

Центральноукраїнський національний технічний університет

Агротехнічний факультет

Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

зав. кафедрою СГМ

к.т.н., доцент

_____ Сергій ЛЕЩЕНКО

“ ____ ” _____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**за другим (магістерським) рівнем вищої освіти
на тему:**

"Удосконалення змішувача кормів з обґрунтуванням конструктивних
та режимних параметрів мішалки"

Виконав здобувач вищої освіти ____ІІ____ курсу,
групи ГМ-22М-1.1

ОНП «Галузеве машинобудування» спеціальності
133 «Галузеве машинобудування»

_____ Мандрицький Микола Юрійович

« ____ » _____ 2024 р.

Керівник проекту

доцент, канд. техн. наук

_____ Руслан КІСІЛЬОВ

« ____ » _____ 2024 р.

Рецензент Руслан КІРЧУК

м. Кропивницький

		№ строки	Формат	Обозначение	Наименование	Кол. листов	№ экз.	Примечание
Перв. примен.		1						
		2			Загальна документація			
		3						
		4			Знову розроблена			
		5						
Страй. №		6	A4	MP 00.000 ПЗ	Пояснювальна записка	1		
		7						
		8			Документація по			
		9			науковій частині			
		10						
		11			Знову розроблена			
		12						
Подп. и дата		13	A1	MP 00.001 НЧ	Класифікація змішувачів	1		
		14						
		15	A1	MP 00.002 НЧ	Теоретичні дослідження	1		
		16			процесу змішування			
Инд. № змін.		17						
		18	A1	MP 00.003 НЧ	Теоретичні дослідження	1		
Взам. инд. №		19			процесу змішування			
		20						
		21	A1	MP 00.004 НЧ	Результати експериментальних	1		
		22			досліджень			
Подп. и дата		23						
		24						
Инд. № подл.	Разраб.	Мандрицький			Відомість проекту	Лит.	Лист	Листов
	Пров.	Кісільов					1	2
	Н.контр.	Мачок				ЦНТУ,		
	Утв.	Леценко				гр. ГМ-22М-1.1		

Копіював

Формат A4

		№ строки	Формат	Обозначение	Наименование	Кол. листов	№ экз.	Примечание
		1			<u>Документація по</u>			
		2			<u>інженерній частині</u>			
		3						
		4			<u>Знову розроблена</u>			
		5						
		6	A1	MP 00.000 TC	Технологічна схема	1		
		7			змішувача СКО-Ф-3,0			
		8						
		9	A1	MP 00.040 СБ	Мішалка змішувача	1		
		10						
		11						
		12			<u>Документація по</u>			
		13			<u>деталях</u>			
		14						
		15			<u>Знову розроблена</u>			
		16						
		17	A3	MP 00. 102	Цапфа	1		
		18						
		19	A3	MP 00. 105	Лопать ліва	1		
		20						
		21	A3	MP 00. 106	Лопать права	1		
		22						
		23	A3	MP 00. 101	Труба	1		
		24						
		25						
		26						
		27						
		28						
		29						
Інв. № підл.	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата					
				MP 00.000 ВП				
Ізм.	Лист	№ док-м.	Підп.	Дата	Лист			
					2			

ЗМІСТ

стор.

1. Вступ	
2. Наукова частина	
3. Інженерна частина.....	
4. Охорона праці	
5. Визначення економічної ефективності.....	
6. Висновки	
Список літератури	
Додатки.....	

					<i>MP 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Сфера тваринництва є важливою галуззю сільськогосподарського сектору, яка має забезпечити населення нашої країни достатньою кількістю харчових продуктів, таких як м'ясо, молоко, яйця, а також сировину для промислових потреб. Сучасні вимоги до якості та кількості продукції вимагають використання інтенсивних методів утримання худоби та птахівництва, що включають в себе використання та постійне удосконалення механізації та автоматизації на фермах. Також важливою є розробка потужної кормової бази.

Для досягнення цих цілей необхідне впровадження нових методів збирання та зберігання кормів, а також використання прогресивних технологій їх підготовки та переробки. Це дозволить покращити якість та поживність кормів, а також більш ефективно використовувати рослинні відходи та дешеві корми.

Правильна обробка та підготовка кормів сприяє підвищенню продуктивності тварин за рахунок поліпшення їх здоров'я та збільшення ваги. Це також допомагає зменшити витрати на корми та покращити загальну якість тваринницької продукції.

Процеси обробки та підготовки кормів до згодовування та подальшого створення кормосумішей відбуваються у механізованих кормоцехах, які обладнані поточковими технологічними лініями та спеціальним сучасним обладнанням і машинами. Змішування різних кормів та їх компонентів для формування кормосумішей є важливою та відповідальною операцією в цих технологічних лініях.

На сьогоднішній день у механізованих кормоцехах в Україні та за кордоном ще широко використовуються застарілі змішувачі різних конструкцій, які не завжди можуть повністю задовольнити потреби у приготуванні кормосумішей. Ці застарілі конструкції мають недоліки, такі як

					MP 00.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Мандрицький				Вступ		Літ.	Арк.
Перевір.	Кісільов							Аркушів
Реценз.								
Н. Контр.	Мачок						ЦНТУ, зр. ГМ-22М-1.1	
Затверд.	Лещенко							

висока енерговитратність та велика витрата металу. Брак повного обґрунтування параметрів основних робочих органів і режимів роботи також вносить свої ускладнення.

Ця проблема вимагає уваги для подальшої розробки нових та вдосконалення існуючих конструкцій змішувачів у магістерських роботах, щоб вони відповідали базовим стандартам та зоотехнічним вимогам щодо якості.

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. НАУКОВА ЧАСТИНА

2.1. Актуальність теми досліджень. Стабільне та ефективне управління галуззю тваринництва, надійне забезпечення виробництва високоякісної продукції та зниження її собівартості передбачають впровадження повносистемної інтенсифікації. Це свідчить про використання сил для підтримки кормової бази за допомогою прогресивних методів заготівлі, зберігання якісних кормів та новітніх технологій підготовки кормів до годівлі з наступним приготуванням збалансованих повнораціонних кормосумішей. Реалізація цих процесів сприяє поліпшенню органолептичних та смакових характеристик використовуваних кормів, а також правильному використанню відходів сільськогосподарської галузі.

Мета і завдання досліджень. Метою такої роботи є підвищення якості та ефективності приготування групи повнораціонних і збалансованих кормових сумішей з різної кількості компонентів кормів для великої рогатої худоби, а також вдосконалення самої лопатевої мішалки змішувача шляхом обґрунтування конструктивних та режимних параметрів.

Для досягнення цієї мети в роботі визначені наступні завдання:

1. Є опрацювання актуальних літературних джерел та визначення перспективних напрямків розвитку конструкцій лопатевих змішувачів.
2. Обґрунтування технологічної схеми лопатевої мішалки змішувача та визначення оптимального розташування лопатей.
3. Вивчення кінетики руху лопатевої мішалки та визначення оптимальних параметрів роботи.
4. Проведення експериментальних досліджень в лабораторії змішувача з використанням натурного зразка та потрібних приладів.
5. Обробка результатів експериментальних досліджень за допомогою теорії ймовірності та математичної статистики.

Об'єктом досліджень є процеси змішування кормів та їх компонентів для великої рогатої худоби в плосколопатевих змішувачах, а предметом - конструктивні та режимні параметри лопатевої мішалки для приготування повнораціонних кормових сумішей.

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Методи дослідження включають теоретичні дослідження з використанням математичних методів моделювання технологічних процесів, а також лабораторні експерименти з вивченням кінетики щодо руху лопатевої мішалки та обробку результатів за допомогою теорії ймовірності та математичної статистики.

Предметом досліджень є обґрунтування конструктивних та режимних параметрів лопатевої мішалки змішувача порційної дії для приготування повнораціонної збалансованої кормової суміші.

Методи досліджень включають теоретичні дослідження з використанням математичних методів моделювання технологічного процесу змішування компонентів кормів лопатевою мішалкою. Крім того, проводиться цикл лабораторних досліджень, в яких виконується експеримент за стандартними методиками з використанням натурального зразка змішувача та необхідних приладів. Після цього результати експериментальних досліджень обробляються з використанням положень теорії ймовірності та математичної статистики.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у наступному:

Оцінено вплив режимних параметрів руху плоских (лівих і правих) лопатей з радіальними пальцями на якість роботи мішалки.

Теоретично обґрунтовані та визначені основні характерні параметри робочих органів удосконаленої мішалки.

2.2. Теоретичні дослідження процесу змішування кормів.

На сучасному етапі розвитку сільськогосподарського машинобудування акцент зроблено на виробництво одновальних змішувачів кормів, які призначені для приготування раціонів для ВРХ, свиней та інших тварин. Вони оснащені різноманітними механізмами, такими як шнеки, стрічки, лопаті, які забезпечують високу продуктивність та надійність в промисловому застосуванні, зокрема, у механізованих кормових цехах. Ці конструкції відрізняються простотою, ефективністю та зменшеною витратою металу, а також підвищеною динамічністю, що сприяє підвищенню корисної дії.

Робочий процес таких змішувачів періодичної дії складається з наступних

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

етапів: завантаження відповідних компонентів (таких як силос, солома, сінаж, концентровані корми тощо) з подальшим їх перемішуванням та вивантаженням готової кормової суміші. Цей процес повторюється циклічно.

Змішувачі такого типу готують суміші до однорідної маси з тривалістю змішування та рівнем однорідності не менше 85%. Аналіз цих показників свідчить про нестабільність та складність процесу, оскільки компоненти суміші подаються нерівномірно, і для досягнення високого рівня однорідності потрібний тривалий час.

У змішувачах підлягає загальному перемішуванню лише частина корму, що складається з різних складових та добавок. Цей процес складається з трьох окремих елементарних процесів:

а) інтенсивне переміщення групи суміжних частинок з одного місця в інше з послідовним проникненням шарів та їх ковзанням (конвективне змішування);

б) швидкий перерозподіл частинок крізь новоутворену границю або зону (дифузійне змішування);

в) скупчення частинок з схожою масою та розмірами відбувається у відповідних місцях змішувача під дією інерційних та гравітаційних сил (сегрегація частинок).

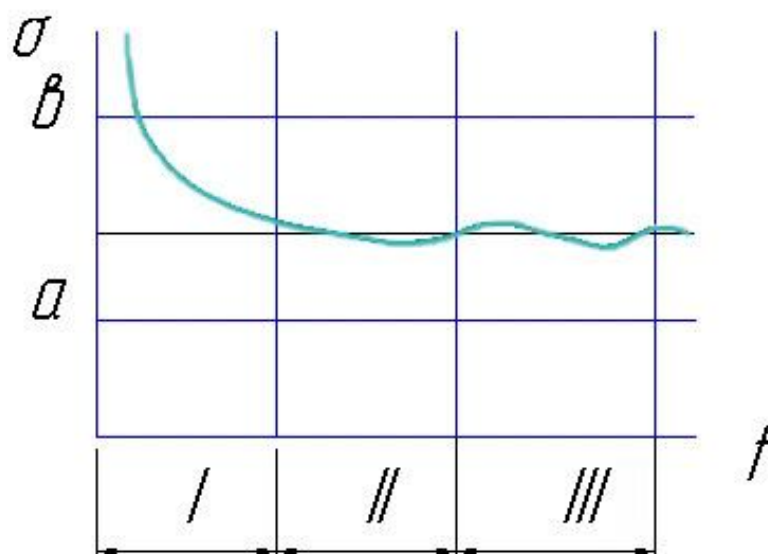


Рис. 2.1. Характеристика окремих етапів кінетики (σ) у залежності від тривалості (t) процесу змішування: перший етап – конвективне змішування;

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

другий етап – дифузійне змішування; третій етап – завершення самого процесу змішування (сегрегація часток).

Перші два етапи сприяють покращенню якості суміші, а третій уповільнює загальний процес змішування. Всі етапи проходять одночасно, проте кожен має свій вплив у різні періоди, тому час процесу змішування різний. На початкових етапах якість суміші покращується завдяки інтенсивному конвективному змішуванню компонентів на рівні макрооб'ємів. У цей період дифузійний процес майже не відбувається через малу поверхню контакту, і швидкість змішування практично не залежить від фізико-механічних властивостей маси.

Коли змішування на рівні макрооб'ємів завершується, починається інтенсивне перемішування на рівні мікрооб'ємів. Другий етап характеризується домінуванням дифузійного змішування (зона II), а потім настає етап сегрегації часток, коли подовження змішування стає неефективним і його слід припинити (зона III).

Тривалість дифузійного етапу залежить від фізико-механічних властивостей компонентів кормів, таких як гранулометричний склад, щільність, форма та характер поверхонь. Близькі за властивостями компоненти мають ефективніше змішування, а значна різниця у розмірах сприяє сегрегації часток. Показник середнього розміру часток визначається за наступною формулою:

$$d_{сер} = \frac{1}{100} \cdot \sum_{i=1}^{n_{\phi}} d_i \cdot \gamma_i, \quad (2.1)$$

де d_i – середнє значення окремої часток i -ої фракції, мм; γ_i – вміст i -ої частки фракції в кормосуміші, %; n_{ϕ} – кількість перемішувальних компонентів фракцій.

Чинник вологості отриманої сумішки доводиться до необхідності за такою формулою:

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$W_{\text{заг}} = \frac{n_1 W_1 + n_2 W_2 + \dots + n_n W_n}{n_1 + n_2 + \dots + n_n}, \quad (2.2)$$

де $n_1, n_2 \dots n_n$, – чинники маси складових різних компонентів кормів, кг;

$W_1, W_2 \dots W_n$, – заданий показник вологості складових компонентів.

Коли кількість інгредієнтів зростає, кожен з них стає меншим за вагою у кінцевій суміші, а сам процес змішування сповільнюється поступово.

