 хв⁻¹. Значення кроку спіралі є фіксованими, обрані середніми і складають 65 мм відповідно. Для проведення лабораторних випробувань використовували суху суміш кукурудзяної дерті з цілими зернами ячменю 10 %. Частоту обертання спірального робочого органу змінювали частотним перетворювачем Hyundai N700E-015SF, який був підключений до електродвигуна приводу робочого органу. Вимірювання часу проводили секундоміром, а масу корму - вагами.

Енергетичні показники - силу струму, напругу, витрачену потужність, вимірювали частотним перетворювачем Hyundai N700E-015SF. Щоб визначити продуктивність макета змішувача Q , кг/год, знаючи час змішування і масу матеріалу, скористаємося формулою

$$Q = \frac{M}{t}, \quad (3.1)$$

де M - маса матеріалу, кг;

t - час, ч.

Корисна потужність W , кВт, визначалася з вираження:

$$W = (W_{з.1} + W_{з.2} + W_{з.3}) - (W_{х.х.1} + W_{х.х.2} + W_{х.х.3}), \quad (3.2)$$

де $W_{з.1,2,3}$ - загальна витрачена потужність на фазах, кВт;

$W_{х.х.1,2,3}$ - потужність на холостому ході на фазах, кВт.

Питомі витрати енергії $W_{пит}$, Вт·год/кг, обчислювали згідно з виразом:

$$W_{пит} = \frac{W}{Q}, \quad (4.1)$$

де Q - продуктивність моделі змішувача при заданих факторах, кг/год.

Випробування проводилися в такий спосіб: бункер змішувача завантажували кукурудзяною дертю. На частотному перетворювачі встановлювали частоту струму, відповідну необхідній частоті обертання робочого органу від 100 до 350 хв^{-1} з діапазоном варіювання 20 хв^{-1} . Далі включали макет змішувача і заміряли час його роботи. Завершивши випробування, зважували масу транспортованого матеріалу і вираховували продуктивність за формулою (3.1). З метою збільшення вірогідності результату досліди проводилися з п'ятикратної повторністю.

В результаті обробки дослідних даних побудовані графічні залежності продуктивності, витрати енергії і питомої витрати енергії від частоти обертання робочого органу і представлені на рис. 3.2 – 3.3.

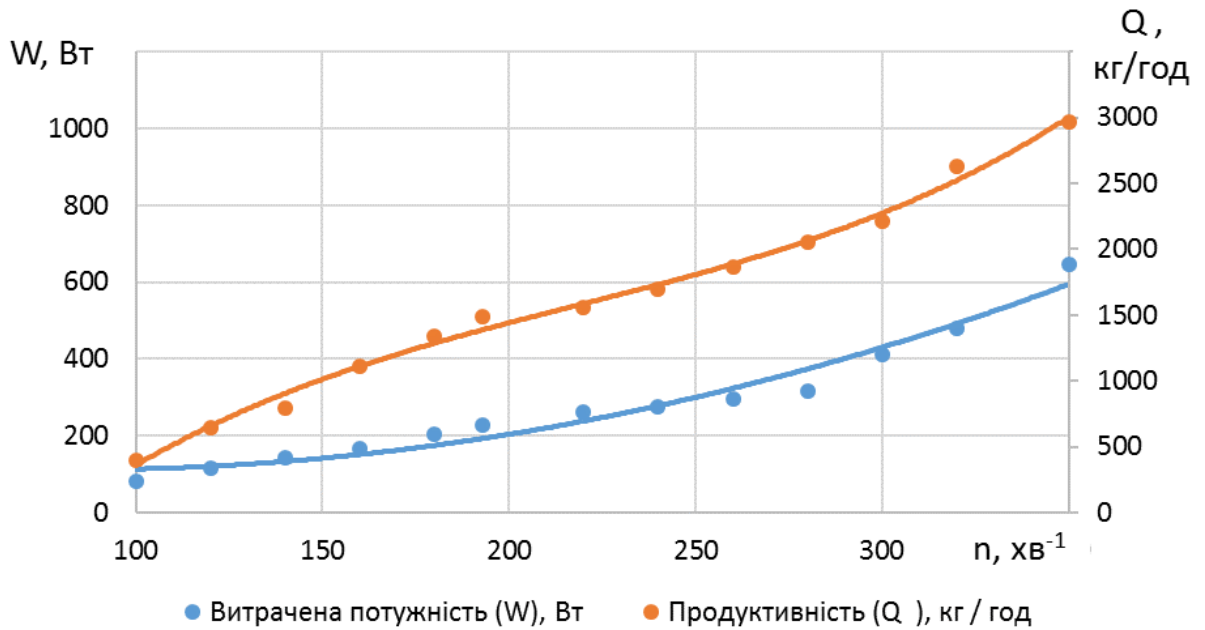


Рисунок 3.2 - Графічна залежність зміни витраченої потужності (W) та продуктивності (Q) кг/год змішувача від частоти обертання робочого органу

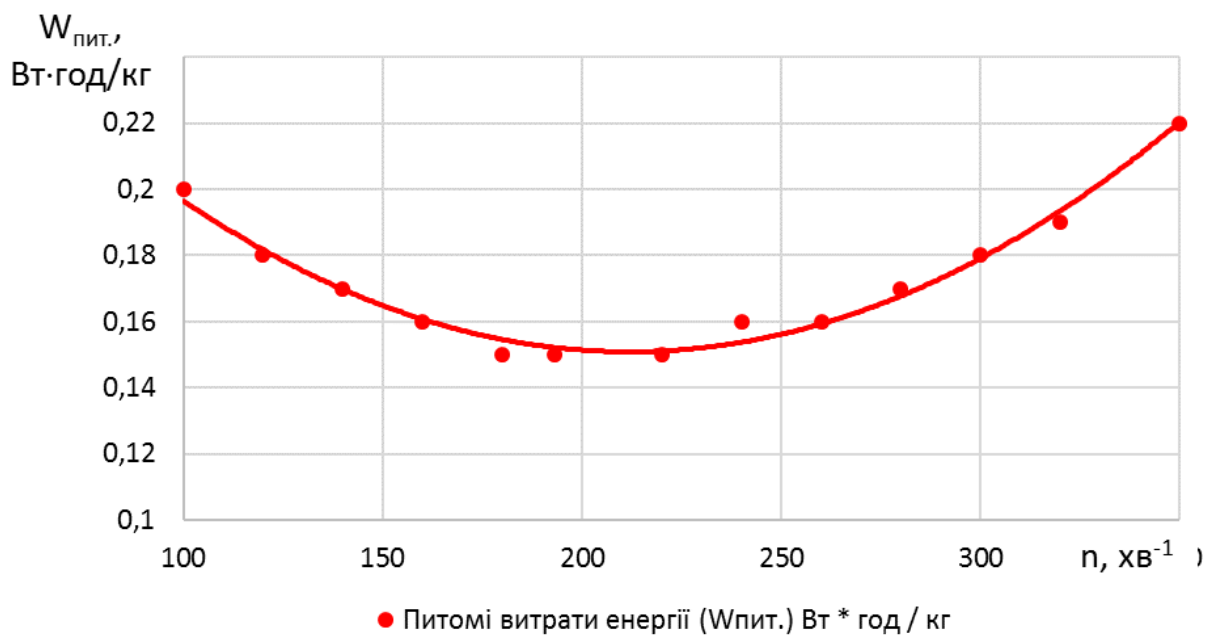


Рисунок 3.2 - Графічна залежність зміни питомих витрат енергії ($W_{\text{пит.}}$) змішувача від частоти обертання робочого органу (n)

З представлених графічних залежностей видно, що при збільшенні частоти обертання робочого органу з 100 до 350 хв^{-1} , витрачена потужність зростає з 81 до 645 Вт, це пояснюється значним зростанням опору переміщенню

матеріалу, при одночасному зростанні моменту опору обертання кінця спіралі, встановленого ексцентрично. Одночасно при збільшенні частоти обертання потужність більшою мірою витрачається на перемішування, ніж на транспортування. Продуктивність зростає з 397 до 2970 кг/год, так як вона прямо пропорційна частоті обертання. Питомі витрати енергії, починаючи з 100 хв^{-1} знижуються, досягають свого мінімуму $0,15 \text{ Вт}\cdot\text{год}/\text{кг}$ в діапазоні $180\text{-}220 \text{ хв}^{-1}$ і далі підвищуються до $0,22 \text{ Вт}\cdot\text{год}/\text{кг}$. Характер даної кривої пояснюється тим, що питомі витрати енергії залежать від витраченої потужності і продуктивності, в свою чергу продуктивність лінійно зростає, а потужність має стрімкий висхідний характер.

3.3 Дослідження залежності продуктивності та енергоємності змішувача від кроку спіралі змішувача

На продуктивність змішувача впливає крок спіралі, тому необхідно провести лабораторні дослідження з метою визначення залежності продуктивності та енерговитрат макета змішувача від кроку спіралі. Прийнятий діапазон зміни кроку спіралі від 35 до 95 мм з інтервалом варіювання 15 мм. Для проведення досліджень діапазону зміни кроку спіралі, вибрали п'ять спіралей. Випробування проводилися при фіксованих значеннях ексцентриситету і частоти обертання спіралі. Продуктивність макета змішувача визначали за формулою (3.1), витрачену потужність - по формулі (3.2). Випробування проводилися в такий спосіб: в корпус змішувача встановлювалася спіраль необхідного кроку, бункер змішувача завантажували кукурудзяною дертю. Частотним перетворювачем встановлювали необхідну частоту обертання робочого органу. Далі включали макет змішувача і одночасно заміряли час його роботи. Завершивши транспортування матеріалу, зважували масу і вираховували продуктивність за формулою (3.1).

В результаті обробки дослідних даних побудовані графічні залежності продуктивності, витраченої потужності і питомої витрати енергії від кроку спіралі і представлені на рис. 3.4 – 3.5.

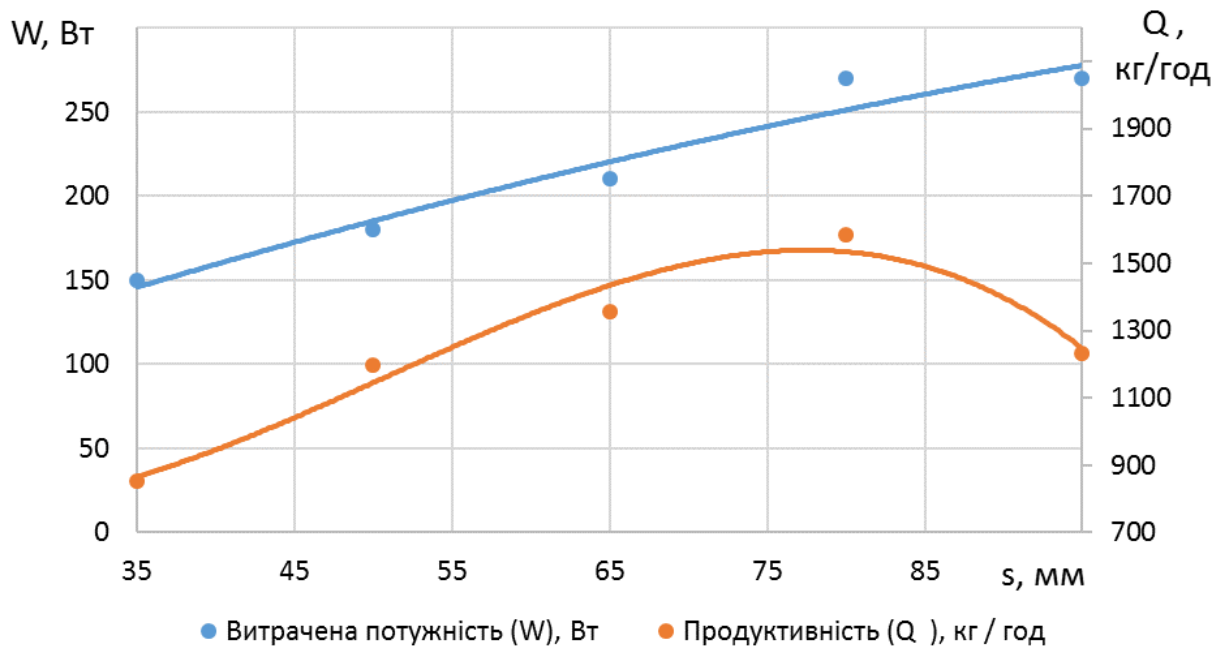


Рисунок 3.4 - Графічна залежність зміни витраченої потужності (W) та продуктивності (Q) кг/год змішувача від кроку спіралі (s)

Аналізуючи отримані графічні залежності, видно, що зі збільшенням кроку спіралі від 35 до 95 мм, витрачена потужність зростає від 150 до 270 Вт, причому її максимальне значення 270 Вт досягається при кроці спіралі від 80 до 95 мм. Продуктивність зростає від 853 до 1586 кг/год при зміні кроку спіралі від 35 до 80 мм, далі відбувається зниження продуктивності з 1586 до 1234 кг/год при збільшенні кроку від 85 до 95 мм.

Питомі витрати енергії знижуються з 0,18 до 0,16 Вт·год/кг при зростанні кроку з 35 до 50 мм і далі зростають з 0,16 до 0,22 Вт·год/кг при збільшенні кроку з 50 до 95 мм.

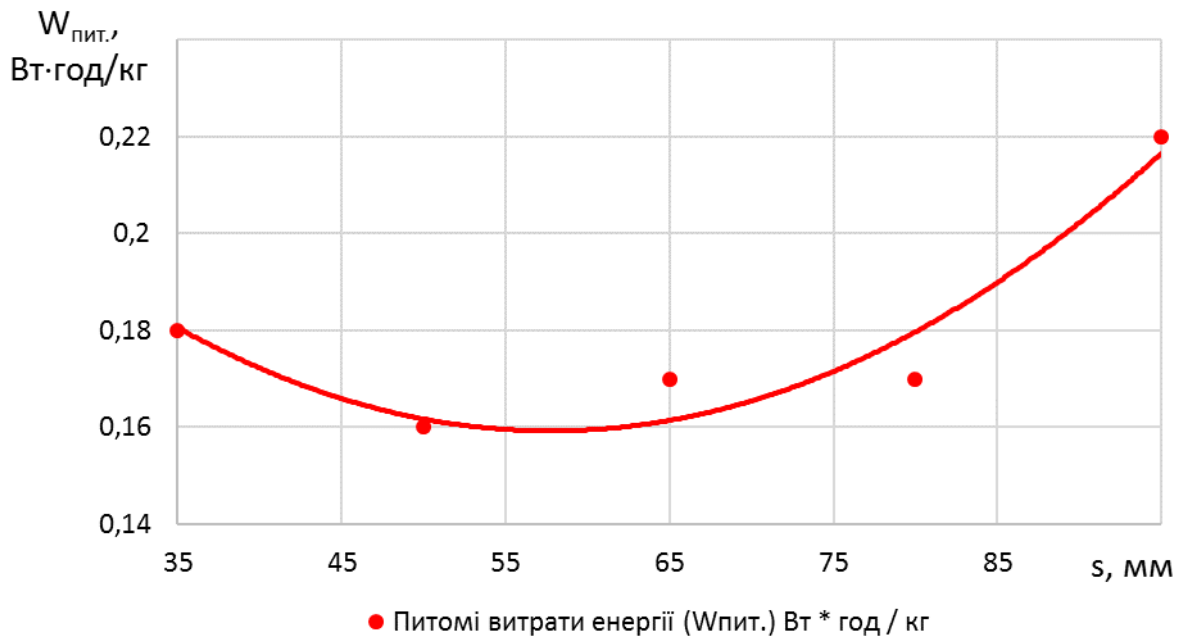


Рисунок 3.5 - Графічна залежність зміни питомих витрат енергії ($W_{\text{пит.}}$) змішувача від кроку спіралі (s)

Зниження продуктивності і витраченої потужності при збільшенні кроку більше 85 мм пояснюється зростаючим кутом підйому гвинтової лінії спіралі, в зв'язку з чим сила тертя матеріалу про спіраль зменшується і, як наслідок, знижується швидкість переміщення матеріалу.

3.4 Проведення багатofакторного експерименту

Щоб визначити оптимальні конструктивно-технологічні параметри та оптимізувати робочий процес моделі змішувача при змішуванні сухої суміші, був проведений двофакторний експеримент, проаналізовано отримані результати. Працездатність та ефективність моделі змішувача залежить від діаметра спіралі, товщини і форми її перетину, частоти обертання робочого органу,

кроку спіралі, величини ексцентриситету склянки провідною цапфи робочого органу.

Ці параметри досить добре вивчені вченими, по ним існують конкретні рекомендації для визначення і вибору конструктивно-технологічних параметрів, режимів роботи при проектуванні подібних машин і устаткування. Частота обертання робочого органу, крок спіралі робочого органу вивчені недостатньо і потребують подальшого дослідження. Основним завданням даної моделі змішувача є отримання кормової суміші заданої однорідності в діапазоні 93..98 % при заданій продуктивності з найменшими питомими енерговитратами.

Частота обертання робочого органу - один з основних факторів, що впливають на ступінь однорідності суміші і продуктивність агрегату.

Виходячи з раніше проведених досліджень частота обертання робочого органу моделі змішувача повинна бути в діапазоні від 100 до 300 хв^{-1} . Таким чином, нами було прийнято діапазон зміни частоти обертання робочого органу від 100 до 300 хв^{-1} . При цьому крок варіювання склав 100 хв^{-1} . Наступним фактором, що впливає на продуктивність, енергетичні витрати і якість змішування моделі змішувача, є крок спіралі. При проведенні постановочного експерименту за визначенням залежності продуктивності та енерговитрат від кроку спіралі, було встановлено: максимальна продуктивність досягається при кроці спіралі 80 мм. На підставі вище сказаного діапазон зміни кроку спіралі був прийнятий від 55 до 95 мм з інтервалом варіювання 20 мм.

Витрати енергії визначали вимірювальним знімаючи показники частотного регулятора, при цьому враховували споживання потужності електродвигуна на холостому ході. Корисну потужність W , Вт вираховували за формулою (3.2). Питомі витрати енергії $W_{\text{пит}}$, Вт·год/кг, обчислювали згідно з виразом (3.3).

Найважливішими показниками, що впливають на ефективність роботи макета змішувача, є ступінь однорідності суміші і питома потужність. Тому ці показники були обрані в якості критерію оптимізації.

За результатами проведеного багатofакторного експерименту побудовані графічні залежності, представлені на рис. 3.6 – 3.7.

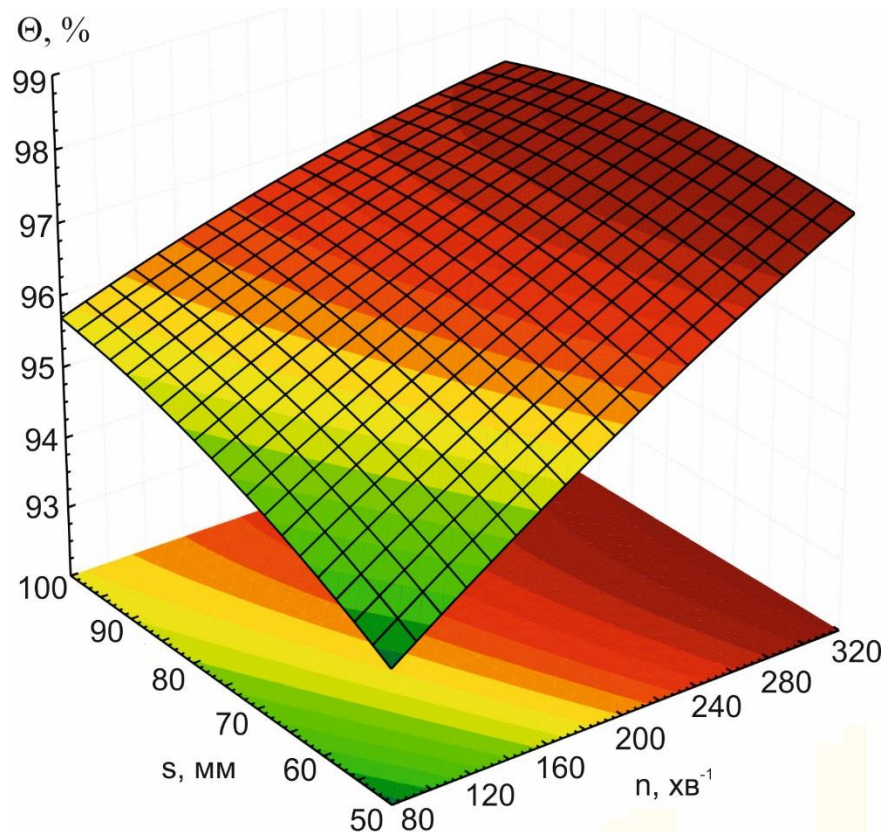


Рисунок 3.6 - Поверхня відгуку, що характеризує ступінь однорідності суміші від частоти обертання n і кроку спіралі s

Аналіз графічних залежностей показав:

- при частоті обертання робочого органу спірального змішувача 300 хв^{-1} найбільша ступінь однорідності комбікорму $97 \dots 98\%$ досягається при кроці спіралі від 50 до 65 мм . При цьому мінімальна питома витрата енергії менше $0,15 \text{ Вт}\cdot\text{год}/\text{кг}$ забезпечується при кроці спіралі 75 мм ;

- при частоті обертання робочого органу спірального змішувача 200 хв^{-1} найбільша ступінь однорідності комбікорму 97 ... 98% досягається при кроці спіралі від 60 до 95 мм;