У такому випадку, ефективність процесу сумішоутворення можна оцінити за допомогою зростання масової частки контрольного компонента відповідно до часу. Тобто, рівняння кінетики для цього процесу буде мати такий вигляд:

$$v_{\text{зм.}} = dC_i/dt = f_n(t) - f_o(t), \quad (2.3)$$

де $v_{\text{зм.}}$ – чинник інтенсивності процесу у вигляді сумішоутворення, 1/с;

C_i – вміст контрольного компонента корму, г/г;

t – тривалість завершальної стадії процесу змішування часток, с;

$f_n(t)$ і $f_o(t)$ – чинники інтенсивності прямого, а також зворотного процесів ефективного сумішоутворення, 1/с.

Проведений аналіз процесу змішування з використанням різних робочих органів мішалок показує, що вони не дають повного та необхідного уявлення про фізичну сутність процесу змішування. Це свідчить про те, що розроблені конструкції робочих органів не забезпечують чіткого контролю за активним перерозподілом компонентів та оперативним управлінням процесом сумішоутворення.

Всі змішувані компоненти кормів піддаються рівному та залежному впливу основних робочих органів, рухаючись за довільними траєкторіями. Після цього відбувається довільний дифузійний перерозподіл завантажених часток між потоками компонентів, що призводить до недостатньої однорідності суміші. Такий процес механічного змішування кормів не забезпечує повного розподілу компонентів, ускладнюючи досягнення високих показників

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

однорідності.

Проте, у змішувачі даної конструкції інтенсивний масообмін між потоками всіх компонентів призводить до вирівнювання загальної концентрації компонентів. Це досягається за рахунок збільшення зіткнень часток та складніших траєкторій руху, а також підвищених перетинів, порівняно з традиційними змішувачами.

Для усунення недоліків традиційних кормозмішувачів можна застосувати потоково-контурну схему руху часток в об'ємі бункера. Таке покращення сприятиме інтенсифікації процесу змішування та підвищить рівень однорідності суміші.

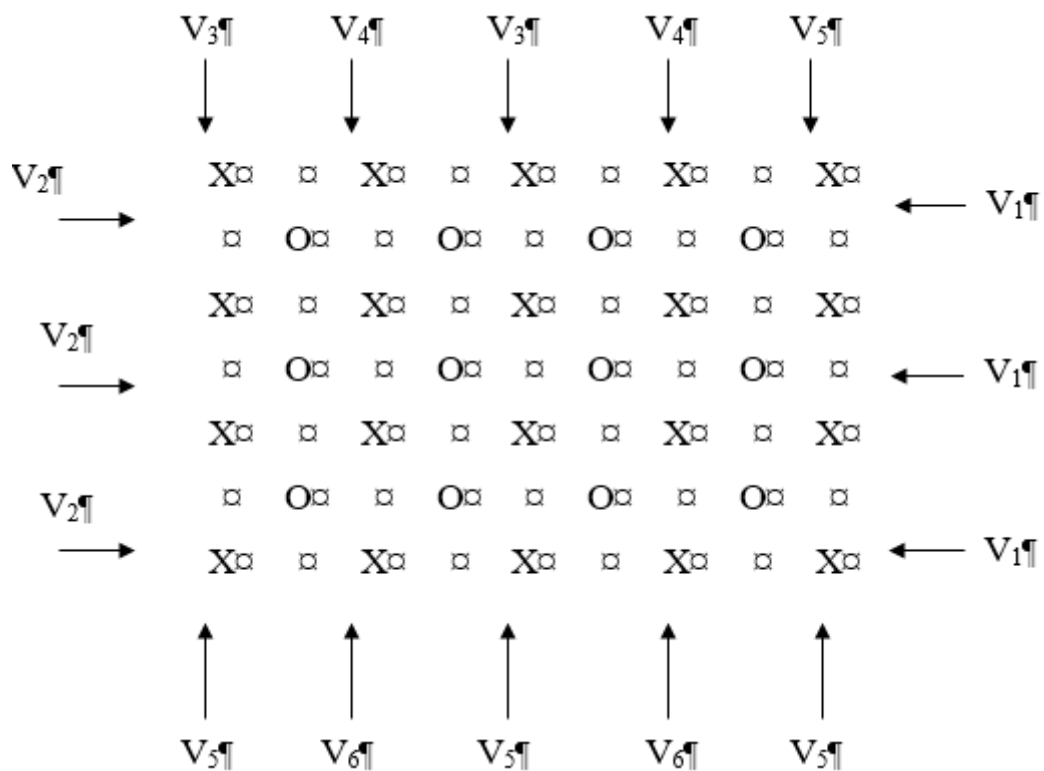


Рис. 2.2. Виконана графічна схема, що надає характеристику визначеному способу сумішоутворення.

Швидкості руху компонентів кормів під дією різних робочих органів мішалок можуть бути представлені на рисунку 2.3. Використання різноманітних механізмів, таких як осьовий напрямок руху, круговий рух, а також відцентровий рух, що здійснюється за допомогою лопатей та пальців, забезпечується завдяки вдосконаленій конструкції мішалки. Ця конструкція полягає в використанні плоских лопатей, які закріплені на горизонтальних

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

трубах мішалки з різним кутом нахилу до осі мішалки у парних рядах з певним кроком вздовж цієї осі.

Таке розташування основних робочих органів сприяє інтенсифікації процесу змішування, забезпечуючи підвищену динамічність у всіх етапах змішування компонентів. Крім того, конструкція закріплених пальців сприяє покращенню показника однорідності суміші на більш високий рівень.

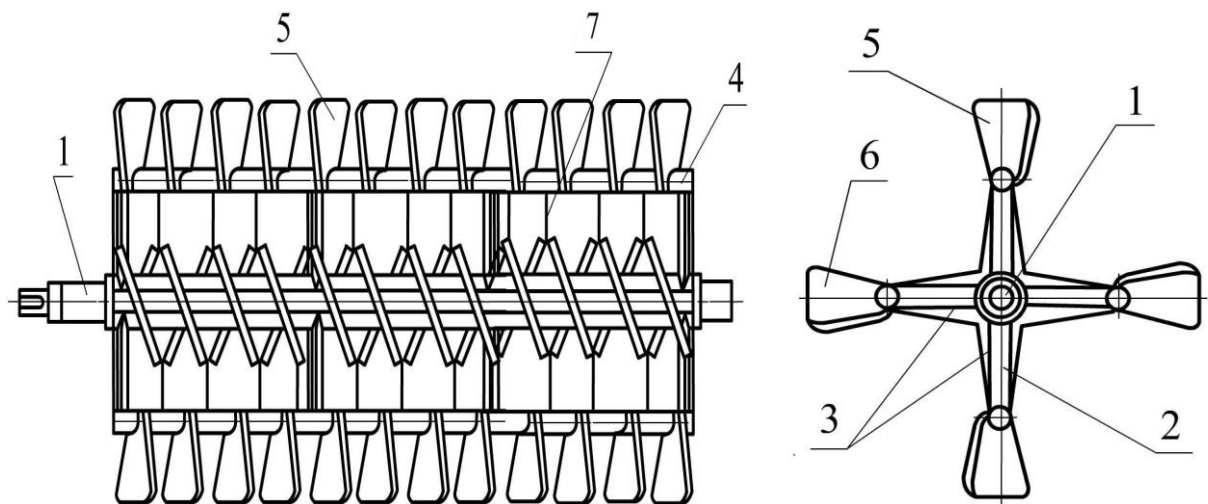


Рис. 2.3. Технологічна схема плосколопатевої мішалки:

1 – вал у вигляді труби; 2 – стрічка; 3 – розпирна косинка; 4 – горизонтальна труба; 5, 6 – ліва та права лопаті; 7 – радіальні поперечні пальці

Подібний режим процесу виконаний лопатевим змішувачем має конкретне забезпечення умов виконання технологічного процесу змішування кормів для ВРХ. Для групи тихохідних змішувачів дана умова $k = \frac{\omega^2 \cdot R_n}{g} < 30$), а для швидкохідних – це навпаки ($k > 30$). Чинник швидкості руху лопатей з відповідної умови, а саме коли відцентрова сила $m\omega^2 R_n$, тобто постійно діє на частку вздовж плоскої лопаті і не повинна перевищувати конкретне значення сили ваги такої частки, в противному або іншому випадку вона зійде з плоскої такої лопаті і вийде із активної фази самого процесу щодо перемішування різних компонентів кормів. Таким чином, колова швидкість руху

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розробленої мішалки визначається з наступного виразу:

$$\omega_{кр} = \sqrt{g / R_{лон.}}, \quad (2.4)$$

де $R_{лон.}$ – радіус плоскої лопаті, м.

Динамічну роботу даної мішалки при змішуванні кормів з різним гранулометричним складом всіх часток компонентів з досить зменшеним ударним навантаженням робочим органам мішалки задає показник кутової швидкості, що дорівнює виразу $\omega = 0,5 \omega_{кр}$.

Потім проекція лопаті на окрему розгорнуту площину змішувача прийме такий вигляд:

$$b = \frac{\rho^\circ \pi}{180} R_{лон.} = \rho R_{лон.}, \quad (2.5)$$

де ρ°, ρ – центральний кут плоскої лопаті в градусах або в радіанах.

Відповідно крок між лопатями визначається за такою формулою:

$$t = \frac{\rho R_{лон.} \sin \alpha}{1 + \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \varphi}, \quad (2.6)$$

де α – кут установки лопаті до вісі вала мішалки;

φ – кут тертя заданих компонентів по лопаті.

Вихідний вектор швидкості руху часток потоку компонентів (R_l), викликаний дією плоских лопатей мішалки, формується згідно з геометричними напрямками кругового руху (R_k), осьового напрямку ($R_{ос.}$) та швидкості руху часток вздовж лопаті ($R_{лон.}$). Значення цих складових визначаються за такими виразами:

$$v_{кр.} (R_{лон.}) = \omega R, \quad (2.7)$$

$$v_{ос.} (R_{лон.}) = v_{кол.} (R_{лон.}) \operatorname{tg} \alpha = \omega R_{лон.} \operatorname{tg} \alpha, \quad (2.8)$$

$$v_{лон.} (R_{лон.}) = \frac{dS}{dt}. \quad (2.9)$$

Під час переміщення частки кормосуміші під впливом поверхні лопаті вона описує криву, схожу на гвинтову лінію зі змінним кроком та зовнішнім

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

діаметром кола. Коли частка знаходиться на поверхні лопаті, вона рухається вздовж вісі валу завдяки наступним силам: силі ваги mg , відцентровій силі $m\omega_1 R_n$, реакції поверхні корпусу N , силі тертя по поверхні корпусу F , нормальній реакції поверхні лопаті мішалки N_1 , силі тертя по лопаті мішалки F_0 та рушійна сила. Частка рухається вздовж поверхні лопаті мішалки за умови, що сила тертя перевищує задану рушійну силу T . Схема описаних сил наглядно представлена на рисунку 2.4.

Отримуємо чинну умову, де описано рух частки визначеного компоненту вздовж вісі валу, тобто при $T > F_0$, вказана частка суміші виконує рух по поверхні плоскої лопаті змішувача:

$$(F + mg \sin \beta) \cos \alpha > (F + mg \sin \beta) \sin \alpha \tan \varphi_1. \quad (2.10)$$

А також умовою забезпечення руху частки компоненту буде тоді, коли виконається наступна нерівність $\alpha < 90 - \varphi_1$.

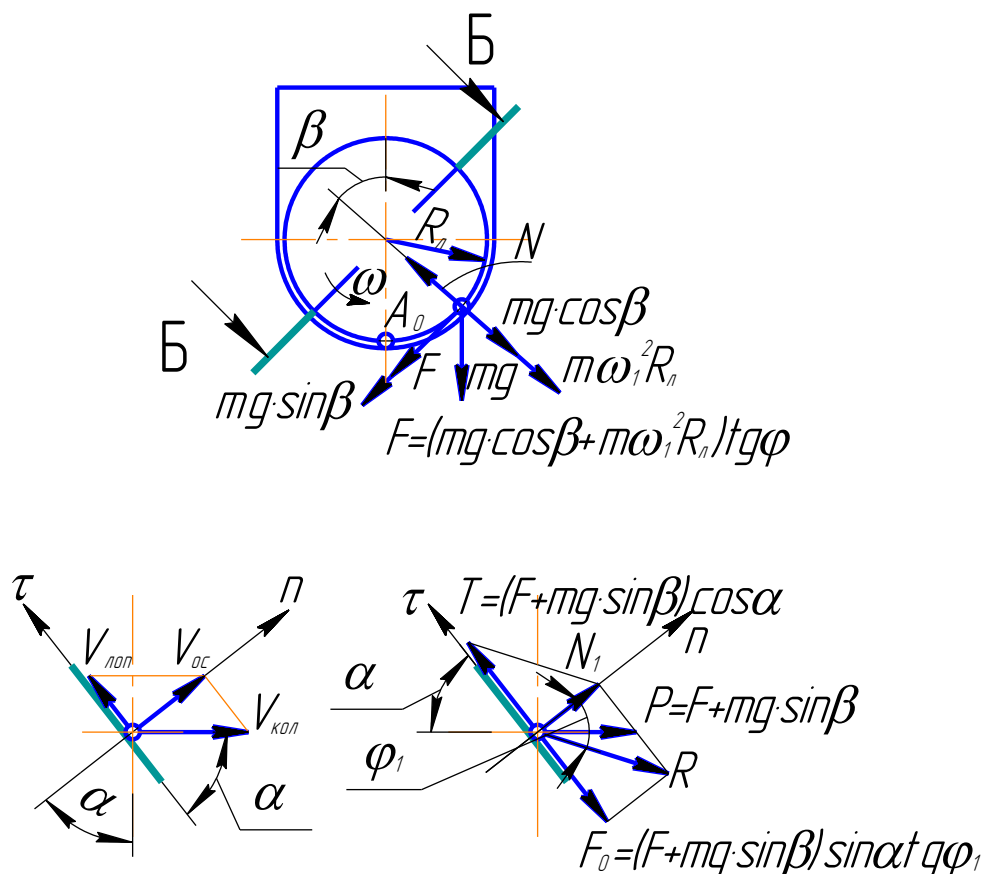


Рис. 2.4. Схема впливу вказаних сил на частку лопаті змішувача

У випадку, коли лопаті розташовані паралельно або перпендикулярно до вісі валу, поступальний рух компонентів вздовж осі валу припиняється. Якщо кут між лопатями та віссю валу становить 90 градусів, лопаті розташовані паралельно вісі, і мішалка фактично працює як барабан, обертаючи всю масу корму. Також слід враховувати величину осьового відставання компонентів від відповідних кутів α і φ за допомогою коефіцієнта μ .

$$\varepsilon = \frac{\sin \alpha \sin (\alpha + \varphi)}{\cos \varphi}, \quad (2.11)$$

то область задіяних швидкостей: при $\alpha = 0$, $\sin \alpha = 0$, $\varepsilon = 0$, буде отримано такий вираз $v = v_{\max} = \omega R_{\text{лоп.}} \operatorname{tg} \alpha$, при $\varepsilon = 1$, $\alpha = 90 - \varphi$, $v = 0$. Це свідчить, що у першому випадку, певна маса часток рухається вздовж осі валу змішувача, і при $v = 0$ ми отримуємо наступний вираз:

$$\frac{\pi}{2} - \varphi < \alpha < \frac{\pi}{2} + \varphi \quad (2.12)$$

У такому випадку, сумарна зовнішня сила, що діє на окрему частинку, знаходиться головним чином у внутрішній частині корпусу через тертя, тому швидкість руху вздовж похилої поверхні плоскої лопаті практично дорівнює нулю. Це означає, що частинки кормів практично не переміщуються в осьовому напрямку, а замість цього обертаються разом з лопаттю навколо валу мішалки. З експериментальних розрахунків випливає, що максимальне значення досягається при куті $\alpha = 45 \dots 50$ градусів для плоских лопатей.