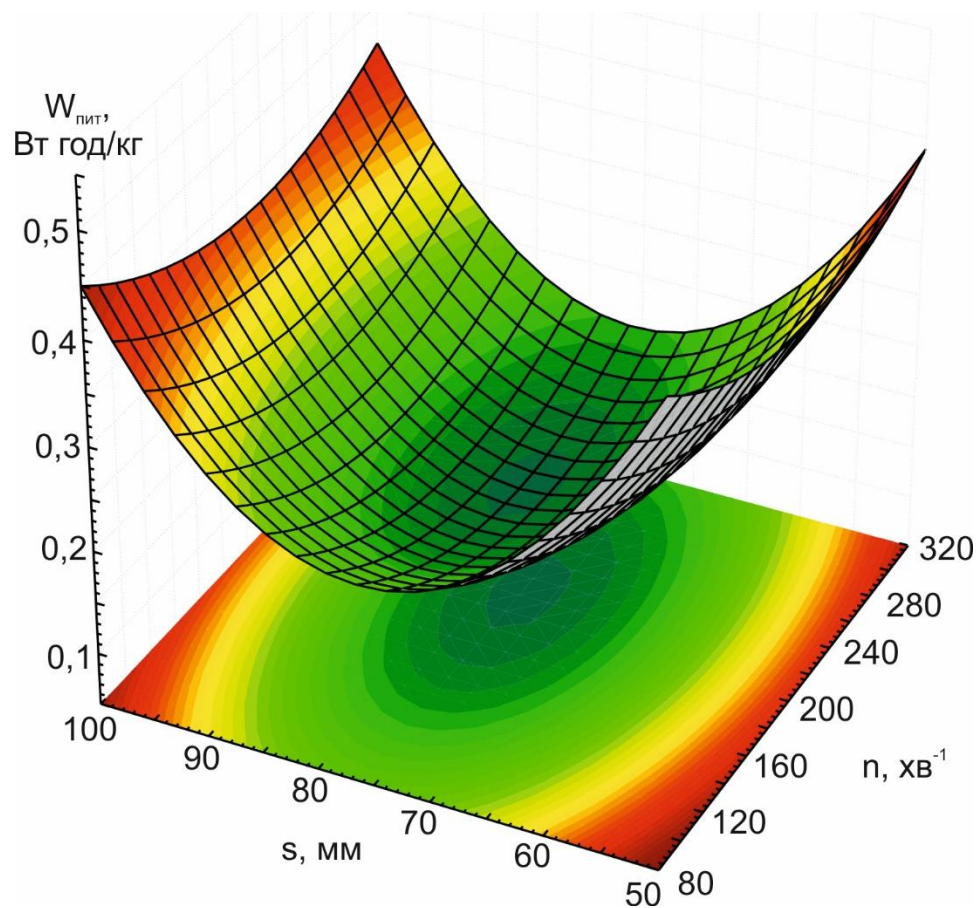


Рисунок 3.7 - Поверхня відгуку, що характеризує питому витрату енергії від частоти обертання n і кроку спіралі s

- при частоті обертання робочого органу спірального змішувача 100 хв^{-1} найбільша ступінь однорідності комбікорму 97 ... 98% досягається при кроці спіралі від 70 до 95 мм.

- при кроці спіралі робочого органу спірального змішувача 95 мм найбільша ступінь однорідності комбікорму 96 ... 97% досягається на всьому діапазоні частот обертання робочого органу від 100 до 300 хв^{-1} . При цьому мініма-

льна питома витрата енергії менше 0,24 Вт·год/кг забезпечується при частоті обертання від 160 до 260;

- при кроці спіралі робочого органу спірального змішувача 75 мм найбільша ступінь однорідності комбікорму 96 ... 97% досягається на всьому діапазоні частот обертання робочого органу від 100 до 300 хв⁻¹. При цьому мінімальна питома витрата енергії менше 0,12 Вт·год/кг забезпечується при частоті обертання від 160 до 260 мм;

- при кроці спіралі робочого органу спірального змішувача 55 мм найбільша ступінь однорідності комбікорму 97 ... 98% досягається при частоті обертання робочого органу від 180 до 300 хв⁻¹. При цьому мінімальна питома витрата енергії менше 0,15 Вт·год/кг забезпечується при частоті обертання від 180 до 260 хв⁻¹;

- при ексцентриситеті 85 мм найбільша ступінь однорідності комбікорму 97...98% досягається при частоті обертання робочого органу від 100 до 240 хв⁻¹ і при кроці спіралі від 85 до 95 мм. При цьому мінімальна питома витрата енергії менше 0,2 Вт·год/кг забезпечується при частоті обертання від 180 до 260 хв⁻¹.

3.4 Висновки

1. З підвищенням частоти обертання спіралі змішувача від 100 до 350 хв⁻¹ продуктивність змішувача підвищується від 397 до 2970 кг/год, подальше збільшення частоти обертання робочого органу веде до значного збільшення питомої витрати енергії. Збільшення частоти обертання спірального робочого органу сприяє зростанню витраченої потужності від 81 Вт до 645 Вт.

2. При збільшенні кроку спіралі з 35 до 95 мм, продуктивність зростає з 853 кг/год, досягає максимального значення 1586 кг/год при кроці 80 мм, і далі знижується до 1234 кг/год. При цьому витрачена потужність зростає від 150

до потужність 270 Вт. Подальше збільшення кроку спіралі сприяє значному зниженню продуктивності і збільшення питомої витрати енергії.

3. В результаті проведення багатфакторного експерименту встановлено раціональні параметри розробленого спірального змішувача: частота обертання робочого органу від 180 до 260 хв^{-1} крок спіралі - 70 ... 85 мм, що дозволяють забезпечити ступінь однорідності кормової суміші 96 ... 98 % при питомій витраті електроенергії 0,15 ... 0,2 Вт·год/кг.

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 концентруватися 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):

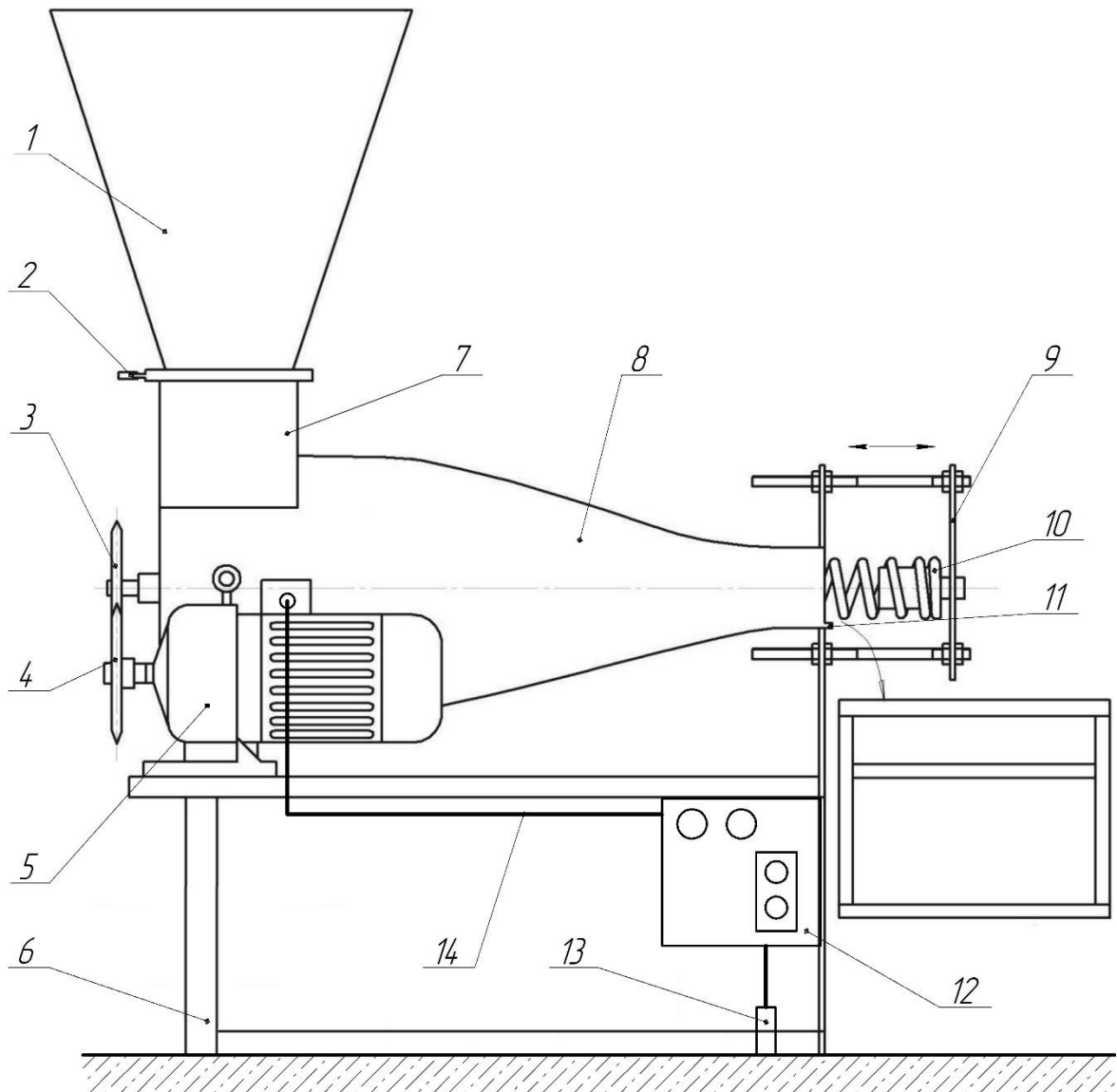


Рисунок 5.1 - Вузли, які потребують певної уваги з точки зору безпеки праці оператора: 1 – приймальний бункер; 2 – регулювальна засувка; 3, 4 – зірочки ланцюгової передачі приводу; 5 – мотор-редуктор; 6 – рама; 7 – завантажувальна горловина; 8 – корпус бункера; 9 ведена цапфа; 10 – спіраль; 11 – вивантажувальна горловина; 12 – шафа керування; 13 – заземлення; 14 – електрокабель

Фізичні:

- рухомі частини виробничого обладнання – мішалка (спіраль);

- 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 – моторредуктор, ланцюгова передача;
 - 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 оператора від надмірного шуму його забезпечують спецзасобами - навушниками [77].

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], розрахунок якого проведемо згідно методики, викладеної в [75].

Вихідні дані до розрахунку: заглиблення електродів - $t_0=0,8$ м; довжина вертикальних заземлювачів – $L=3$ м; діаметр вертикальних електродів – $d=0,025$ м; відстань між стержнями заземлювача – $a=3$ м; питомий опір ґрунту - $\rho_{zp} = 45 \text{ Ом} \cdot \text{м}$; ширина горизонтальної смуги – $b=0,05$ м; розміщення електродів – у ряд; кліматична зона – 1.