При збільшенні висоти та ширини лопатей від 0,4 $R_{\text{л}}$ до 0,75 $R_{\text{л}}$ частинкам, що рухаються, прикладається 75...78% максимального значення імпульсу. Однак збільшення площі поверхонь плоских лопатей суттєво підвищує енергетичні показники, що не завжди є ефективним і доцільним.

Тоді чинник осьової швидкості руху компонентів корму у бункері змішувачі буде мати такий вигляд:

$$g_o = \frac{\rho}{2\pi} \omega R_{\text{л}} T_1 T_2, \quad (2.13)$$

де T_1 – значення коефіцієнта, що враховує обертання отриманих часток

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кормів лопаттю в зону вільного руху, його межі становлять $T = 0,9...0,95$;

$T_2 = \frac{\sin \alpha}{1 + \operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \varphi}$ - значення чинника, що враховує вплив кута самого тертя і кута

регулювання встановленої лопаті до осі валу мішалки; а ρ - показник кута лопаті.

Отримаємо вираз для площі бічної поверхні даної лопаті

$$F_{\text{лоп.}} = \frac{\rho \cdot \pi (D^2 - d^2)}{4 \cdot 360} = \frac{\rho \cdot F_{\text{зм}}}{360}, \quad (2.14)$$

де $F_{\text{зм}} = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4}$ – площа визначеного отриманого перерізу самого корпусу змішувача, м^2 ; а відповідно D, d – чисельні значення діаметрів як зовнішньої так і внутрішньої кромки встановленої плоскої лопаті.

Характерні співвідношення визначених площ $\frac{F_{\text{лоп.}}}{F_{\text{зм}}} = \frac{\rho}{360} = \beta_0$ - це відношення бічної проекції площі плоскої лопаті до площі поперечного перерізу бункера змішувача.

Таким чином продуктивність лопатевої мішалки визначається за виразом:

$$Q = \psi K F_{\text{лоп.}} \omega R_{\text{лоп.}} \gamma T_1 T_2 (c-1) m, \text{ кг/с}, \quad (2.15)$$

де K – чинник кратності отриманої однієї порції за один оберт валу змішувача;

ψ – значення чинника заповнення плоскої лопаті змішувача;

c – враховані лопаті в рядах з кроком t ;

m – кількість необхідних рядів лопатей мішалки;

$F_{\text{лоп.}}$ – площа бічної поверхні окремої лопаті, м^2 ;

ω – значення кутової швидкості руху встановлених лопатей, с^{-1} ;

$R_{\text{лоп.}}$ – чинник радіусу мішалки, м .

Тобто годинна продуктивність плоско-лопатевого порційного змішувача з урахуванням важливості кількості повторних циклів при операції змішування:

$$Q_{\text{зм}} = 3,6 Q / n_{\text{ц}}, \text{ т/год.} \quad (2.16)$$

Тепер нормальну сили P_n розкладаємо за двома характерними напрямками: згідно напрямків кругової та осьової швидкостей, в такому

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

випадку отримуємо діюче зусилля P'_p . Воно забезпечує часткам різних компонентів обертальний рух, і тоді P'_o , що переміщує всі захоплені частки кормів в осьовому напрямку:

$$P'_p = P_n \cdot \cos \alpha \quad \text{і} \quad P'_o = P_n \sin \alpha, \quad (2.17)$$

де α – чинник, що враховує кут нахилу лопаті до вісі обертання валу змішувача.

Також, під певною дією нормальної складової рівнодіючої сили R в площині руху часток компонентів по встановленій лопаті є дія сили тертя, що дорівнює $F_{\text{тер}} = fP_n$ і направлена проти відносного руху групи компонентів по самій лопаті.

Відповідно зробимо розкладку сили тертя $F_{\text{тр}}$ на складові, а саме в кругову і осьову напрямках. Їх визначають наступні вирази:

$$F'_{\text{тр.p}} = F_{\text{тер}} \sin \alpha = fP_n \sin \alpha, \quad (2.18)$$

$$F'_{\text{тр.o}} = F_{\text{тер}} \cos \alpha = fP_n \cos \alpha. \quad (2.19)$$

Сума різних векторів дозволить отримати зусилля:

$$\text{кругове зусилля в змішувачі } P_p = P'_p + F'_{\text{тр.p}} = P_n (\cos \alpha + f \sin \alpha), \quad (2.20)$$

$$\text{осьове зусилля в змішувачі } P_o = P'_o - F'_{\text{тр.o}} = P_n (\sin \alpha - f \cos \alpha). \quad (2.21)$$

Тепер визначаємо згідно виразу потужність на привід лопатевої мішалки:

$$W_m = W_l + W_{\text{ст.}} + W_n + W_f, \quad (2.22)$$

де W_l , $W_{\text{ст.}}$, W_n , W_f – витрати різної потужності, а саме на привід плоских лопатей, стійок, групи пальців та відповідно тертя самої мішалки в корпусі, кВт.

$$W_m = \frac{(P_p g_p + P_o g_o) c_l}{1000} + \frac{M_{\text{ст.}} \cdot Z_{\text{ст.}} \cdot \omega}{1000} + \frac{M_n \cdot Z_n \cdot \omega}{1000} + \frac{\pi \cdot D^2 \cdot \gamma \cdot L \cdot \omega \cdot f}{4 \cdot 1000}, \quad (2.23)$$

де P_p , P_o – чисельні значення кругового та осьового зусилля в змішувачі, Н;

g_p , g_o – чинники, що враховують кругову і осьову швидкості руху всієї суміші, м/с;

Z_l – чинник кількості лопатей;

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$M_{ст}, M_n$ – встановлений крутний момент від дії сили опору стійок та пальців, Нм;

D – значення зовнішнього діаметру мішалки, м;

L – довжина розробленого бункера, м;

f – значення внутрішнього коефіцієнту тертя.

2.3. Програма проведення експериментальних досліджень

Дослідження, які були описані вище, дають можливість для проведення подальших експериментів. Ці експерименти мають на меті обґрунтувати залежності щодо нерівномірності змішування компонентів кормів та середньоквадратичного відхилення від вмісту контрольного компонента.

Проведені експерименти виконувалися на розробленій модульній установці для змішування кормів за допомогою мішалки з плоскими лопатями.

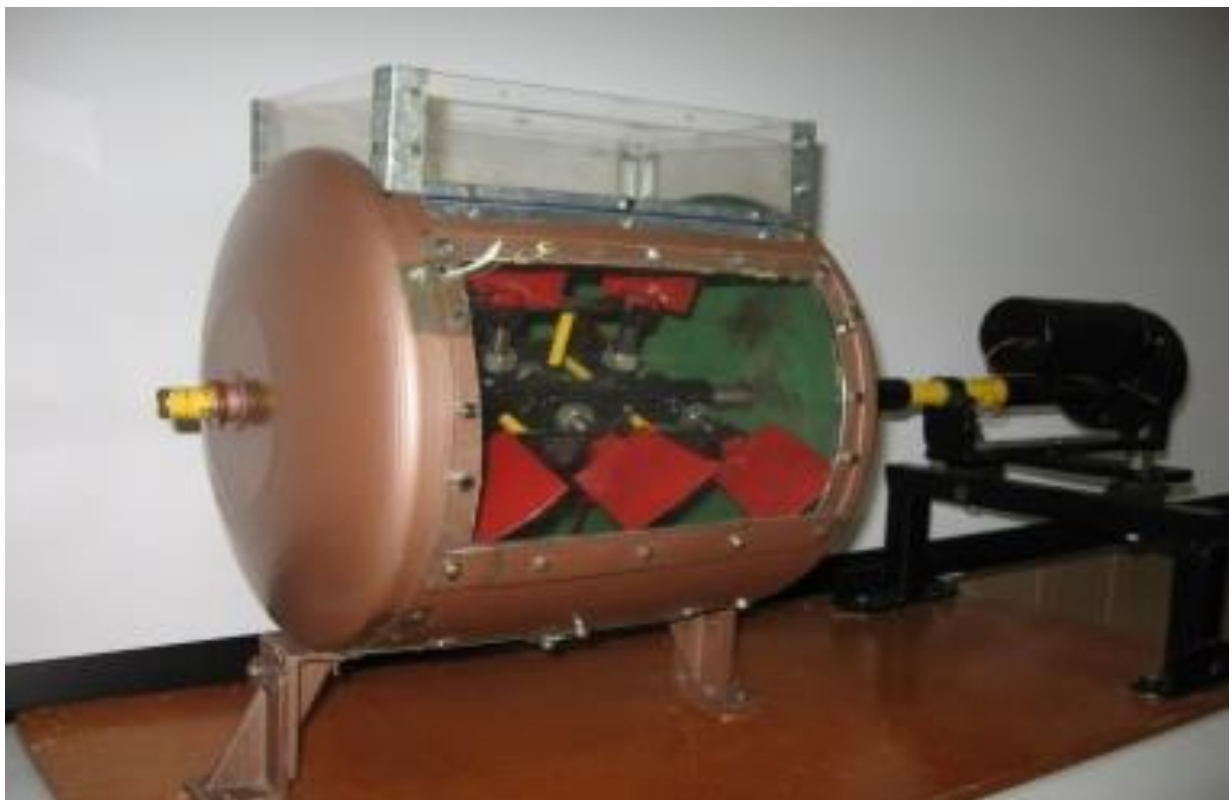


Рис. 2.5. Експериментальна дослідна установка з плоскими лопатями

Ці дослідження дозволили отримати емпіричні залежності, які можна використовувати для аналізу ефективності процесу змішування та для подальшого вдосконалення технологій виробництва кормів. Аналіз результатів експериментів допоможе розуміти, як різноманітні фактори, такі як конструкція

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мішалки, параметри руху та фізико-механічні властивості матеріалів, впливають на якість змішування компонентів кормів. Це може бути корисним для виробників кормів у вдосконаленні технологічних процесів та відповідно підвищенні якості продукції.

Ми обрали очищену тирсу як основний компонент у моделі процесу змішування кормів, а контрольним компонентом виступало насіння звичайних буряків розміром 4-5 мм. Для вибору контрольного компонента ми взяли 20 штук насінин на проби вагою по 100 грамів. Далі у наступних етапах досліджу ми використовували метод відбору по 10 проб з наступним зважуванням на електронних вагах кожні дві хвилини.

Показник змішування (оцінка нерівномірності) компонентів отриманої суміші визначався за допомогою середньоквадратичного відхилення контрольного компонента за таким виразом:

$$\sigma_e = \sqrt{\sum_{i=1}^m \left(x_i - \bar{x} \right)^2 / (z - 1)}, \quad (2.24)$$

де $\bar{x}$ - середньоарифметичний чинник контрольного компонента у всіх заданих пробах $\left(\bar{x} = \frac{\sum x_i}{m} \right)$; z – повторність отриманих проб.

Ступінь однорідності, а саме чинник, що є якісним критерієм, що характеризує отриману кормову суміш визначали як співвідношення теоретичного та дослідного встановленого показника середньоквадратичного відхилення контрольного компонента в вибраній суміші за таким виразом:

$$\theta_{\text{суміші}} = \frac{\sigma_T}{\sigma_e} \cdot 100, \% \quad (2.25)$$

Згідно методики отримані результати дослідів реєстрували протягом 25 хвилин з характерним інтервалом у дві хвилини.

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.4. Результати експериментальних досліджень

Аналіз і обробка результатів лабораторних експериментів дозволяють зробити висновок, що робоча фаза процесу змішування кормів з модернізованою мішалкою проходить за 6-8 хвилин, тоді як для базової мішалки цей процес займає 15-18 хвилин. Показник середньоарифметичного відхилення концентрації контрольного компонента не перевищує існуючі вимоги. Головне, що ступінь однорідності кормосуміші досягає 92-95%, що значно вище, ніж вимоги зоотехнічних стандартів, де показник становить 86%.