Визначаємо розрахунковий опір ґрунту з урахуванням сезонних змін:

$$\rho_g = \rho_{zp} \cdot k_c^g \quad (4.1)$$

де ρ_{zp} – питомий опір ґрунту, Ом·м;

k_c^g – коефіцієнт сезону.

$$\rho_g = 45 \cdot 2 = 90 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

Визначаємо опір одиночного вертикального електрода:

$$R_g = 0,366 \cdot \rho_g / L \cdot [\lg(2L/d) + 0,5 \cdot \lg((4S+L)/(4S-L))] \quad (4.2)$$

де S - відстань відданої поверхні до середини вертикально розташованого електроду, м;

L - довжина вертикальних заземлювачів, м;

d - діаметр вертикальних електродів, м;

$$S = t_0 + 0,5L, \quad (4.3)$$

де t_0 - заглиблення електродів, м.

$$S = 0,8 + 0,5 \cdot 3 = 2,3 \text{ м}$$

Тоді,

$$R_g = 0,366 \cdot 90 / 3 \cdot [\lg(2 \cdot 3 / 0,025) + 0,5 \cdot \lg((4 \cdot 2,3 + 3) / (4 \cdot 2,3 - 3))] = 4,4 \text{ Ом.}$$

Визначаємо приблизна кількість електродів n_0 , приймаючи коефіцієнт використання вертикальних електродів $\eta_g = 1$ і припустимий опір заземлюючого обладнання $R_d = 4$ Ом:

$$n_0 = \frac{R_g}{\eta_g R_d} \quad (4.4)$$

$$n_0 = \frac{4,4}{1 \cdot 4} = 1,1 \approx 2 \text{ шт.}$$

По n_0 уточнюємо η_g^1 по додатку і визначаємо n_1 :

$$n_1 = \frac{R_g}{\eta_g^1 R_d} \quad (4.5)$$

Уточнення кількості електродів та коефіцієнтів їх використання проводиться до тих пір, поки $(n_i - n_{i-1})$ буде менше або дорівнювати 1. Тоді n_i приймається за кінцеве і позначається n_6^{ocm} , уточнюється коефіцієнт використання вертикальних електродів η_6^{ocm} .

$$\text{При } \eta_6^1 = 0,69 \quad n_1 = \frac{4,4}{0,69 \cdot 4} = 1,59 \approx 2 \text{ шт.}$$

Остаточно приймаємо 2 електроди.

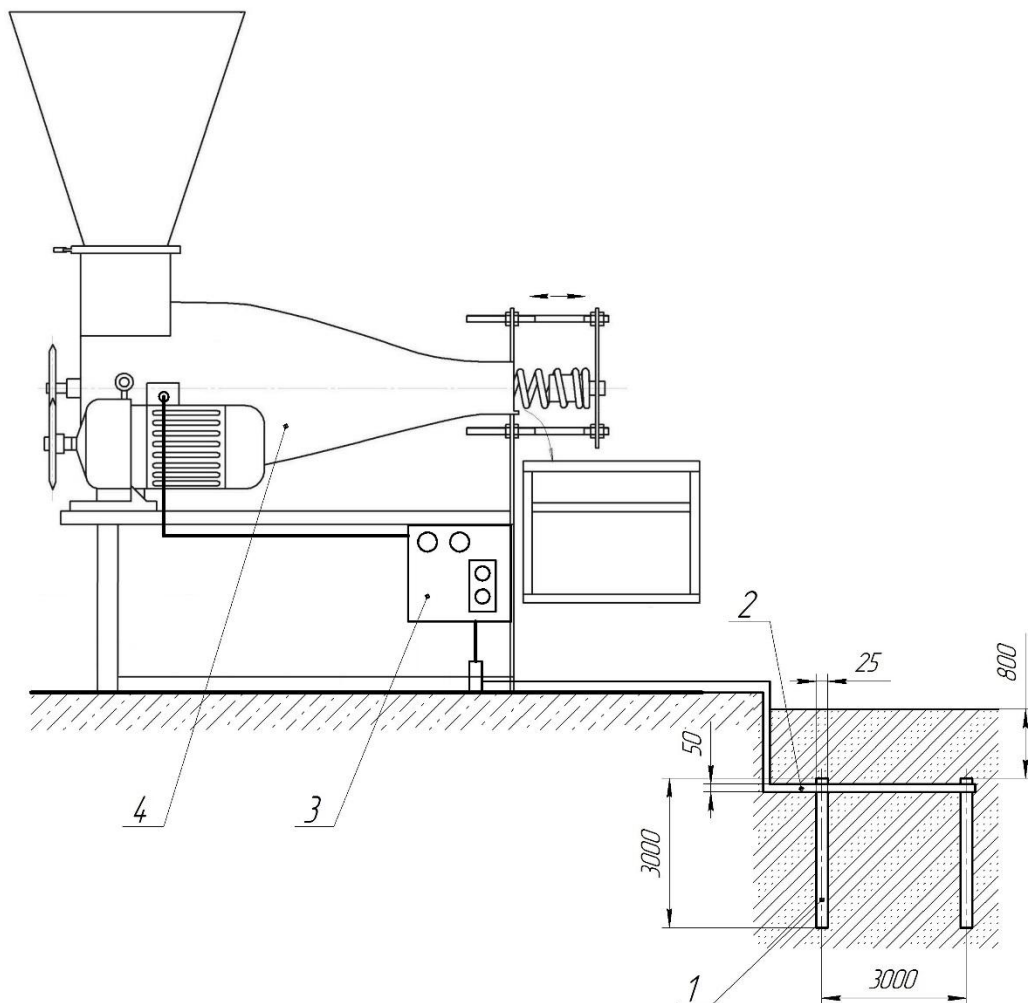


Рисунок 4.2 – Схема контурного захисного заземлення змішувача:

1 – вертикальний заземлювач; 2 – горизонтальна смуга;

3 – блок керування; 4 – змішувач

Довжина горизонтальної з'єднувальної смуги при розташуванні електродів у ряд:

$$L_2 = 1,05 \cdot a \cdot n_g^{ocm} \quad (4.6)$$

$$L_2 = 1,05 \cdot 3 \cdot 2 = 6,3 \text{ м.}$$

Розрахунковий опір для горизонтальної смуги:

$$\rho_2 = \rho_{sp} \cdot k_c^2, \quad (4.7)$$

$$\rho_2 = 45 \cdot 4,5 = 202,5 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

де k_c^2 - коефіцієнт клімату для горизонтальної смуги, $k_c^2 = 4,5$ (з таблиці).

Визначаємо опір горизонтальної смуги:

$$R_2 = (0,366 \cdot \rho_2 / L_2) \cdot 0,5 \cdot \lg(2 \cdot L_2^2 / b \cdot t_0) \quad (4.8)$$

$$R_2 = (0,366 \cdot 202,5 / 6,3) \cdot 0,5 \cdot \lg(2 \cdot 6,3^2 / 0,05 \cdot 0,8) = 19,4 \text{ Ом}$$

Визначаємо сумарний опір контуру заземлення:

$$R_{\text{сум}} = (R_g \cdot R_2) / (R_g \cdot \eta_2 + n_{г.осм} \cdot R_2 \cdot \eta_{г.осм}) \quad (4.9)$$

$$R_{\text{сум}} = (4,4 \cdot 19,4) / (4,4 \cdot 0,45 + 2 \cdot 19,4 \cdot 0,69) = 2,97 \text{ Ом.}$$

Для запобігання ураження струмом при роботі зі змішувачем у разі ушкодження ізоляції (напруга живлення 380 В) дипломною роботою пропонується облаштування захисного заземлення з такими параметрами: 2 елект-

роди з діаметром 0,025 м; $L_2 = 6,3$ м - довжина горизонтальної з'єднувальної смуги при розташуванні електродів в ряд, сумарний опір контуру 2,97 Ом < $R_{\text{доп}} = 4$ Ом.

4.4 Правила безпечного виконання робіт при приготуванні сипких кормів

До роботи па 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 дільниці 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 пожежогасіння, медаптечки, справності засобів сигналізації. Запустити змішувач на холостому ходу, впевнитися 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

Згідно нормативної 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, зокрема проведено розрахунок захисного заземлення. Для розробленого змішувача сипких кормів приведено правила безпечного виконання робіт.

5 Економічне обґрунтування розробленого змішувача

5.1 Вихідні дані

У даному розділі визначається передбачувана економічна ефективність застосування розробленого змішувача сипких кормів у складі установки МКУ – 2,0. 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	
	МКУ – 2,0	розроблений змішувач
Продуктивність, т/год.	2,0	2,15
Потужність, кВт	2,2	1,8
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.	88900	-
Капітальні вкладення, грн.	-	65500

Переваги експериментального змішувача перед серійним:

- зменшення енерговитрат за рахунок зниження питомої енергоемності процесу змішування;

- зменшення витрат на технічне обслуговування та ремонт за рахунок удосконалення конструкції та зменшення матеріалоемності.

5.2 Питомі експлуатаційні витрати

Питомі експлуатаційні витрати розрахуємо за виразом

$$П = П_з + П_а + П_т + П_е, \text{ грн./т} \quad (5.1)$$

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

$П_е$ – питомі витрати на електроенергію, грн./т;

$П_а$ – питомі амортизаційні відрахування, грн./т;

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

Питомі експлуатаційні витрати на заробітну плату визначимо з виразу

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

де n – чисельність обслуговуючого персоналу, люд.

f – годинна тарифна ставка одного працівника, грн./год. Мінімальна заробітна плата, з початку 2021 року, складає у місячному розмірі – 6000 грн., у погодинному розмірі – 36,11 гривень, тому приймаємо $f = 36,11$ 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

$$P_{з.б} = \frac{1 \cdot 36,11 \cdot 1,22}{2,0} = 22,02 \text{ грн./т.}$$

розроблений

$$P_{з.е} = \frac{1 \cdot 36,11 \cdot 1,22}{2,15} = 20,49 \text{ грн./т.}$$

Питомі витрати на енергоресурси визначимо за формулою

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

де N – потужність приводу змішувача, кВт.

$c_e = 2,12$ грн./кВт·год. – вартість електроенергії для II класу напруги до 27,5 кВ з ПДВ.

Тоді за формулою (5.3) маємо за варіантами:

базовий

$$P_{е.б} = \frac{2,2 \cdot 2,12}{2,0} = 2,33 \text{ грн./т.}$$

розроблений

$$P_{е.е} = \frac{1,8 \cdot 2,12}{2,15} = 1,77 \text{ грн./т.}$$

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:

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

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.

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

Тоді за формулою (5.4) маємо за варіантами базовий

$$П_{\text{об}} = \frac{0,10 \cdot 88900 \cdot 0,00034}{2,0} = 1,51 \text{ грн./т};$$

розроблений

$$П_{\text{ан}} = \frac{0,10 \cdot 65500 \cdot 0,00034}{2,15} = 1,03 \text{ грн./т}.$$

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 (5.6) за варіантами маємо

базовий

$$П_{Тоб} = \frac{0,14 \cdot 88900 \cdot 0,00034}{2,0} = 2,11 \text{ грн./т};$$

розроблений

$$П_{Тон} = \frac{0,14 \cdot 65500 \cdot 0,00034}{2,15} = 1,45 \text{ грн./т.}$$

Загальні питомі експлуатаційні витрати (5.1) за варіантом складуть:

базовий

$$П_б = 22,02 + 2,33 + 1,51 + 2,11 = 27,97 \text{ грн./т};$$

розроблений

$$П_п = 20,49 + 1,77 + 1,03 + 1,45 = 24,74 \text{ грн./т}$$

Економія питомих експлуатаційних витрат при впровадженні розробленого експериментального змішувача:

$$E_e = П_б - П_п = 27,97 - 24,74 = 3,23 \text{ грн./т.} \quad (5.7)$$

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:

$$P = \frac{Q \cdot k_{63} \cdot t_{3M} \cdot D \cdot i_{3ав}}{100}, \text{ т} \quad (5.9)$$

де k_{63} – коефіцієнт використання часу зміни, $k_{63} = 0,9$.