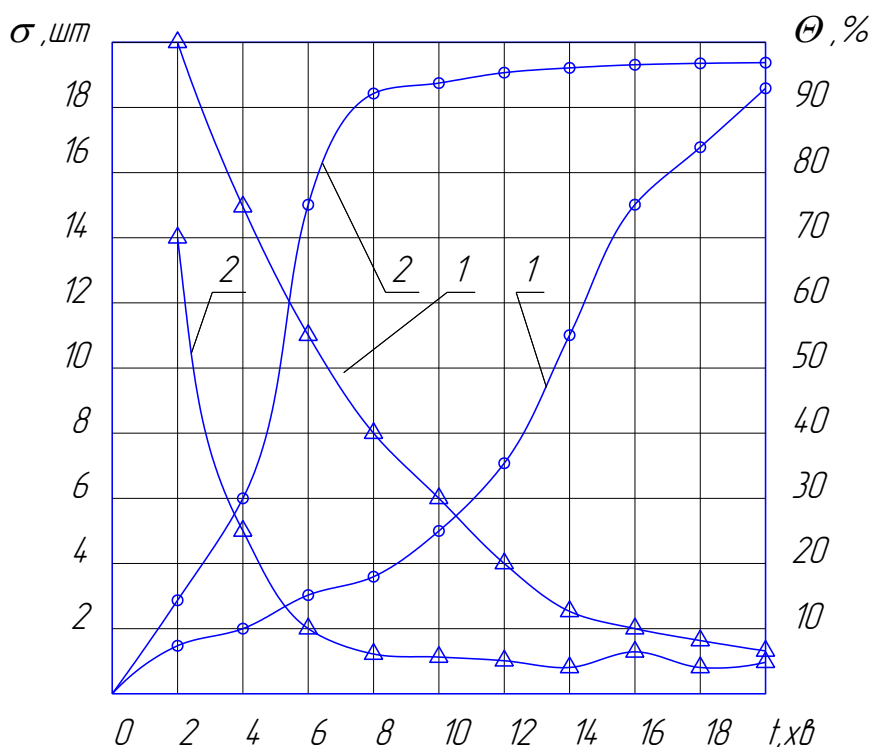


Рис. 2.6. Залежність чинника середньоквадратичного відхилення для контрольного компонента суміші (σ) і ступеня однорідності (θ) від значення часу (t) змішування встановлених компонентів: 1 – серійний лопатевий змішувач; 2 – удосконалений зразок змішувача з плоскими лопатями

Визначені графіки, що відображають ефективність змішування компонентів, свідчать про те, що розрахункова продуктивність запропонованого змішувача підвищується в 1,5-1,7 рази порівняно з базовим варіантом СКО-Ф-3,0. При цьому витрати потужності на одиницю виробленої маси продукції зменшуються в 1,3-1,5 рази порівняно з базовим варіантом.

Висновки за розділом.

1. Теоретичні дослідження підтвердили значні переваги нової конструкції змішувача, в бункері якого встановлені плоскі лопаті. Це дозволяє ефективно застосовувати потоково-контурну схему для переміщення групи компонентів кормів по поверхні лопатей та в зоні інерційного руху. Вдосконалення конструкції призвело до покращення однорідності і зменшення енергетичних витрат.

2. Раціональні конструктивні та режимні параметри плоских лопатей, розташованих по краях мішалки з різними кутами нахилу до вісі валу, були обґрунтовані. Ці параметри мають важливе значення для оптимізації роботи змішувача.

3. Продуктивність та енергетичні витрати лопатевого змішувача були обґрунтовані теоретично, що дозволило оцінити ефективність нової конструкції у порівнянні з існуючими рішеннями.

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА

3.1. Технологічні розрахунки

3.1.1. Зоотехнічні та інші технологічні вимоги, що ставляться до роботи запарника-змішувача кормів

Вибраний змішувач з маркуванням СКО-Ф-3,0 є одновальним та працює за принципом порційної дії. Основне призначення цього змішувача - готування повнораціонної збалансованої кормової суміші з вибраних вологих кормів та додаткових компонентів у кормоцехах комплексу. Це здійснюється за допомогою спеціальних машин та обладнання, які дозволяють проводити операції в потоково-технологічних лініях. Вдосконалений змішувач марки СКО-Ф-3,0 є стаціонарним і придатний як для малих, так і для великих господарств з високою кількістю ВРХ.

Технічна характеристика запарника-змішувача СКО-Ф-3,0

Таблиця 3.2

N ·п/п	Найменування показників	Значення показників
1	2	3
1	Тип	Стаціонарний одновальний
2	Продуктивність при приготуванні вологих кормосумішок без врахування часу на завантаження без запарювання при дії змішування 10-15 хв, т/год	4,7
3	Об'єм резервуара, м ³	3,0
4	Маса змішувача, кг: - → з конвеєрами і шафою керування - → без конвеєрів і шафи керування	2370 1700
5	Потужність двигунів, кВт: - → змішувача з конвеєрами - → змішувача без конвеєрів	11,07 7,37
6	Частота обертання вала мішалки, С ⁻¹ (хв ⁻¹)	0,3·(18)
7	Енергетичні показники: привід змішувача редуктор	Електродвигун 4АІ32·6БСУІ·N=5,5·кВт, Ц2У-250-31,5-11-КУ

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1□	2□	3□
□	привід механізму засувки□ □ □ привід вивантажувального шнека□	електродвигун□ 4ААМ63ВУСУ□ N=0,37 кВт□ мотор-редуктор І□ МП-3-2-40-56ЦУІ·N=1,5 кВт□
8□	Рівномірність змішування, %□	до 90□
9□	Витрати пари на 1 т корма при запарюванні, кг□	160-200□
10□	Кількість обслуговуючого персоналу, чол.□	1□
11□	Питомі витрати енергії, $\frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{т}}$ □ змішувач з конвеєрами□ змішувач без конвеєрів□	□ □ 2,4□ 1,64□
12□	Затрати праці, $\frac{\text{люд} \cdot \text{год}}{\text{т}}$ □	0,22□

Заводські рекомендації акцентують увагу на широкому спектрі застосування даного обладнання, що практично охоплює всі регіони нашої країни. Для оптимальної роботи вказується, що температурний режим має бути не нижче +5°C, а вологість повинна залишатися у межах 37%. Рухомі частини забезпечуються трифазними електродвигунами змінного струму, які мають чітко фіксований нульовий провід. Для живлення двигунів використовується напруга 380 В з частотою приблизно 50 Гц, допустиме відхилення напруги становить до 10%.

Компоненти, підготовлені до застосування, завантажуються у бункер змішувача у встановленому обсязі відповідно до вибраного добового раціону для ВРХ, з метою створення суміші із показником вологості у межах 65–85%. Якість приготовленої суміші для ВРХ оцінюється за показником однорідності, який складає 86%.

В інших варіантах змішувач може виконувати операцію запарювання кормів з дозуванням групи компонентів, а також подальшим завантаженням та повторним змішуванням всіх компонентів. Цей стаціонарний змішувач має

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

бункер об'ємом до 3 м^3 . Показник загальної продуктивності при змішуванні встановлених компонентів кормів без запарювання та з урахуванням часу завантаження складає приблизно 4,7 тон на годину, а з операцією запарювання він становить межі від 0,5 до 1,5 тон на годину. Інші характеристики роботи СКО-Ф-3,0 наведені в сформованій таблиці 3.2.

Для визначення кількісного показника рівня кормів використовуються датчик та водомір. Механізація та автоматизація процесу повинна бути стовідсотковою. Керування операціями змішування та приготування суміші відбувається дистанційно за допомогою пульта керування, з обов'язковим дотриманням правил безпеки.

Згідно з заводськими інструкціями, рекомендована кількість обслуговуючого персоналу - 1 людина. Гарантійний термін експлуатації приблизно 8 років.

Значення чинника надійності технологічної операції складає 0,8, чинник готовності - 0,99, чинник технічного обслуговування - 0,95, а чинник технологічного використання - 0,95.

3.1.2. Розрахунок продуктивності приводної плоско-лопатевої мішалки.

Вибрані різноманітні компоненти, згідно з добовим раціоном, завантажуються до ємності запарника СКО-Ф-3,0. У бункері закріплена в опорах мішалка з чотирма рядами жорстко встановлених лопатей, які нахилені під кутом 45° до вертикалі. Перший ряд лопатей нахилений вправо, а наступний - вліво, і так дотримується надалі. Лопаті мають плоску форму з шириною 230 мм та певною довжиною у 290 мм. Площа поверхні лопаті складає $F_{\text{лоп.}} = 0,0525 \text{ м}^2$, а бічна її площа – $F_{\text{бічна}} = F_{\text{л}} \sin \alpha = 0,0372 \text{ м}^2$. У корпусі ємності вбудовані пальці для розрихлення та створення інтенсивного руху процесу, їх параметри: $l_{\text{пальців}} = 0,08 \text{ м}$ та $d_{\text{пальців}} = 0,010 \text{ м}$.

Під час процесу формування суміші виконується наступне. Плоскі лопаті забезпечують рух різних кормових компонентів у окремих напрямках. Початково активна фаза змішування матеріалу групи компонентів, де пальці

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

додатково розріджують моноліт, триває приблизно 3-4 хвилини. Згодом такий процес прискорюється, і вже змішування відбувається на рівні мікрооб'ємів, тобто молекулярному рівні. Під впливом робочих органів відбувається рівномірний перерозподіл всіх часток компонентів, що позитивно впливає на показник однорідності маси. Циклічність змішування вирівнюється, що свідчить про підвищення продуктивності машини.

Згідно подальшого виразу розраховується продуктивність плоско-лопатевого змішувача для отримання суміші без врахування тривалості операцій завантаження та запарювання, при кратності не більше десяти циклів лише для однієї такої порції:

$$P_{зм} = \frac{3,6 \cdot \psi \cdot K \cdot F_{лб} \cdot \omega \cdot R_{л} \cdot \gamma \cdot \zeta_1 \cdot \zeta_2 \cdot (\tau - 1) \cdot m}{n_{ц}}, \text{ т/год, (3.1)}$$

де ψ - чинник, що характеризує заповнення самої лопаті, $\psi = 0,86$;

K – чинник кратності для однієї порції за один оберт плоско-лопатевої мішалки;

$F_{лб}$ – чинник бічної площі поверхні вдосконаленої лопаті, м²;

$R_{лон.}$ - чинник, що характеризує максимальний радіус мішалки, який знаходиться від центру валу до кінця вдосконаленої лопаті, м;

$\gamma = 300 - 330 \text{ кг/м}^3$ – чинник, що враховує щільність вибраних компонентів корму, кг/м³;

ζ_1 – чинник, що виконує врахування обертів певної порції корму даною лопаттю в зону прискореного руху всього матеріалу, $\zeta_1 = 0,9...0,95$;

$\zeta_2 = \frac{\sin \alpha}{1 + \tan \alpha \cdot \tan \varphi}$ - чинник, що виконує врахування дієвої складової між кутом тертя та кутом розташування самої лопаті до осі валу запарника-змішувача;

τ – чисельне значення кількості лопатей, що одночасно входять в моноліт з компонентів корму та кроком S в одному ряду мішалки;

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

m – кількість вмонтованих рядів вдосконаленої мішалки;

$n_{\text{ц}}$ – чинник кратності самої операції змішування.

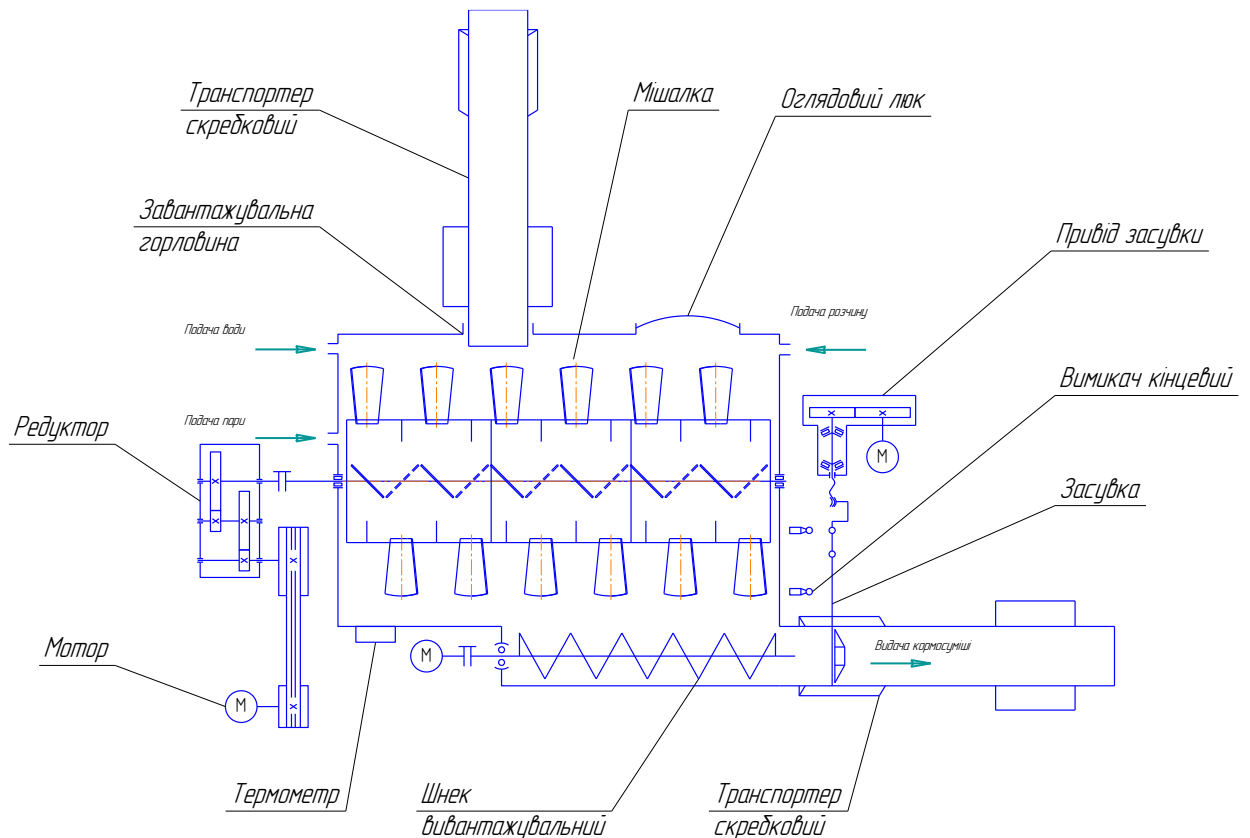


Рис. 3.1. Розроблена технологічна схема удосконаленого плоско-лопатевого запарника-змішувача марки СКО-Ф-3,0.

Підставляємо до виразу відомі показники та розраховуємо продуктивність лопатевого змішувача:

$$P_{\text{зм}} = \frac{3,6 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 0,0371 \cdot 1,9 \cdot 0,58 \cdot 320 \cdot 0,9 \cdot \sin 45^\circ \cdot (6 - 1) \cdot 4}{(1 + \operatorname{tg} 45^\circ \cdot \operatorname{tg} 27^\circ) \cdot 50} = 6,95 \text{ т/год.}$$

Згідно виразу розраховуємо продуктивність вдосконаленого змішувача без використання операції запарювання, тобто з самим завантажуванням групи компонентів, їх змішуванням та вивантаженням вже готової суміші:

$$t_{\text{ц}} = 2 + 7,35 + 6,9 = 16,25 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{зм}} = \frac{3 \cdot 0,8 \cdot 0,35 \cdot 60}{16,25} = 3,09 \text{ т/год.}$$

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Згідно виразу розраховуємо продуктивність змішувача з врахуванням та виконанням операції запарювання, і потім з завантажуванням групи компонентів, їх змішуванням і вивантаженням вже готової суміші:

$$t_{\text{ц}} = 2 + 40 + 7,35 + 6,9 = 56,25 \text{ хв.},$$

$$T_{\text{зм}} = \frac{3 \cdot 0,8 \cdot 0,35 \cdot 60}{56,25} = 0,88 \text{ т/год.}$$

3.1.3. Розрахунок показника частоти обертання валу плосколопатевої мішалки.

Для розрахунку показника швидкості руху лопаті розглянемо ситуацію, де значення відцентрової сили ($m \cdot \omega^2 \cdot R_{\text{л}}$) повинно бути не більше ваги частки компоненту (mg). Якщо чисельне значення відцентрової сили буде менше, то при зануренні плоскої лопаті в моноліт частка корму не буде захоплюватися, що суттєво ускладнить процес приготування суміші.

Використовуючи чинну умову $m \cdot \omega^2 \cdot R_{\text{л}} \leq mg$, коли ця умова виконується, фактор швидкості стає критичним і дорівнює:

$$\omega_{\text{кр}} = \sqrt{\frac{g}{J_{\text{лоп.}}}} \quad (3.2)$$

де $J_{\text{лоп.}}$ – найбільше чисельне значення радіусу плоскої лопаті, що є $J_{\text{лоп.}} = 0,56 \text{ м};$

$$\omega_{\text{кр}} = \sqrt{\frac{9,81}{0,56}} = 5,3 \text{ с}^{-1}.$$

Для створення умов для якісної роботи змішувача-запарника застосовуємо наступний вираз:

$$\omega = \frac{\omega_{\text{кр}}}{2}, \quad \omega = \frac{5,3}{2} = 2,65 \text{ с}^{-1}.$$

Потім значення частоти обертання валу змішувача знаходимо з виразу:

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n = \frac{30\omega}{\pi}, \quad n = \frac{30 \cdot 2,65}{3,14} = 25,03_{\text{об/хв.}} \quad (3.3)$$

Від тепер, приймаємо чисельне значення частоти обертання даного робочого органу змішувача марки СКО-Ф-3 25,03 об/хв., а відтоді, кутова швидкість активної лопаті $2,65 \text{ с}^{-1}$.

3.1.4. Розрахунок чинника частоти обертання валу вивантажувального шнеку вдосконаленого змішувача.

З проаналізованого виразу визначаємо частоту обертання вивантажувального шнеку запропонованого змішувача:

$$n = \frac{P_{\text{шнека}}}{47,1 \cdot \left[(D + 2\lambda)^2 - d^2 \right] \cdot S \cdot \varphi \cdot \xi \cdot C}, \text{ об/хв,} \quad (3.4)$$

де $P_{\text{шнека}}$ – чинник продуктивності вивантажувального шнеку змішувача-запарника, т/год;

$$P_{\text{шнека}} = \frac{g \cdot \varphi \cdot \xi}{t_v},$$

$$P_{\text{шнека}} = \frac{3 \cdot 0,83 \cdot 0,35 \cdot 60}{7} = 7,62_{\text{т/год.}}$$

де: D, d – чинник діаметрів шнеку та валу шнека ($D = 0,27\text{м}$, $d = 0,065\text{м}$);

λ - чинник радіального зазору між створеною кромкою гвинтової лінії та поверхнею захисного кожуха шнека, ($\lambda = 0,01\text{м}$), м;

S – створений крок гвинта, що дорівнює $S = 0,25$ м;

φ – чинник, який враховує кількість заповнення шнеку, $\varphi = 0,83$;

ξ – об'ємна створена вага готової продукції щодо суміші, $\xi = 0,35 \text{ т/м}^3$;

C – чинник, що може враховувати зниження продуктивності зі зміною чинного кута нахилу шнека, $c = 1$.

Підставляємо до вищевказаного виразу відомі показники і розраховуємо частоту обертання валу шнека:

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n = \frac{7,62}{47,1 \left[(0,26 + 2 \cdot 0,01)^2 - 0,065^2 \right] \cdot 0,25 \cdot 0,83 \cdot 0,35 \cdot 1} = 29,32 \text{ об/хв.}$$

Згідно каталогу приймаємо частоту обертання вивантажувального валу шнеку 30 об/хв.

3.1.5. Розрахунок режимних параметрів засувки вивантажувального шнека.

Для оперативної і надійної роботи вивантажувального шнеку розглянемо створену умову при якій відбувається повне закриття горловини з бажаним зазором 8...10 мм, а потім величину ходу самої засувки знайдемо з виразу.

Для розрахунку швидкості руху засувки використовуємо вираз:

$$g_{зас.} = \frac{S_{зас.}}{\varepsilon_{\theta}}, \quad (3.5)$$

де $S_{зас.}$ – чисельне значення показника ходу поперечної засувки, $S_{зас.} = 0,32 \text{ м}$; ε_{θ} – час відкриття поперечної засувки, $\varepsilon_{\theta} = 0,57 \text{ с}$;

$$g_{зас.} = \frac{0,32}{0,57} = 0,56 \text{ м/с.}$$

3.2. Кінематичний розрахунок запропонованого запарника-змішувача марки СКО-Ф-3,0.

Оперативність та надійність змішування групи компонентів заздалегідь підготовлених кормів залежить від вибору двигуна, що приводить в активну дію саму мішалку. Тобто потрібно обрати електродвигун, що має середні оберти валу, а також частотою $m_{двиг.} = 1500 \text{ об/хв.}$ А тепер визначаємо за таким виразом передаточне число механізму приводу розробленого валу встановленої мішалки:

$$u_{заг} = \frac{m_{двиг.}}{m_{\theta}}, \quad (3.6)$$

де: m_{θ} – чисельне значення частоти обертання валу удосконаленої

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мішалки. Для базової моделі змішувача завод-виробник має рекомендації для частоти: $m_b = 20$ об/хв;

$$u_{заг} = \frac{1500}{20} = 75$$

Проаналізувавши розроблену кінематичну схему запропонованого змішувача марки СКО-Ф-3,0 визначаємо за подібною формулою загальне передаточне число:

$$u_{заг} = u_m \cdot u_{nn}, \quad (3.7)$$

де: u_m – чисельне значення передаточного числа мотор-редуктора встановленого на змішувач.

Тепер врахувавши попередні розрахунки нами прийнято мотор-редуктор наступної марки Ц2У-250-31,5-11-У2. Його характеризує u_{nn} - чинник клинопасової передачі, що є $u_{nn} = 2,63$;

$$u_{заг} = 31,5 \cdot 2,63 = 82,85.$$

Для забезпечення надійної роботи повздовжнього вивантажувального шнеку підбираємо встановлений привід від електродвигуна з таким значенням частоти $m_{дв} = 1415$ об/хв. Тепер використовуючи таку формулу розраховуємо загальне передаточне число механізму приводу змішувача:

$$u_{заг} = \frac{m_{двиг.}}{m_{ш}}, \quad (3.8)$$

де $m_{ш}$ – чисельне значення чинника частоти обертання вивантажувального шнеку змішувача-запарника, $m_{ш} = 26$ об/хв.;

$$u_{заг} = \frac{1415}{26} = 54,42$$

Саме тепер розбиваємо загальне передаточне число на деякі характерні ступені передач:

$$u_{заг} = u_{м.р.}, \quad (3.9)$$

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де: $u_{м.р.}$ – чисельне значення чинника передаточного відношення для мотор-редуктора змішувача-запарника, $u_{м.р.} = 54,42$;

$$u_{м.р.} = 54,42.$$

Забезпечення якісної операції вивантаження готової продукції створює індивідуальний привід поперечної засувки від електродвигуна з чисельним показником обертання валу $m_{дв}=1500$ об/хв. Тоді за таким виразом визначаємо загальне передаточне число самого приводу поперечної засувки шнека:

$$u_{заг} = \frac{m_{двиг.}}{m_2} \quad (3.10)$$

де m_2 – чисельне значення обертання гвинтового валу, що створює можливість за допомогою спеціальної гайки відкривати, а також зачиняти засувку шнека і дорівнює $m_2 = 110$ об/хв;

$$u_{заг} = \frac{1500}{110} = 13,62$$

На стадії завершення операції підбираємо електродвигун встановленої марки 4AA63B4СУІ з показником потужності у 0,42 кВт. Він має забезпечити практично безперебійну роботу поперечної засувки для якісного вивантаження готової суміші в мобільні пересувні кормороздавачі.

3.3. Розрахунок на міцність валу мішалки запарника-змішувача СКОФ-3,0.

Вихідні дані для дипломної роботи: частота обертання валу розробленої мішалки $m = 29,34$ об/хв, а також чинник потужності приводу мішалки $N_{пр.} = 5,22$ кВт, а потім значення крутного моменту на створеному валу мішалки дорівнює $M_{кр.} = 2919,31$ Нм та конструктивні або геометричні параметри: значення чинника довжини $l = 2,08$ м, $b = 0,35$ м. Загальна вага створеної мішалки 325 кг.

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

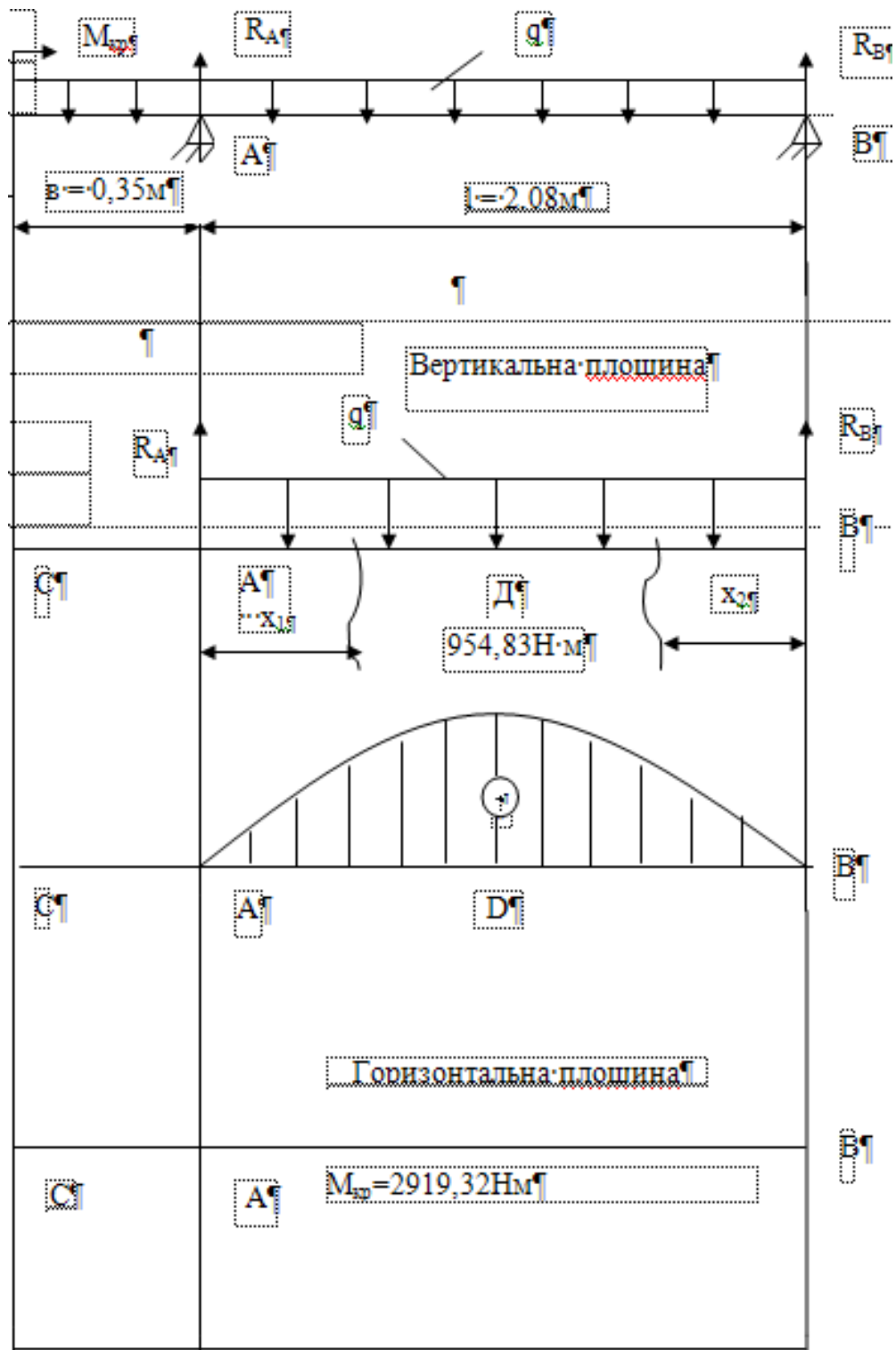


Рис. 3.2. Схема запропонованої дії сил та моментів на вал запарника

Пропонуємо скласти схему дії сил, що створюють навантаження на вал під час готування суміші і проводимо необхідний аналіз відповідно до рисунку 3.2.