$i_{3ав}$ – ступінь завантаження змішувача, %.

Тоді при завантаженні на 100 відсотків

$$P = \frac{2,15 \cdot 0,9 \cdot 8 \cdot 365 \cdot 100}{100} = 5650,2 \text{ т.}$$

$$T = \frac{65500}{5650,2 \cdot 3,23} = 3,58 \text{ роки.}$$

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

$$ПП_6 = 27,97 + \frac{88900}{5650,2} \cdot 0,15 = 30,33 \text{ грн./т;}$$

розроблений

$$ПП_{\sigma} = 24,74 + \frac{65500}{5650,2} \cdot 0,15 = 26,47 \text{ грн./т.}$$

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

$$E = (ПП_{\text{в}} - ПП_{\text{п}})P = (30,33 - 26,47) \cdot 5650,2 = 21809,77 \text{ грн.} \quad (5.11)$$

Усі показники економічної ефективності зведемо в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 - Показники економічної ефективності розробленого змішувача

Показники	Варіанти		Проектований у % до базово- го
	МКУ-2,0 (базовий)	розробле- ний змішувач	
Продуктивність, т/год.	2,0	2,15	107,5
Обслуговуючий персонал, люд.	1	1	100,0
Балансова вартість, грн.	88900	-	-
Капітальні вкладення, грн.	-	65500	-
Питомі річні експлуатаційні витрати, грн./т	27,97	24,74	88,5
в т.ч.: заробітна платня	22,02	20,49	93,1
витрати на електроенергію	2,33	1,77	76,0
амортизаційні відрахування	1,51	1,03	68,2
витрати на ТО та ремонт	2,11	1,45	68,7
Максимальне річне навантаження, т	-	5650,2	-
Економія питомих експлуатаційних витрат, грн./т	-	3,23	-
Економія експлуатаційних витрат, грн.	-	18250,14	-
Строк окупності капітальних вкла-	-	3,58	-

день, років			
-------------	--	--	--

5.4 Висновки до розділу

Техніко-економічна оцінка експериментального змішувача показала, що в порівнянні з базовим МКК-2,0 він має переваги за експлуатаційними витратами, за рахунок зменшення енергоємності та збільшення продуктивності. При цьому економія експлуатаційних витрат складе 18250грн. а строк окупності при впровадженні 3,58 роки.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Сучасні раціони годівлі сільськогосподарських тварин передбачають використання концентрованих кормів в раціоні ВРХ до 30%, при вирощуванні свиней до 95%, а у птиці до 100%. Велика увага приділяється збалансованості готових кормосумішей, так як отримання кормів, що включають весь спектр необхідних для тварин поживних речовин, забезпечує збільшення їх продуктивності на 10 ... 15%. Як наслідок, знижуються виробничі витрати, збільшується рентабельність виробництва. Нерівномірний розподіл компонентів в суміші може привести до передозування, і що не виключено, до захворювань і навіть загибелі тварин і птиці. Таким чином, обґрунтування пристроїв для приготування концентрованих кормів має істотне значення для розвитку тваринництва країни.
2. Конструктивно-технологічна схема спірального змішувача повинна містити корпус з встановленою в ньому з можливістю обертання гнучкою спіраллю з закріпленими кінцями, одним на ексцентрику провідною цапфи з можливістю здійснювати додаткові циклічні кругові рухи, а іншим - на веденій цапфі механізму зміни подачі з можливістю горизонтального переміщення. Встановлено аналітичну залежність середньої швидкості переміщення маси в спіральному змішувачі від частоти обертання робочого органу, кроку спіралі і ексцентриситету. В межах їх зміни від 100 до 350 хв⁻¹, від 35 до 95мм, 55 до 105 мм відповідно. Виявлено, що цим найбільш значимими факторами є, частота обертання гнучкої спіралі і її крок.
3. З підвищенням частоти обертання гнучкої спіралі змішувача від 100 до 350 хв⁻¹ продуктивність змішувача підвищується від 397 до 2970 кг/год, подальше збільшення частоти обертання робочого органу веде до значного збільшення питомої витрати енергії. При збільшенні кроку спіралі з 35 до 95 мм, продуктивність зростає з 853 кг/год, досягає максимального значення 1586 кг/год при кроці 80 мм, і далі знижується до 1234 кг/год. В результаті

проведення багатофакторного експерименту встановлено раціональні параметри розробленого спірального змішувача: частота обертання робочого органу від 180 до 260 хв⁻¹ крок спіралі - 70 ... 85 мм, що дозволяють забезпечити ступінь однорідності кормової суміші 96 ... 98 % при питомій витраті електроенергії 0,15 ... 0,2 Вт·год/кг.

4. Згідно нормативної 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, зокрема проведено розрахунок захисного заземлення. Для розробленого змішувача сипких кормів приведено правила безпечного виконання робіт.
5. Техніко-економічна оцінка експериментального змішувача показала, що в порівнянні з базовим МКК-2,0 він має переваги за експлуатаційними витратами, за рахунок зменшення енергоємності та збільшення продуктивності. При цьому економія експлуатаційних витрат складе 18250грн. а строк окупності при впровадженні 3,58 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. Черняев Н.П. Технология комбикормового производства / Черняев Н.П. – М. : Колос, 1992. – 286 с.
11. Комбикорма, кормовые добавки и ЗЦМ для животных (состав и применение): 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. Щерблыкин // 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 кан. 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 д. 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. Вишне夫斯基 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. Вишне夫斯基. – 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. Механизация 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 ме-

ханизации 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 не размолотых 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., Роцин 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

Обґрунтування параметрів змішувача комбікорму з гнучким робочим органом

демонстраційний матеріал до дипломної роботи освітнього ступеня «Магістр»

Виконав: студент 2 курсу, групи МГМз-1-19
Калько Іван Вікторович

Керівник: к.т.н., доцент
Гаврильченко Олександр Степанович

Дніпро 2021

МЕТА І ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Мета досліджень: підвищення ефективності приготування комбікормів шляхом обґрунтування параметрів змішувача з гнучким робочим органом.

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 змішувача з гнучким робочим органом;
- теоретично обґрунтувати конструкційно-технологічні параметри змішувача комбікормів з гнучким робочим органом;
- експериментально обґрунтувати і виявити раціональні конструкційно-технологічні параметри змішувача з гнучким робочим органом;
- провести аналіз розробленого змішувача з точки зору охорони праці;
- виконати техніко-економічну оцінку розробленої конструкції змішувача з гнучким робочим органом.

АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ

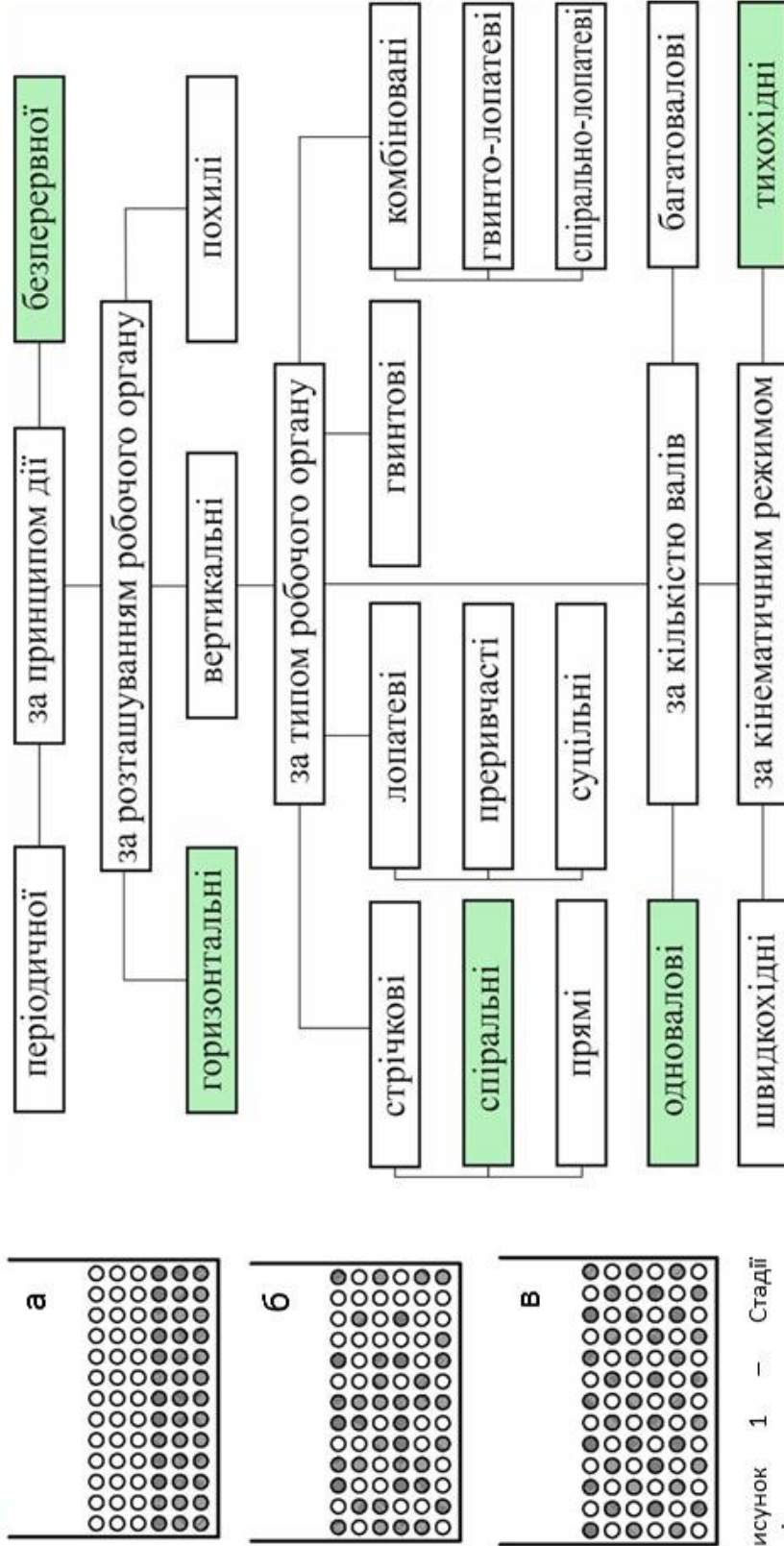


Рисунок 2 – Класифікація змішувачів сипких кормів

Як свідчить досвід, змішувачі безперервної дії більш продуктивні і краще відповідають умовам сучасного потокового виробництва, однак якість одержуваних комбікормів, приготовлених у змішувачах періодичної дії вище. Саме цьому перспективним науковим напрямком з удосконалення конструкцій саме змішувачів безперервної дії.