За подібним виразом визначаємо значення питомого навантаження на вал:

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$q = \frac{T_c \cdot g}{l}, \text{ Н/м,} \quad (3.11)$$

$$q = \frac{378,1 \cdot 9,81}{2,08} = 1782,81 \text{ Н/м.}$$

Чинники опорних реакцій розраховуємо з рівняння статики що діє для вертикальної площини за подібним виразом:

$$\sum M(A) = 0; \quad R_B \cdot l \cdot \frac{q \cdot l^2}{2} = 0;$$

$$R_B = \frac{q \cdot l}{2}, \quad R_B = \frac{1782,81 \cdot 2,08}{2} = 1854 \text{ Н.}$$

$$\sum M(B) = 0; \quad R_{A(1)} = \frac{q \cdot l^2}{2} = 0; \quad R_A = \frac{q \cdot l}{2}; \quad R_A = \frac{1782,81 \cdot 2,08}{2} = 1854 \text{ Н.}$$

$$\text{Перевірка: } \sum (P) = 0; \quad R_A - q \cdot l + R_B = 0;$$

$$1854 - 1782,81 \cdot 2,08 + 1854 = 0.$$

Чинники для згинальних моментів на окремих ділянках:

$$\text{Так, для першої ділянки: } M_{(x1)} = R_A \cdot l_1 - \frac{q \cdot l_1^2}{2}; \quad 0 < l_1 < 1;$$

$$M_A = 0; \quad M_B = R_A l \cdot \frac{q \cdot l^2}{2}; \quad M_B = 1854 \cdot 2,08 \cdot \frac{1782,81 \cdot 2,08^2}{2} = 0$$

$$\text{Тепер для другої ділянки: } M_{(x2)} = R_B \cdot l_2 - \frac{q \cdot l_2^2}{2}; \quad 0 < l_2 < 1;$$

$$M_B = 0; \quad M_A = R_B l \cdot \frac{q \cdot l^2}{2}; \quad M_A = 1854 \cdot 2,08 \cdot \frac{1782,81 \cdot 2,08^2}{2} = 0.$$

$$M_D = R_B \cdot l/2 - \frac{q \cdot l^2}{8}; \quad M_D = 1854 \cdot \frac{2,08}{2} - \frac{1805 \cdot 2,08^2}{8} = 954,71 \text{ Нм.}$$

Використовуючи наступну формулу розраховуємо приведенний момент:

$$M_{пр.} = \sqrt{M_3^2 + M_{кр}^2};$$

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M_{np} = \sqrt{954,71^2 + 2919,41^2} = 3062,4 \text{ Н м.}$$

для побудови епюри розрахованих крутних та згинальних моментів використаємо рисунок 3.2.

$$M_{np(A)} = \sqrt{0 + 2919,41^2} = 2919,41 \text{ Н м.}$$

Аналізуючи створену епюру визначаємо те місце, де буде безпечний переріз. Він знаходиться у точці D і використовуючи слідуючий вираз для розрахунку діаметр валу, тобто:

$$D = \sqrt[3]{\frac{M_{кр} \cdot 10^3}{0,2[\lambda]}} , \text{мм} \quad (3.12)$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{2919,41 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 12}} = 138 \text{ мм.}$$

Для розрахованого валу вдосконаленої мішалки змішувача, що виготовлена з труби, з відповідного каталогу приймаємо необхідний діаметр D=146мм. А для цапфи, яка вварена у трубі, приймаємо шарикові підшипники діаметром 110мм.

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Спеціальна частина.

4.2.1. Визначення та обґрунтування спеціальних створених заходів по безпечному обслуговуванню електричного обладнання приводу змішувача-запарника.

Захисне вимикання пакету-автомата запарника від електричного струму є спеціальним заходом захисту від можливого замикання фази на нуль, наприклад, корпусу електрообладнання. Пропонується схема захисного вимикання, що показана на рисунку 4.1. Коли напруга з'являється на сталюму корпусі двигуна змішувача-запарника-3, електромагнітне реле має миттєво спрацювати. Після цього сердечник-5 втягується, що призводить до звільнення штоку вимикача за дії натисної пружини. Тобто, двигун від'єднується від електричної мережі.

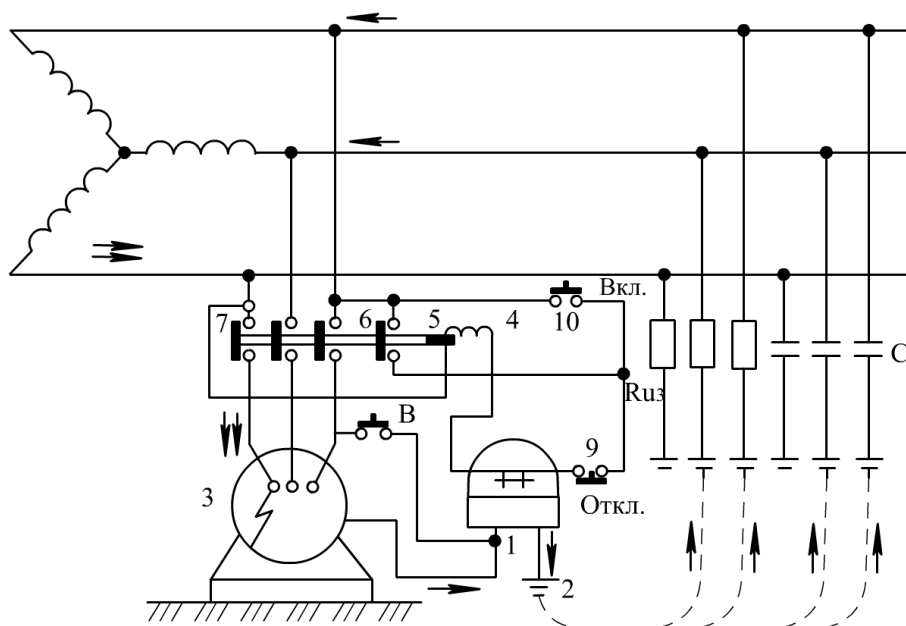


Рис. 4.1. Схема встановленого захисного пристрою для роботи запарника- змішувача кормів:

1 – реле напруги на запарнику ; 2 – діюча кнопка вимкнення обладнання; 3 – діюча кнопка вмикання; 4 –котушка магнітна; 5 – сердечник для електричної котушки; 6 – блок-контактів для пуску двигуна самого запарника; 7 – контактний вмикач; 8 – кнопка оперативного контролю встановленої роботи.

Створені вимоги, що пред'являються до автоматичного процесу вимикання:

- подібний запарник-змішувач вимикається протягом долі секунди, а саме не більше 0,4 с.;
- далі електрореле постійно виконує роботу при встановленому показнику струму та певним часом;
- воно має не реагувати на зміну встановлених показників режимів на окремих ділянках спеціальної електромережі.

Тепер проводимо розрахунок плавких вставок і пропонуємо це виконувати у відповідній послідовності:

Згідно виразу пусковий струм I_n електричного двигуна:

$$I_n = \frac{\lambda \cdot T \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{л}} \cdot \delta_{\phi} \cdot \cos \varepsilon}, \quad (4.1)$$

де: T – чисельне значення потужності електричного двигуна, кВт;

λ – параметр кратності пускового струму, тобто ($\lambda = 5 \dots 7$);

$U_{\text{л}}$ – чинник лінійної напруга створеної електромережі, В;

$\cos \varepsilon$ – значення діючого коефіцієнту потужності, $\cos \varepsilon = 0,95$;

δ_{ϕ} – значення ККД електричного двигуна, $\delta_{\phi} = 0,98$.

Підставляємо значення до вищевказаного виразу встановлені значення:

$$I_n = \frac{6 \cdot 2,2 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 0,98 \cdot 0,95} = 87,8 \text{ А}$$

Знаючи значення пускового струму за таким виразом розраховуємо струм I_{np} для дієвих запобіжників:

$$I_{np} = \frac{I_n}{2,5}, \quad (4.2)$$

$$I_{np} = \frac{87,8}{2,5} = 35,12 \text{ А.}$$

					MP 00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Аналізуючи розроблені таблиці для стандартного ряду рекомендуємо вибір запобіжників з плавкими вставками, які використовуються при струмі - 35 А.

4.2.2. Обґрунтування встановлених інженерно-технічних заходів для попередження враження струмом при операціях у потоково-технологічній лінії.

Відомо, що опір електричному струму різних живих організмів залежить від деяких факторів. А саме, це стан шкіри людини, потім, залежність від групи фізіологічних факторів та оточуючого навколишнього середовища. Опір людського тіла також вміщує опір рогового шару $M_{ш}$ та опору людської тканини M_T :

$$M_{л} = M_{ш} + M_T,$$

де - M_T - чисельне значення опору тканини, Ом, ($M_T = 1000$ Ом).

Чинник опору рогового шару шкіри залежить від кількох факторів, таких як показник вологості, наявність забруднень, місце ураження струмом та площа контакту шкіри з різними провідними поверхнями. При встановлених розрахунках опір тіла приймають $M_{л} = 1000$ Ом.

Встановлена сила струму, що йде крізь людське тіло, є головним показником. Від нього залежить величина зони ураження. Згідно подібного виразу визначаємо силу струму:

$$I_{л} = \frac{U_{\partial}}{M_{л}}, \quad (4.3)$$

де: U_{∂} – чисельне значення напруги дотику;

$M_{л}$ – чисельне значення опору тіла.

Тіло дотиком до однієї з фаз (рисунок 4.2) буде підключено до інших фаз крізь опори ізоляції цих же встановлених фаз відносно чиннику опору землі M_A, M_B . Відтоді, людина потрапляє під дію напруги $U_{л}$.

					MP 00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Тепер сила струму, що проходить крізь тіло, визначається за такою формулою:

$$I_{\text{люд}} = \frac{U_{\text{л}}}{M_{\text{люд}} + M_{\text{вз}} + M_{\text{н}} + M_{\text{з}} + \frac{M_{\text{із}}}{3}} \quad (4.4)$$

Враховуючи складові $M_{\text{вз}} + M_{\text{н}} + M_{\text{з}} = 0$, то тоді отримаємо наступну формулу:

$$I_{\text{люд}} = \frac{U_{\text{л}}}{M_{\text{люд}} + \frac{M_{\text{із}}}{3}} \quad (4.5)$$

Чисельні показники приймаємо для мережі $U_{\text{л}} = 380$ В, $M_{\text{із}} = 600000$ Ом, а потім $M_{\text{люд}} = 1000$ Ом, тобто струм, що проходить крізь організм становитиме:

$$I_{\text{люд.}} = \frac{380}{1000 + \frac{600000}{3}} = 1,85 \text{ mA}.$$

Отримане чисельне значення струму не становить сильну безпеку для життя людини. Але при зменшенні показника самого опору ізоляції до показника у 4500 Ом, відповідно значення струму досягає практично величини, яка є смертельною. Робимо перевірочний розрахунок:

$$I_{\text{люд}} = \frac{380}{1000 + \frac{4500}{3}} = 153 \text{ mA}.$$

Отже, утримання всіх провідників під напругою відокремленими є одним із небагатьох методів захисту від ураження електричним струмом у системах з трьома фазами та вбудованою нейтраллю. Більшість сільських електричних мереж мають декілька розгалужень, тому опори ізоляції фаз відносно до землі

					MP 00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

встановлені паралельно. Це може змінити загальний опір у системі. Таким чином, контакт з однією фазою в таких мережах, де присутня ізольована нейтраль, може бути небезпечним, навіть при наявності ізоляції.

Завдяки значній довжині електричної мережі ємність всіх проводів відносно землі досягає свого максимуму. Тому ми використовуємо вираз для визначення загального опору ξ :

$$\xi = \frac{M_{iz} \cdot x_c}{M_{iz} + x_c}, \quad (4.6)$$

де: $x_c = \frac{1}{\omega \cdot \gamma}$ – чинник, що враховує опір фази;

$\omega = 2\pi f$ – чисельне значення частоти змінного струму в мережі;

γ – чисельне значення частоти змінного струму в мережі, Гц.

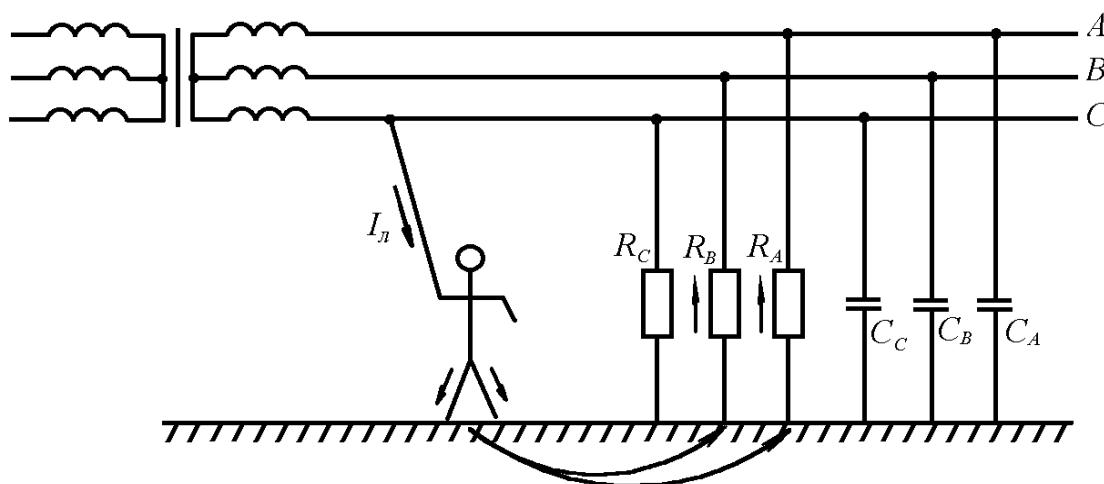


Рис. 4.2 Встановлена схема підключення трьох фаз для мережі.

Досить небезпечним є те, що у всіх мережах з ізольованою нейтраллю є місце або випадок, коли відбувається момент замикання одного із трьох проводів фази на ділянку землі. Схема такого замикання показана на рисунку 4.3. Використовуємо наступний вираз для визначення сили струму, яка проходить крізь організм людини:

$$I_{люд} = \frac{U_{л}}{M_{люд}} = \frac{380}{1000} = 380 \text{ mA}.$$

Розглянемо характерний випадок, коли людина стикається з дією двох фаз. Для цього моменту є досить небезпечним, а саме для життя людини, це сила струму. Людський організм при дотику до однієї з фаз, коли між фазою та землею виникає момент фазної напруги U_ϕ , має бути захищений.

За подібним виразом проведемо розрахунок силу струму, яка дійсно вплинула на організм:

$$I_{\text{люд}} = \frac{U_\phi}{M_{\text{люд}} + M_{\text{вз}} + M_n + M_o} \quad (4.7)$$

де: U_ϕ – чисельне значення фазної напруга в контактній мережі, В;

$M_{\text{вз}}$, M_n , M_o – можливі захисні опори: а саме взуття, підлоги і заземлення самої нейтралі, Ом.

Наприклад, якщо людина стоїть у підбитому цвяхами взуванні на землі або струмопровідній підлозі, а вона може бути металевою, залізобетонною, а також цегляною, то вищевказаними чинниками $M_{\text{вз}}$ і M_n можна знехтувати.

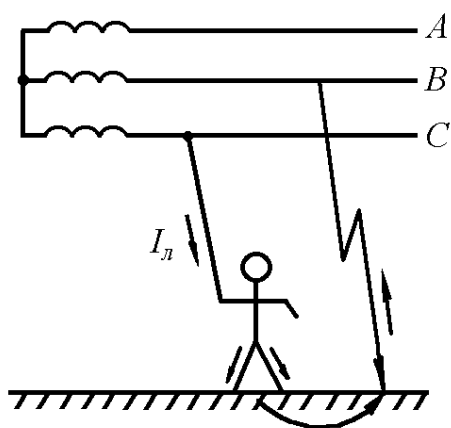


Рис. 4.3. Замикання одного із фазних проводів з ізолюваною нейтраллю

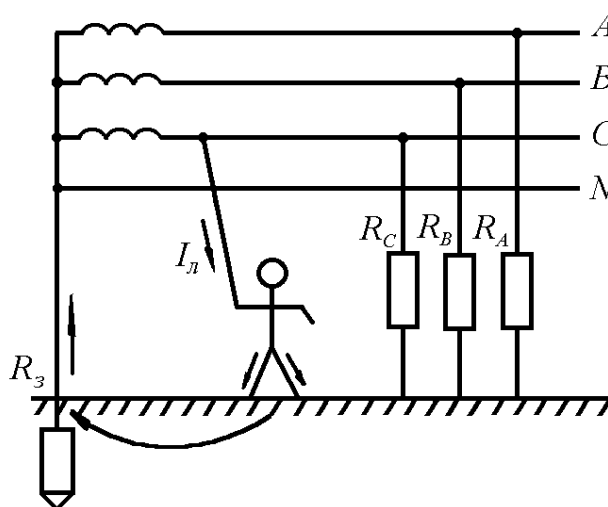


Рис. 4.4 Схема дії і підключення фази

Відомо, що опір заземлення самої нейтралі, є досить незначним, тобто складає $M_o = 40$ Ом. Він не є досить впливовим на людину, і тому ми можемо ним знехтувати. Таким чином, розрахуємо формулу 4.8:

$$I_{\text{люд}} = \frac{U_{\phi}}{M_{\text{люд}}} . \quad (4.8)$$

І так, приймаючи $M_{\text{люд}} = 1000 \text{ Ом}$, можемо визначити $I_{\text{люд}}$:

$$I_{\text{люд}} = \frac{220}{1000} = 0,22 \text{ А} = 220 \text{ мА} .$$

Висновок: Такий рівень сили струму є летальним. Це значення сили струму, що проникає через тіло, практично не залежить ні від опору ізоляції, ні від ємності фаз відносно землі. Однак можна зменшити цей ризик застосовуючи ізолюючі підставки, гумові килими та діелектричні калоші.

					MP 00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1. Економічна ефективність від впровадження вдосконаленого змішувача

Оцінка даної економічної ефективності запропонованої конструкції плоско-лопатевого змішувача кормів марки СКО-Ф-3,0 проведена за результатами теоретичних та експериментальних досліджень його конструктивних і режимних параметрів.

За отриманими результатами досліджень ми можемо виконати розрахунок економічної ефективності вдосконаленого змішувача у порівнянні з серійним.

Таким критерієм економічного оцінювання може бути річний економічний ефект від експлуатації розробленої машини. Його величина має забезпечувати високий рівень ефективності інвестиційних вкладень не нижче нормативного, який на етапі випробувань є 0,2.

Характерними показниками порівняльної економічної ефективності є річний економічний ефект, а також термін окупності додаткових інвестиційних вкладень та річна економія ресурсів.

Річний економічний ефект від експлуатації нової машини з урахуванням кількості та якості продукції (E_p) у гривнях визначали за формулою:

$$E_p = (П_{\text{б}} - П_{\text{н}}) \cdot B_z + E_{\text{я}}, \quad (5.1)$$

де $П_{\text{б}}, П_{\text{н}}$ – це сукупні витрати на одиницю виробітку, а саме по базовій і модернізованій машинах, грн./од. виробітку;

B_z – річний обсяг всього виробітку вдосконаленою машиною в умовах певної кліматичної зони, од. виробітку;

$E_{\text{я}}$ – річний економічний ефект, який отримується за рахунок зміни кількості та якості виготовленої продукції, грн.

Зональний річний обсяг всього виробітку розробленою машиною в одиницях виробітку обчислювали за таким виразом:

$$B_z = W_{\text{ек}} \cdot T_z, \quad (5.2)$$

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $W_{ек}$ – продуктивність вдосконаленої нової машини за 1 годину експлуатаційного часу, од. наробітку/год;

T_z – зональне річне завантаження даної машини, год.

Тоді річна економія (О) від експлуатації вдосконаленої машини у гривнях розраховували за такою формулою:

$$O = (I_{\bar{o}} - I_n) \cdot B_z, \quad (5.3)$$

де $I_{\bar{o}}, I_n$ – прямі експлуатаційні витрати як по базовій так і розробленій машинах на одиницю наробітку, грн./од. наробітку.

Тепер термін окупності додаткових інвестиційних вкладень на вдосконалену машину у роках можна оцінити за наступною формулою:

$$T_{окд} = \frac{K_n - K_{\bar{o}}}{O}, \quad (5.4)$$

де $K_n, K_{\bar{o}}$ – сумарні інвестиційні такого вкладення відповідно у модернізовану та базову машини, грн.

Сукупні витрати (П) у гривнях на одиницю всього наробітку розраховували за наступною формулою:

$$П = I + K \cdot E_n, \quad (5.5)$$

де I – прямий показник експлуатаційних витрат, грн./од. наробітку;

K – питомий показник інвестиційних вкладень, грн./од. наробітку;

E_n – нормативний коефіцієнт щодо економічної ефективності.

Тоді прямі експлуатаційні витрати (И) у гривнях на одиницю всього наробітку розраховували за такою формулою:

$$И = З + Г + Р + А, \quad (5.6)$$

де $З$ – затрати на оплату праці обслуговуючого персоналу, грн./од. наробітку;

$Г$ – затрати на необхідні паливно-мастильні матеріали і електроенергію, грн./од. наробітку;

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

P – затрати на технічне обслуговування змішувача, поточний та капітальний ремонт, грн./од. виробітку;

A – затрати на амортизацію машини, грн./од. виробітку.

Затрати на оплату праці персоналу, що обслуговує (3) у гривнях на одиницю всього виробітку визначали за такою формулою:

$$З = \frac{\sum_{j=1}^n L_i \cdot t_i \cdot r_i \cdot K_{\partial} \cdot n_i}{W_{зм}}, \quad (5.7)$$

де L_i – кількісний показник i -ої категорії виробничого персоналу, що задіяний для виконання основного технологічного процесу, а також технічного обслуговування і ремонту машини (визначають за даними випробувань), люд.;

t_i – тривалість часу зайнятості i -го виробничого персоналу, год;

r_i – погодинна тарифна ставка щодо оплати праці на i -му виді робіт, грн./люд.-год;

K_{∂} – чинник, що враховує різні доплати до годинної ставки за отриману продукцію, класність, а також стаж роботи;

n_i – показник нарахувань на заробітну плату (пенсійний фонд та соціальне страхування фонду сприяння зайнятості);

$W_{зм}$ – продуктивність розробленої машини за годину експлуатаційного часу, од. виробітку/год.

Затрати певних коштів на електроенергію (Γ) у гривнях на одиницю всього виробітку визначали за такою формулою:

$$\Gamma = q \cdot C_e, \quad (5.8)$$

де q – питомі витрати енергії машиною, кВт/год. виробітку;

C_e – ціна однієї кВт/години електроенергії, грн./кВт.

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вихідні дані для економічної оцінки змішувача кормів СКО-Ф-3,0

Таблиця 5.1

№ п/п	Найменування показників	Одиниці виміру	Значення показників	
			серійний аналог СКО-Ф-3,0	дослідна ЗКО-Ф- 3,0
1	2	3	4	5
1	Тип машини		стаціонарна	
2	Маса машини	кг	1700	1760
3	Ціна змішувача	грн.	450000	591090
4	Продуктивність за годину чистого часу: за годину основного часу експлуатаційного часу	т/год. т/год. т/год.	4,7 3,854 3,525	7,35 6,3 5,9
5	Коефіцієнт використання експлуатаційного часу		0,75	0,8
6	Коефіцієнт використання змінного часу		0,82	0,86
7	Зональний річний обсяг наробітку	год. т	2190 10293	2190 16096,5
8	Витрати на проектування і виготовлення дослідного зразка	грн.	-	38400
9	Питомі витрати електроенергії	кВт/год.	2,1	1,27
10	Кількість обслуговуючого персоналу	осіб	1	1
11	Тарифна ставка IV розряду	грн./год	42,0	42,0
12	Відсоток відрахувань до амортизаційного фонду	%	15	15
13	Коефіцієнт додаткової заробітної плати	-	1,35	1,35
14	Відсоток відрахувань до соціальних фондів	%	37,5	37,5
15	Відсоток відрахувань на ремонт змішувача	%	9	9

Затрати на капітальний і поточний ремонти та технічне обслуговування (Р) у гривнях на одиницю наробітку визначали за такою формулою:

$$P = \frac{B \cdot (r_m + r_k)}{W_{ек} \cdot T_n}, \quad (5.9)$$

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де r_m – коефіцієнт відрахувань на деякий поточний ремонт і технічне обслуговування машини;

r_k – коефіцієнт відрахувань на капітальний ремонт машини;

T_n – нормативне річне завантаження на машину, год.

Затрати на амортизацію вдосконаленої машини (А) у гривнях на одиницю всього наробітку визначали за такою формулою:

$$A = \frac{B \cdot a}{W_{zm} \cdot T_z}, \quad (5.10)$$

де a – коефіцієнт відрахувань на амортизацію розробленої машини.

Економія у споживача за рахунок певного росту продуктивності праці за годину річного наробітку згідно виразу:

$$E_n = (10,27 - 6,095) \cdot 5,9 = 24,63 \text{ грн./год.}$$

$$\text{на одну тону} \quad E_n = 10,27 - 6,095 = 4,18 \text{ грн./т}$$

Тепер загальна економія за фактичний обсяг всього наробітку за рік:

$$E_z = 4,18 \cdot 109970 = 459674,6 \text{ грн.}$$

Річний економічний ефект у споживача від використання одного вдосконаленого змішувача:

$$E_p^c = (459674,6 - 0,2(591090 - 450000)) = 431456,6 \text{ грн.}$$

Тоді річний економічний ефект у заводу-виробника від виготовлення одного нового змішувача:

$$E_p^e = (591090 - 450000) - 0,2 \cdot 3635 = 140363 \text{ грн.}$$

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. ВИСНОВКИ

На основі проведених досліджень та аналітичного аналізу методології розвитку передових технологій у виготовленні повнораціонних кормових сумішей та підвищення технічного рівня конструкцій змішувачів, в магістерській кваліфікаційній роботі запропоновано новий підхід до вирішення наукової проблеми. Це досягнуто шляхом розробки та теоретичного узагальнення конструктивно-технологічної схеми змішувача та обґрунтування його параметрів робочих органів, що дозволяє ефективно реалізувати процес приготування збалансованих кормових сумішей для великої рогатої худоби.

В інженерній частині даної роботи розраховані раціональні геометричні і кінематичні параметри одновальної мішалки з плоскими лопатями. При розрахунках деталей на міцність проведено розрахунок валу розробленого змішувача.

В розділі «Охорона праці» розроблені інженерно-технічні заходи для попередження враження струмом при операціях у потоково-технологічній лінії для приготування збалансованих кормових сумішей.

В економічній частині даної роботи визначена оцінка економічної ефективності розробленої конструкції плоско-лопатевого змішувача кормів СКО-Ф-3,0, яка надана за результатами теоретичних та експериментальних досліджень його конструктивних і режимних параметрів.

За отриманими результатами досліджень нами проведено розрахунок економічної ефективності вдосконаленого змішувача у порівнянні з серійним.

В результаті цих розрахунків споживач і виробник отримали позитивні річні ефекти, що свідчить про доцільність проведених розробок.