3

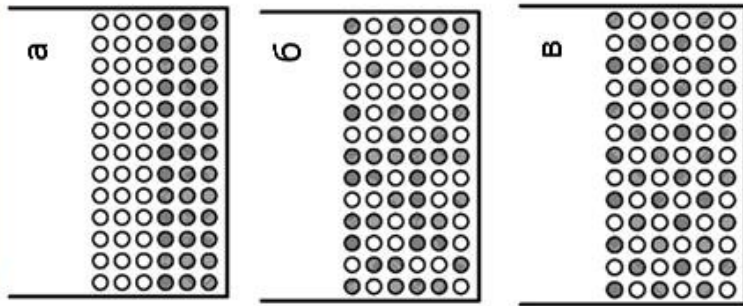


Рисунок 1 – Стадії змішування компонентів: а – вихідний стан; б – статистичний розподіл компонентів у процесі змішування; в – ідеально перемішана суміш (практично нездійсненна)

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

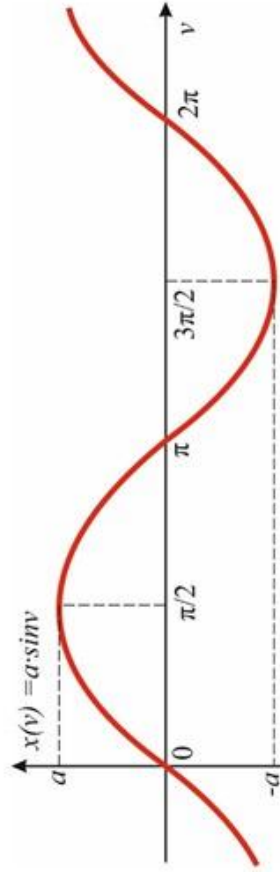


Рисунок 4 - Графік залежності $x(v) = a \cdot \sin v$

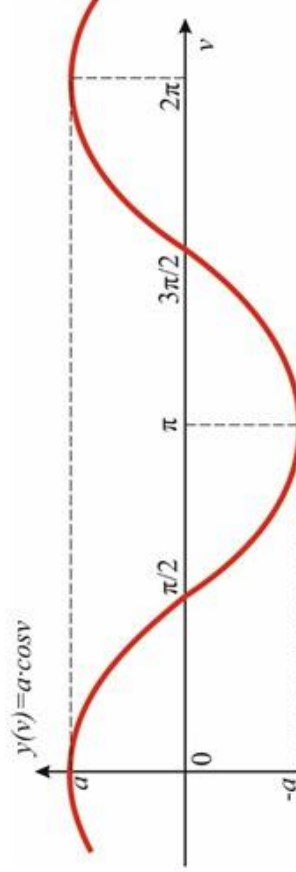


Рисунок 5 - Графік залежності $y(v) = a \cdot \cos v$

Емпірична залежність середньої швидкості $V_{\text{ср}}$, м/хв переміщення частинки має вигляд

$$V_{\text{ср}} = v(n, s, k) = -5,50 + 0,0054n + 0,0833s + 0,0638k + 0,0008n \cdot s + 0,0006n \cdot k - 0,0028s^2 + 0,0032s \cdot k - 0,0021k^2$$

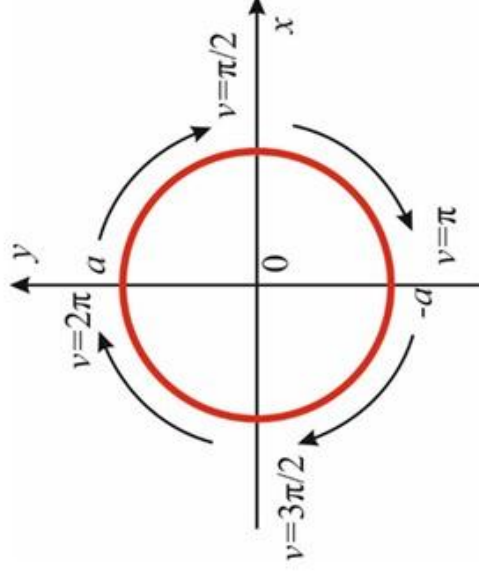


Рисунок 6 - Лінія, задана в параметричному вигляді рівняннями $x = a \cdot \sin v$, $y = a \cdot \cos v$ ($-\infty < v < \infty$)

Аналітична залежність середньої швидкості переміщення маси в спіральному змішувачі від частоти обертання робочого органу, кроку спіралі і ексцентриситету.

$$Q = \frac{\pi}{4} [D_{\text{оме}}^2 - (d_{\text{оме}}^2 - d_{\text{спир}}^2)] \cdot \frac{\varphi \cdot \gamma}{60} \cdot (-5,50 + 0,0054n + 0,0833s + 0,0638k + 0,0008n \cdot s + 0,0006n \cdot k - 0,0028s^2 + 0,0032s \cdot k - 0,0021k^2)$$

ЛАБОРАТОРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

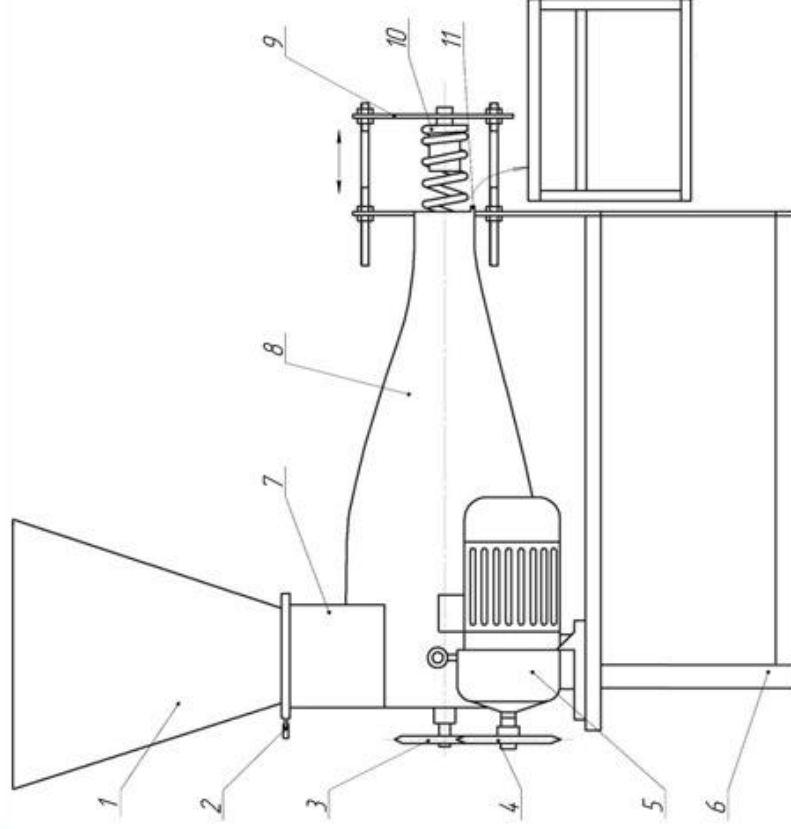


Рисунок 7 - Функціональна схема лабораторної установки: 1 – приймальний бункер; 2 – регулювальна засувка; 3, 4 – зірочки ланцюгової передачі приводу; 5 – мотор-редуктор; 6 – рама; 7 – завантажувальна горловина; 8 – корпус бункера; 9 ведена цапфа; 10 – спіраль; 11 – вивантажувальна горловина

Змінні фактори:

- частота обертання робочого органу n від 100 до 350 хв^{-1} з інтервалом варіювання 50 хв^{-1} ;
- крок спіралі s від 35 до 95 мм з інтервалом варіювання 15 мм.

Критерії оптимізації:

- питомі витрати енергії $W_{\text{пит}}$
Вт·год/кг
- однорідність отриманої суміші
 Θ , %

ЛАБОРАТОРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

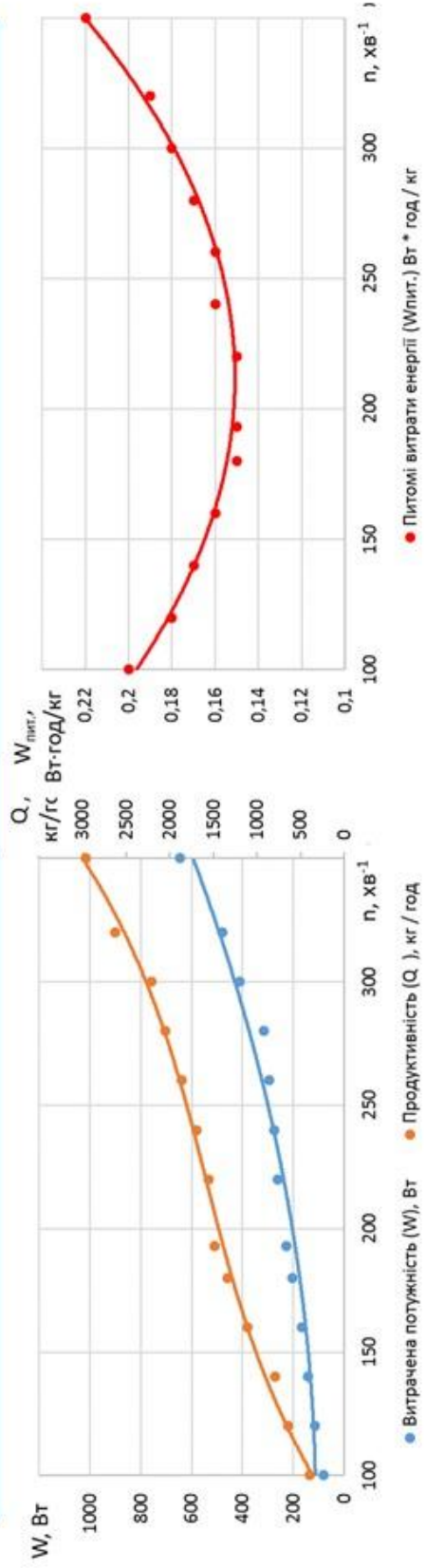


Рисунок 8 - Графічна залежність зміни витраченої потужності (W) та продуктивності (Q) (а) та питомих витрат енергії ($W_{\text{пит}}$) змішувача від частоти обертання робочого органу