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Механізація виробництва продукції тваринництва / І.І. Ревенко, Г.М. Кукта, В.М. Манько та ін.; За ред. І.І. Ревенка. — К.: Урожай, 1994. — 264 с.
2. Монтаж, експлуатація і ремонт машин у тваринництві / М.В. Брагінець, П.В. Педченко, І.Г. Резчик. — К.: Вища школа, 1991. — 359 с.
3. Практикум по машинах і обладнанню для тваринництва / За редакцією О.П. Скорика, О.І. Фісяченко. — Харків, ХДТУСГ, 2004 — 256 с. URL: [http://internal.khntusg.com.ua/fulltext/Proshivka/25_2/%D0%9D%D0%B0%D0%B2%D1%87.%20%D0%BF%D0%BE%D1%81%D1%96%D0%B1%D0%BD/Q_%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D0%BA%D1%83%D0%BC%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%BC%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%20%D1%96%20%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D0%B4%D0%BD%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8E%20%D0%B4%D0%BB%D1%8F%20%D1%82%D0%B2%D0%B0%D1%80%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D1%86%D1%82%D0%B2%D0%B0.%20\(2004\).pdf](http://internal.khntusg.com.ua/fulltext/Proshivka/25_2/%D0%9D%D0%B0%D0%B2%D1%87.%20%D0%BF%D0%BE%D1%81%D1%96%D0%B1%D0%BD/Q_%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D0%BA%D1%83%D0%BC%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%BC%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%20%D1%96%20%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D0%B4%D0%BD%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8E%20%D0%B4%D0%BB%D1%8F%20%D1%82%D0%B2%D0%B0%D1%80%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D1%86%D1%82%D0%B2%D0%B0.%20(2004).pdf).
4. Механізація тваринництва / І.І. Ревенко, В.С. Хмельовський, М.І. Ікальчик. — Ніжин, видавець ПП Лисенко М.М., 2015. — 328 с.
6. Проектування технологій і технічних засобів для тваринництва / О.А. Науменко, І.Г. Бойко, В.І. Грідасов, А.І. Дзюба та ін. За ред. Скорика О.П., Полупанова В.М. — Харків, ХНТУСГ, 2009. — 429 с. URL: <http://dspace.khntusg.com.ua/bitstream/123456789/1249/1/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F%20%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D0%B9%20%D1%96%20%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B8%D1%85%20%D0%B7%D0%B0%D1%81%D0%BE%D0%B1%D1%96%D0%B2%20%D0%B4%D0%BB%D1%8F%20%D1%82%D0%B2%D0%B0%D1%80%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D1%86%D1%82%D0%B2%D0%B0.%20%282009%29.pdf>.

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7. Практикум з годівлі сільськогосподарських тварин: навчальний посібник/[Ібатуллін І.І., Мельник Ю.Ф., Отченашко В.В., та ін.]; під ред. академіка НААН України І.І. Ібатулліна. – К.: 2015. – 422 с. URL: https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u104/%D0%9F%D0%A0%D0%90%D0%9A%D0%A2%D0%98%D0%9A%D0%A3%D0%9C%20%D0%B7%20%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D1%96%D0%B2%D0%BB%D1%96%20%D1%81-%D0%B3.%20%D1%82%D0%B2%D0%B0%D1%80%D0%B8%D0%BD%20%D0%86%D0%B1%D0%B0%D1%82%D1%83%D0%BB%D0%BB%D1%96%D0%BD%20%D1%82%D0%B0%20%D1%96%D0%BD_1_%D0%9C%D0%9E%D0%9D%2B%D1%80%D0%B8%D0%B1%D0%B0.pdf.

8. Підпала Т.В. Скотарство і технологія виробництва молока та яловичини / Т.В. Підпала. – Миколаїв: Видавничий відділ МДАУ, 2008. – 369 с.

9. Технологія виробництва молока і яловичини : методичні рекомендації для виконання курсового проекту студентами напряму підготовки 6.090102 – ТВППТ / Т.В. Підпала, О.К. Цхвітава. – Миколаїв, МНАУ, 2014. – 61 с. URL: <http://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/3033/1/%D0%9C%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%BA%D0%BE%20%D1%96%20%D0%AF%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%B0%20%D0%9A%D0%A3%D0%A0%D0%A1%20%D0%9F%D0%A0%202014.pdf>.

10. Механізація тваринницьких ферм / Б.П.Шабельник, М.М. Троянов, І.Г. Бойко та ін.; За ред. М.М. Троянова, - Харків, 2002. – 208 с.

11. Машина і обладнання для тваринництва : Електронний підручник / І.І. Ревенко, В.С. Хмельовський, О.О. Заболотько та ін. – Київ, ДУ «Науково-методичний центр вищої та фахової передвищої освіти», 2019. URL: <http://rodak.if.ua/mot/index.htm>.

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Прим.
				Документація		
A1			MP 00.040 СБ	Мішалка змішувача	1	
				Складальні одиниці		
		1	MP 00.041	Вал мішалки	1	
				Деталі		
		2	MP 00.040.001	Стійки горизонтальні	8	
		3	MP 00.040.002	Стійки вертикальні	8	
		4	MP 00.040.003	Опори	4	
		5	MP 00.040.004	Лопать ліва	8	
		6	MP 00.040.005	Лопать права	8	
		7	MP 00.040.006	Пальці	48	
				MP 00.040		
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Мішалка змішувача		
		Мандрицький				
Перевірів		Кісільов				
Н. контр.		Мачок				
Затвердив		Лещенко				
				Літера		
				Аркуш		
				Аркуші		
				ЦНТУ, гр. ГМ-22М-1.1		

MP 00.001 H4

[illegible]

[illegible]

Колова швидкість руху лопатевої мішалки

$$\omega_{кр} = \sqrt{\frac{g}{R_n}} \quad (2)$$

де R_n – найбільший радіус обертання лопаті, м

Проекція лопаті на розгорнуту площину дна корпусу змішувача

$$b = \frac{\rho^0 \pi}{180} R_n = \rho R_n \quad (3)$$

де ρ^0, ρ – центральний кут лопаті відповідно в градусах і радіанах

Крок між лопатями

$$t = \frac{\rho R_n \sin \alpha}{1 + \tan \alpha \tan \varphi} \quad (4)$$

де α – кут встановлення лопаті до вісі мішалки;

φ – кут тертя сумішки по лопаті

Загальний напрям вектора швидкості руху часток потоку сумішки під дією лопаті мішалки складається з геометричних напрямків руху швидкостей:

$$\text{колової } v_{кол}(R_n) = \omega R_n \quad (5)$$

$$\text{осьової } v_{ос}(R_n) = \omega R_n \tan \alpha \quad (6)$$

$$\text{вздовж лопаті } v_{лон}(R_n) = \frac{dS}{dt} \quad (7)$$

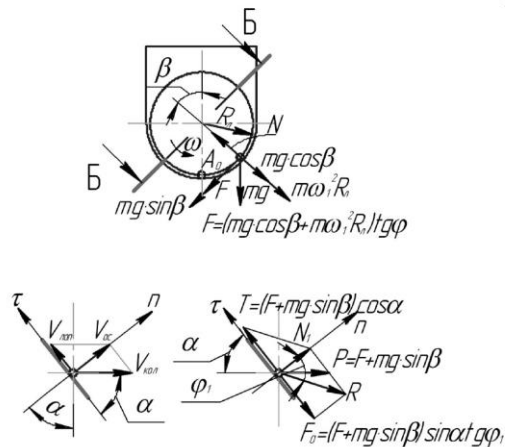
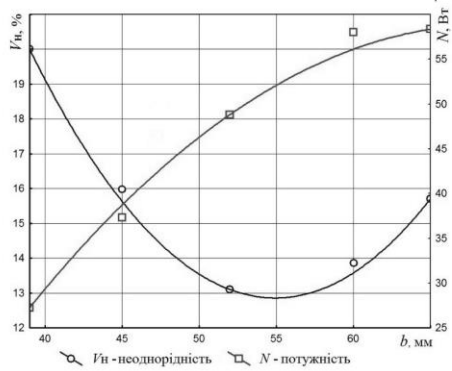
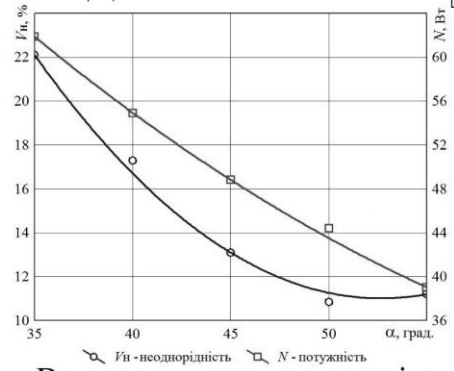


Схема дії сил на частку при обертанні лопаті змішувача

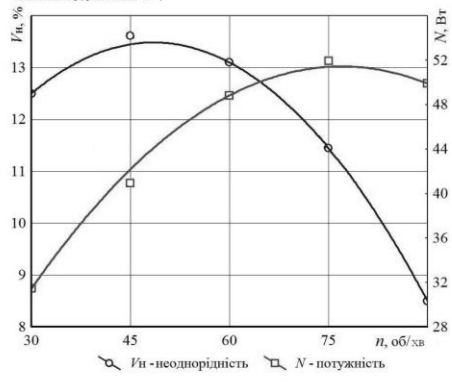
РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ



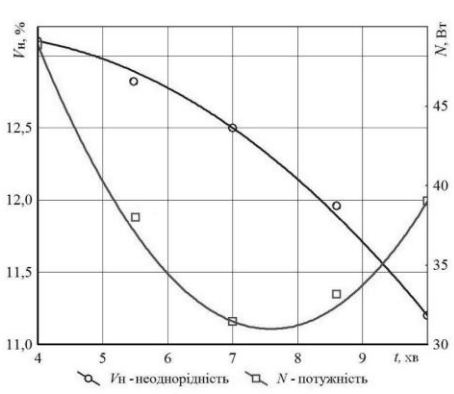
Вплив ширини лопаті b на ефект змішування кормів V_n та потужність приводу валу мішалки N



Вплив кута нахилу лопаті α на ефект змішування кормів V_n та потужність приводу валу мішалки N



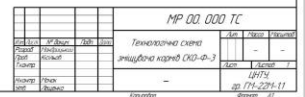
Вплив частоти обертання валу n на ефект змішування кормів V_n та потужність приводу валу мішалки N



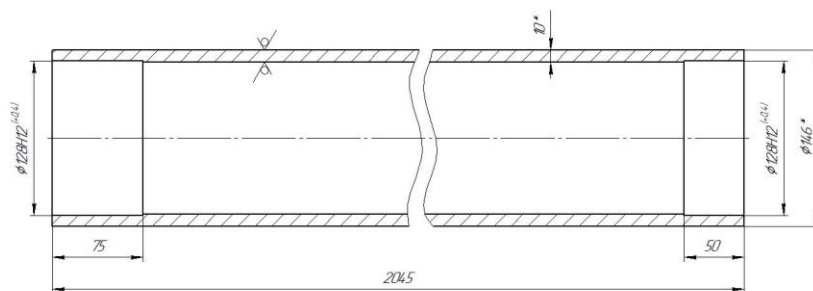
Вплив тривалості часу змішування t на ефект змішування кормів V_n та потужність приводу валу мішалки N

МР 00.004 НЧ
Результати досліджень
Лист 1 з 1
Затверджено: 20.05.2011
Відомо: 20.05.2011
Виконав: [signature]
Перевірив: [signature]

МР 00.004 НЧ			
Відомо	Виконав	Перевірив	Затвердив
Результати досліджень	Лист 1 з 1	Затверджено	20.05.2011
Відомо	Виконав	Перевірив	Затвердив

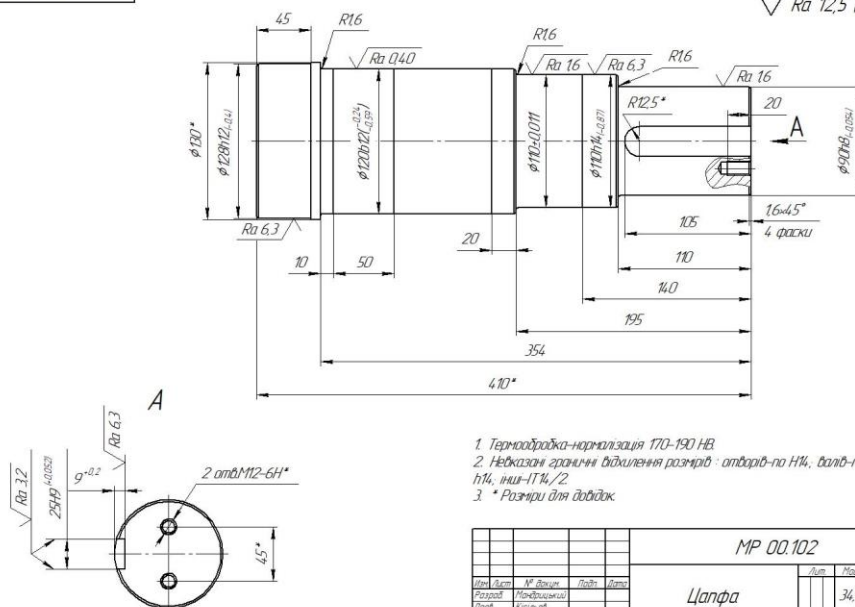


- [illegible]



- 2 * Розміри для довідок

						MP 00.101		
Имя	Фамилия	№ документа	Подпись	Дата		Автом.	Масса	Момент
Розовый	Павловичский				Труба		67.7	12
Зинь	Алексеев							
Григорьев						Автом.	Автом.	Т
Имя	Фамилия					№6х10 ГОСТ 8732-78		
Имя	Фамилия				Труба	№16х10 ГОСТ 8732-78		
Имя	Фамилия				Характеристика	ЦНТ4 зр. ГТ-224-11 Формат А3		



1. Термообробка-нормалізація 170-190 НВ.
2. Невказані граничні відхилення розмірів : отворів-по Н14; валів-по н14; інші-IT14/2.
3. * Розміри для довідок.

[illegible]