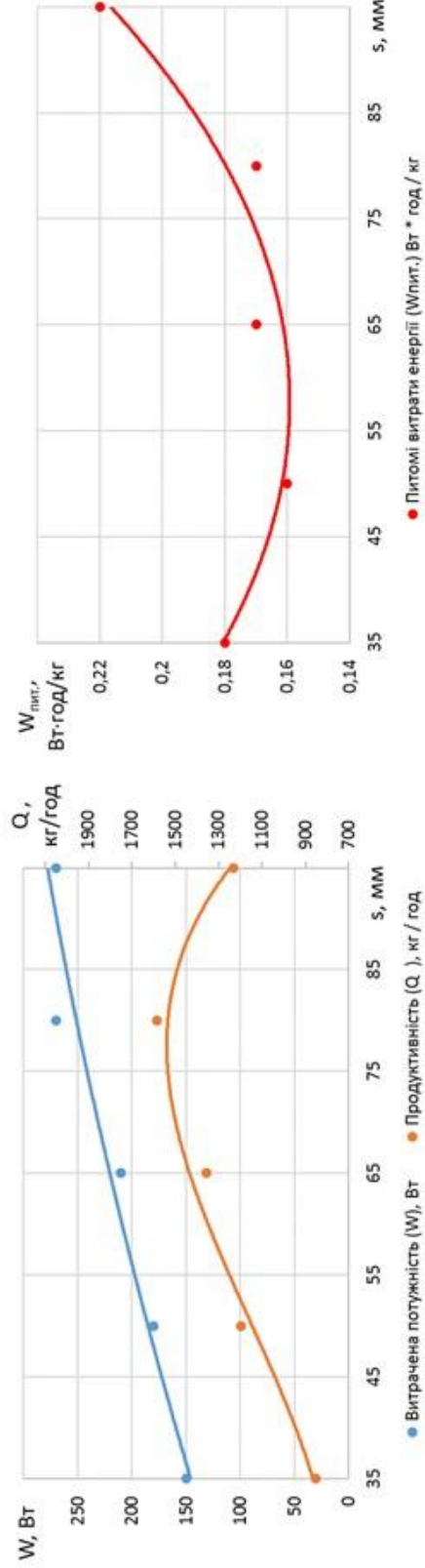


Рисунок 9 - Графічна залежність зміни витраченої потужності (W) та продуктивності (Q) (а) та питомих витрат енергії ($W_{\text{пит}}$) змішувача від кроку спіралі (s)

ЛАБОРАТОРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

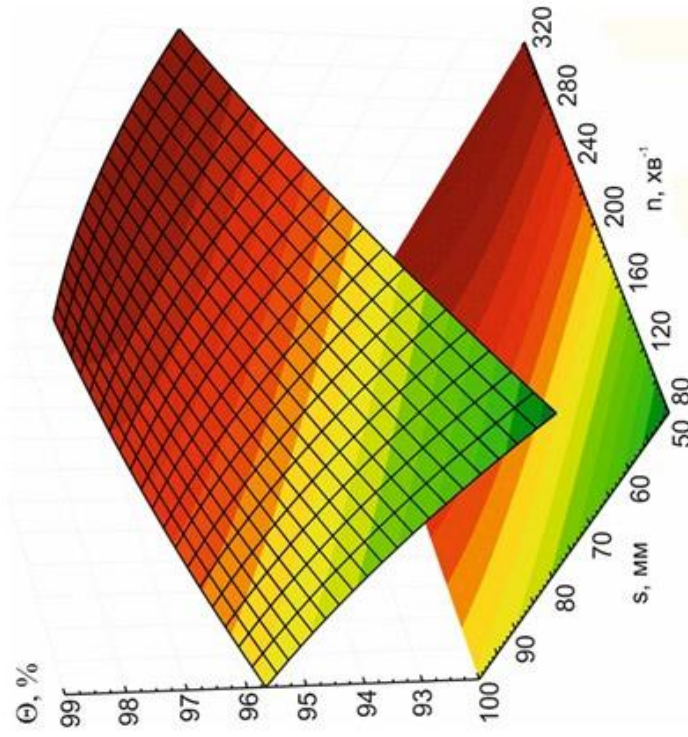


Рисунок 10 – Поверхня відгуку, що характеризує ступінь однорідності суміші від частоти обертання n і кроку спіралі s

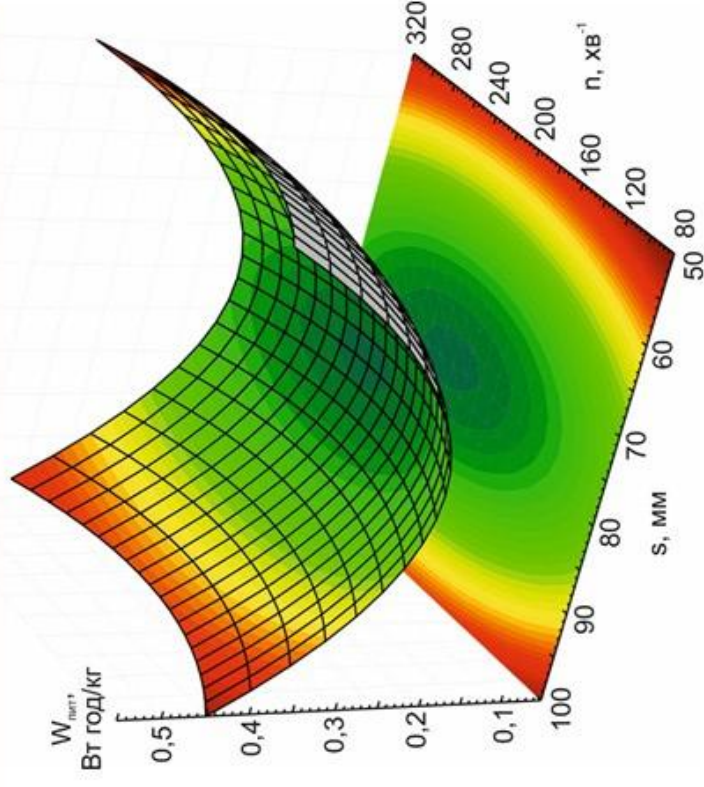


Рисунок 11 – Поверхня відгуку, що характеризує питому витрату енергії від частоти обертання n і кроку спіралі s

В результаті проведення експерименту встановлено раціональні параметри розробленого спірального змішувача: частота обертання робочого органу від 180 до 260 хв^{-1} крок спіралі – 70 ... 85 мм, що дозволяють забезпечити ступінь однорідності кормової суміші 96 ... 98 % при питомій витраті електроенергії 0,15 ... 0,2 $\text{Вт}\cdot\text{год}/\text{кг}$.

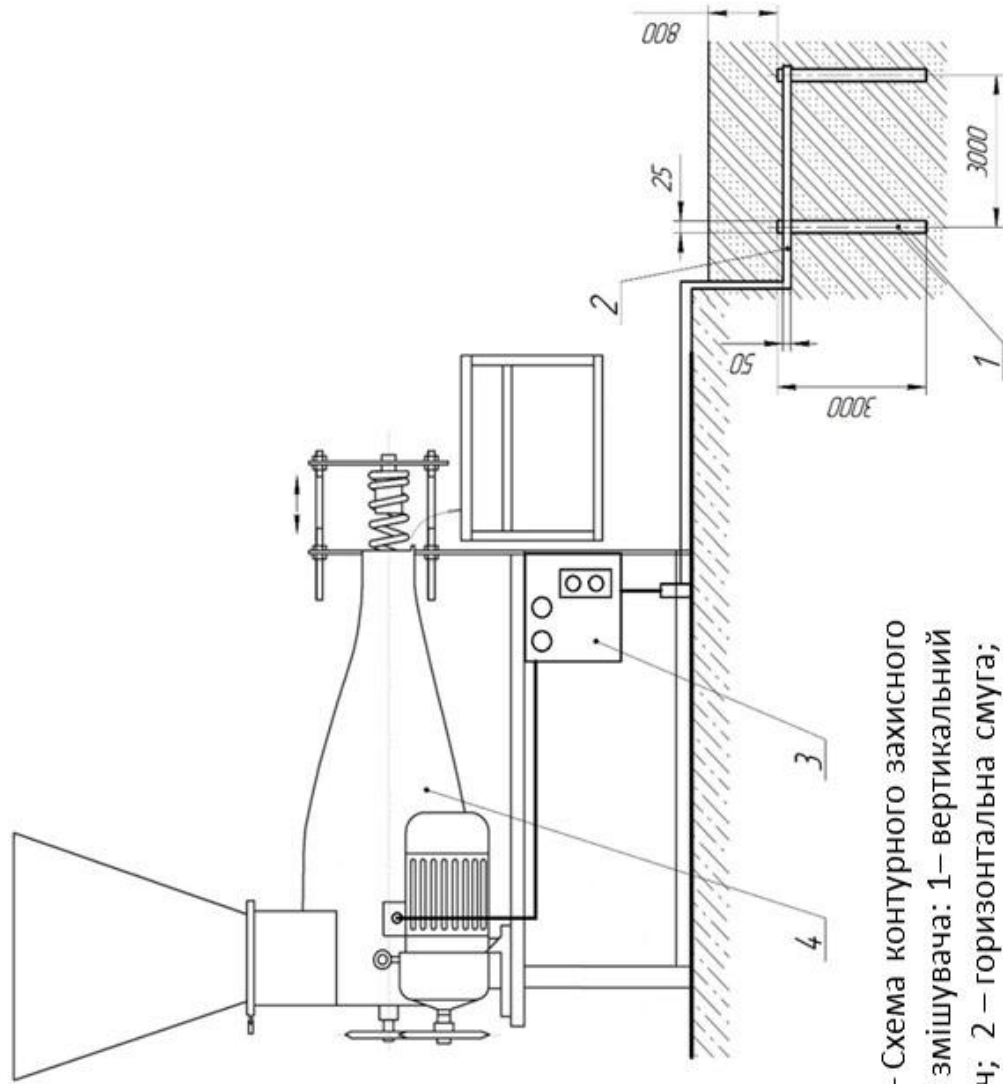


Рисунок 12 – Схема контурного захисного заземлення змішувача: 1 – вертикальний заземлювач; 2 – горизонтальна смуга;

3 – блок керування; 4 – змішувач

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА

Показники	Варіанти		Проектований у % до базового
	МКУ-2,0 (базовий)	розроблений й змішувач	
Продуктивність, т/год.	2,0	2,15	107,5
Обслуговуючий персонал, люд.	1	1	100,0
Балансова вартість, грн.	88900	-	-
Капітальні вкладення, грн.	-	65500	-
Питомі річні експлуатаційні витрати, грн./т	27,97	24,74	88,5
в т.ч.: заробітна платня	22,02	20,49	93,1
витрати на електроенергію	2,33	1,77	76,0
амортизаційні відрахування	1,51	1,03	68,2
витрати на ТО та ремонт	2,11	1,45	68,7
Максимальне річне навантаження, т	-	5650,2	-
Економія питомих експлуатаційних витрат, грн./т	-	3,23	-
Економія експлуатаційних витрат, грн.	-	18250,14	-
Строк окупності капітальних вкладень, років	-	3,58	-

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Сучасні раціони годівлі сільськогосподарських тварин передбачають використання концентрованих кормів в раціоні ВРХ до 30%, при вирощуванні свиней до 95%, а у птиці до 100%. Велика увага приділяється збалансованості готових кормосумішей, так як отримання кормів, що включають весь спектр необхідних для тварин поживних речовин, забезпечує збільшення їх продуктивності на 10 ... 15%. Як наслідок, знижуються виробничі витрати, збільшується рентабельність виробництва. Нерівномірний розподіл компонентів в суміші може привести до передозування, і що не виключено, до захворювань і навіть загибелі тварин і птиці. Таким чином, обґрунтування пристроїв для приготування концентрованих кормів має істотне значення для розвитку тваринництва країни.
2. Конструктивно-технологічна схема спірального змішувача повинна містити корпус з встановленою в ньому з можливістю обертання гнучкою спіраллю з закріпленими кінцями, одним на ексцентрику провідною цапфи з можливістю здійснювати додаткові циклічні кругові рухи, а іншим - на веденій цапфі механізму зміни подачі з можливістю горизонтального переміщення. Встановлено аналітичну залежність середньої швидкості переміщення маси в спіральному змішувачі від частоти обертання робочого органу, кроку спіралі і ексцентриситету. В межах їх зміни від 100 до 350 хв⁻¹, від 35 до 95мм, 55 до 105 мм відповідно. Виявлено, що цим найбільш значимими факторами є, частота обертання гнучкої спіралі і її крок.
3. З підвищенням частоти обертання гнучкої спіралі змішувача від 100 до 350 хв⁻¹ продуктивність змішувача підвищується від 397 до 2970 кг/год, подальше збільшення частоти обертання робочого органу веде до значного збільшення питомої витрати енергії. При збільшенні кроку спіралі з 35 до 95 мм, продуктивність зростає з 853 кг/год, досягає максимального значення 1586 кг/год при кроці 80 мм, і далі знижується до 1234 кг/год. В результаті проведення багатфакторного експерименту встановлено раціональні параметри розробленого спірального змішувача: частота обертання робочого органу від 180 до 260 хв⁻¹ крок спіралі - 70 ... 85 мм, що дозволяють забезпечити ступінь однорідності кормової суміші 96 ... 98 % при питомій витраті електроенергії 0,15 ... 0,2 Вт·год/кг.
4. Згідно нормативної 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, зокрема проведено розрахунок захисного заземлення. Для розробленого змішувача сипких кормів приведено правила безпечного виконання робіт.
5. Техніко-економічна оцінка експериментального змішувача показала, що в порівнянні з базовим МКК-2,0 він має переваги за експлуатаційними витратами, за рахунок зменшення енергоємності та збільшення продуктивності. При цьому економія експлуатаційних витрат складе 18250грн. а строк окупності при впровадженні 3,58 роки.

МАТЕРИАЛИ

ЗА XIII МЕЖДУНАРОДНА НАУЧНА ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦИЯ

НАСТОЯЩИ ИЗСЛЕДВАНИЯ И РАЗВИТИЕ- 2020

17 - 25 grudnia, 2020

Том 6
Медицина
Биологични науки
Екология
Ветеринарен
Селско стопанство

София
«Бял ГРАД-БГ» ООД
2016

Материали за 13-а международна научна практическа конференция, «Настоящи изследвания и развитие- 2020», Том 6. Медицина. Биологични науки. Екология. Ветеринарен. Селско стопанство: София. «Бял ГРАД-БГ» ООД - 92 стр.

Редактор: Милко Тодоров Петков

Мениджър: Надя Атанасова Александрова

Технически работник: Тагяна Стефанова Тодорова

Материали за 13-а международна научна практическа конференция, «Настоящи изследвания и развитие- 2020», 17 - 25 януари, 2020 на Медицина. Биологични науки. Екология. Ветеринарен. Селско стопанство

За ученици, работници на проучвания.

Цена 10 BGLV

ISBN 978-966-8736-05-6
© Колектив на автори, 2020
© «Бял ГРАД-БГ» ООД, 2020

К.г.н. Дудін В.Ю., магістрант Авраменко В.В., магістрант Калько І.В.
*Дніпровський державний аграрно-економічний університет,
 Україна*

ВИКОРИСТАННЯ КОМБІКОРМІВ ТА ЗАСОБИ ДЛЯ ЇХ ПРИГОТУВАННЯ

Відомо, що продуктивність сільськогосподарських тварин на 50...60 % залежить від якості кормів. Що стосується свиней та птиці, то в Україні переважає сухий тип годівлі з використанням концентрованих кормів, при цьому більше 80 % птиці годують повнораціонними комбікормами (рис. 1) [1].

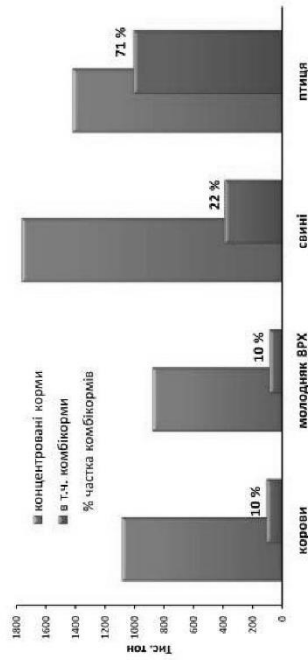


Рисунок 1 - Питома вага спожитих повнораціонних комбікормів у загальній кількості концентратів у с-г. підприємствах за видами худоби та птиці у 2020 році

В галузі свинарства цей показник значно нижчий і заходиться на рівні 20...22 %. Це можна пояснити тим, що біля 60 % всього поголів'я свиней в Україні зосереджено в господарствах населення та на малих (до 1000 голів) фермах [1] де годівлю тварин переважно здійснюють концентрованими кормами в чистому вигляді без приготування кормосумішей. З рис. 1 можна зробити висновок, що найбільше споживання концентратів спостерігається в галузі

свинарства, при цьому доля повнораціонних комбікормів досить низька – 22 %. Це пояснюється відсутністю або недостатністю обладнання для їх приготування на фермах з невеликим поголів'ям, хоча в Україні вони складають більшість (рис. 2 та 3), а саме змішувачів сипких кормів, які могли б використовуватись на малих фермах.



Рисунок 2 – Розподіл поголів'я свиней за категоріями та видами господарств

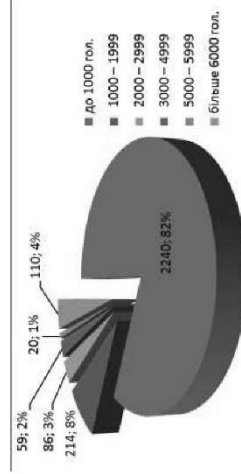
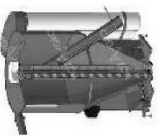




Рисунок 3 - Групування сільськогосподарських підприємств за наявністю поголів'я свиней

При цьому такі змішувачі повинні бути надійні, прості в експлуатації та забезпечувати необхідну якість процесу приготування комбікормів - високу однорідність процесу змішування.

На сьогодні найбільшого поширення в комбікормових установках малої продуктивності отримали три типи змішувачів: вертикальний шнековий, вертикальний лопатевий та горизонтальний спірально-стрічковий (табл. 1).

Таблица 1 – Порівняльні характеристики різних типів змішувачів порційного типу

Конструктивна схема	Тип	Однорідність змішування, %	Питома енергосмісткість, кВт/т	Об'єм змішування, м	Призначення
	вертикальний шнековий	85...92	0,75...1,85	0,5...4,4	приготування комбікорів
	вертикальний лопатевий	92...97	3,6...5,5	0,08...0,6	приготування преміксів, БМВД
	горизонтальний спіральний стрічковий	95...97	2,25...3,25	0,25...2,5	приготування преміксів, БМВД, комбікорів

Як видно з табл. 1, найкращі показники по якості змішування мають горизонтальні змішувачі, оснащені спіралью-стрічковим робочим органом, при цьому питома енергосмісткість процесу знаходиться на середньому рівні.

Література:

Статистичний збірник: Тваринництво України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: http://ukrstat.org/uk/druk/publicat/kat_u/2015/zb/05/zb_tu_pdf.zip. – Назва з екрана.

Н.К. Жаңалдиев, Абрашева К. М., Поляков В.В., П.С. Дмитриев ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФИТОПРЕПАРАТА ИЗ ШЕЛУХИ ЛУКА РЕПЧАТОГО (ALLIUM SERA) В КАЧЕСТВЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОГО БИОСТИМУЛЯТОРА РОСТА СЕМЯН ПШЕНИЦЫ ЯРОВОЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СПЕЦИАЛЬНОГО ТЕРМОСТАТА ДЛЯ ПРОРАЩИВАНИЯ ТПС-2.....34

Зоология

Кармышев Ю.В., Орлян Л.Л. ПРЕДСТАВИТЕЛИ ГЕРПЕТОКОМПЛЕКСОВ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО ГОРОДА40

Биохимия и биофизика

Думенко В.П., Цмуз Т.П. ДОСЛІДЖЕННЯ БІОЛОГІЧНИХ РІДИН ФІЗИЧНИМИ МЕТОДАМИ44

ЭКОЛОГИЯ

Мельник А.П., Німечь Н.М., Подутов М.О. ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПРИ ПОВЕРНЕННІ СУПУТНЬО-ПЛАСТОВИХ ВОД НАФТОГАЗОКОНДЕНСАТНИХ РОДОВИЩ.....50

ВЕТЕРИНАРЕН

Скворцов А.И., Евылков Н.В., Сагтаров В.Н. МОРДОВНИК ШАРОГоловый, или ЕЖОВИК КРУГоловый – НАДЕЖНЫЙ НЕКТАРОПЫЛЬЦЕНОС55

СЕЛСКО СТОПАНСТВО

Механизация на селското стопанство

Ермаков С.В., Борис Н.М. СОПОСТАВЛЕНИЕ РЕШЕНИЙ ЛЕСОПОСАДОЧНЫХ МАШИН С ТРЕБОВАНИЯМИ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ДРЕВЕСНЫХ КУЛЬТУР (ИВА, ТОПОЛЬ).....60

Дулін В.Ю., Авраменко В.В., Калько ВИКОРИСТАННЯ КОМБІКОРМІВ ТА ЗАСОБИ ДЛЯ ЇХ ПРИГОТУВАННЯ 63

Земеделието, почвата и агрохимия

Сейітказиев Ә.С., Сейітказиева Қ.Ә., Ергазы М.Б., Смайлова А.Қ. ТОПЫРАҚТЫҢ ГИДРОХИМИЯЛЫҚ АЛМАСУЛАРЫН АНЫҚТАУ66

Сейітказиев Ә.С., Естаев Қ.А., Сейітказиева Қ.Ә., Ергазы М.Б. ТОПЫРАҚТЫҢ ЫЛГАЛДЫҒЫНА БАЙЛАНЫСТЫ ҮЛЕСТІК СУ АҒЫЗЫНДЫСЫ.....72

Нуржанова С.Б., Малимбаева А.Д., А. М. Шибикеева ҚЫЯР ДАҚЫЛЫ ӨСІРІЛГЕН КҮНГІРТ ҚАРА-ҚОҢЫР ТОПЫРАҚТЫҢ ҚОРЕКТІК РЕЖИМИ. 76