

Центральноукраїнський національний технічний університет

Агротехнічний факультет

Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

Зав. кафедрою СГМ

к.т.н., професор

\_\_\_\_\_ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

## ДИПЛОМНА РОБОТА

за другим (магістерським) рівнем вищої освіти  
на тему:

«Комплексна механізація виробництва молока з удосконаленням конструкції  
лопатевого змішувача кормів»

Виконав здобувач вищої освіти II курсу,

групи АІ-24М-1

ОПП «Агроінженерія»

спеціальності 208 «Агроінженерія»

\_\_\_\_\_ Третяк Сергій Сергійович

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

Керівник роботи

доцент, канд. техн. наук

\_\_\_\_\_ Руслан КІСІЛЬОВ

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

Рецензент

професор, докт. техн. наук

\_\_\_\_\_ Ігор ШЕПЕЛЕНКО

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

м. Кропивницький

## ЗМІСТ

*Стор.*

1. Вступ.....	
2. Стан досліджуваного питання та вибір напрямку досліджень.....	
3. Наукова частина.....	
4. Практична реалізація результатів досліджень	
5. Охорона праці.....	
6. Загальні висновки.....	
Список використаних джерел.....	
Додатки	

## ВСТУП

На світовому ринку спостерігається досить стійка тенденція зростання попиту на високоякісне молоко, також яловичину та іншу м'ясо-молочну продукцію. У зв'язку з цим обсяги виробництва молока продовжують збільшуватися: з 2010 по 2020 роки вони зросли з 724,6 до 887,9 млн тонн, що становить майже 23% приросту.

В Україні молочне скотарство також відіграє важливу економічну роль. Галузь ефективно розвивається в різних ґрунтово-кліматичних зонах і, як правило, представлена великими аграрними підприємствами. Наразі попит на молоко та молочні продукти продовжує зростати, і згідно з біологічно обґрунтованими нормами харчування, рівень споживання має становити 550-580 кг на одну особу на рік.

Попри наявні труднощі та усвідомлення того, що основним ринком збуту є країни ЄС, українські виробники молока й підприємства з його переробки продовжують активно інвестувати у вдосконалення сучасних технологій та підвищення якості продукції. Наразі вже 60 вітчизняних молокопереробних заводів отримали єврономери, що підтверджує їх повну відповідність вимогам Європейського Союзу - як щодо якості сировини, так і технологічних процесів виробництва.

Щодо якості сирого молока, то за останнє десятиріччя, після підписання Україною Угоди про асоціацію з ЄС та взяття зобов'язань щодо дотримання європейських стандартів, понад 52% молока, що надходить на переробку, відповідає показникам безпеки, встановленим у ЄС. Європейські експерти відзначають це як суттєвий прогрес, особливо враховуючи, що значна частка молока виробляється у приватному секторі.

Крім того, вітчизняні виробники активно інвестують у будівництво нових сучасних ферм. Особливо інтенсивно молочне виробництво розвивається в Хмельницькій і Тернопільській областях, де реалізуються масштабні проекти зі створення сучасних молочних комплексів.

Підвищення ефективності тваринницької галузі значною мірою визначається якістю підготовки кормів, адже їхня частка становить близько 60% загальної собівартості продукції. Водночас прогресивні технології, що

забезпечують повну реалізацію генетичного потенціалу тварин, поки що не набули широкого поширення через нестачу необхідного технічного оснащення.

Сучасні конструкції змішувачів кормів для великої рогатої худоби не повною мірою відповідають зоотехнічним вимогам до приготування збалансованих багатокomпонентних кормосумішей, оскільки характеризуються підвищеними енерговитратами та високою матеріалоемністю.

Саме тому дослідження, представлені в цій дипломній роботі, спрямовані на вдосконалення робочих органів та різних елементів в конструкції змішувача кормів, що дасть змогу підвищити ефективність кормової бази з мінімальними витратами енергії та матеріалів.

## **2.СТАН ДОСЛІДЖУВАНОВОГО ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМУ ДОСЛІДЖЕНЬ**

### **2.1. Розробка потоково-технологічної лінії виробництва молока з обґрунтуванням раціональної технології утримання тварин на комплексі ВРХ.**

Вимоги до сучасних молочних ферм і комплексів, що враховують біологічні, технічні та організаційно-економічні чинники, становлять основу для формування технологічних нормативів. Цими нормативами активно користуються фахівці, які беруть участь у виробництві молока та яловичини.

На наступному етапі здійснюється розроблення технологічної схеми виробництва молока, яка передбачає формування певних технологічних груп великої рогатої худоби. При цьому враховуються статеві-вікові, фізіолого-продуктивні особливості тварин, що тісно пов'язані з біолого-технологічним циклом та специфікою їх життєдіяльності як біологічного виду.

Характеристика технологічних груп тварин на молочному комплексі визначає напрям і спеціалізацію виробничої діяльності господарства. До основних груп належать:

- **сухостійні корови**, що утримуються разом упродовж 40-55 днів;
- **розтелені корови**, тобто тварини з телятами, яких розміщують у профілакторії до досягнення телятами 20-денного віку;
- **дійні корови**, що включають тварин у періоді активного роздоювання;
- **молодняк на вирощуванні**, тобто телята віком від 20 днів до 6 місяців;
- **молодняк на дорощуванні**, саме тварини віком до 14 місяців;
- **молодняк на відгодівлі** - тварини віком 16–18 місяців;
- **ремонтні телиці до одного року**;
- **ремонтні телиці старше одного року**;
- **нетелі** -це телиці, що запліднені та готуються до отелення.

У межах виконання даної дипломної роботи передбачено впровадження інтенсивної потоково-цехової технології виробництва молока, яка передбачає утримання тварин у відповідних технологічних та вікових групах.

Згідно з розробленим генеральним планом, передбачається використання спеціалізованих приміщень і споруд, призначених для розміщення різних груп тварин, а саме:

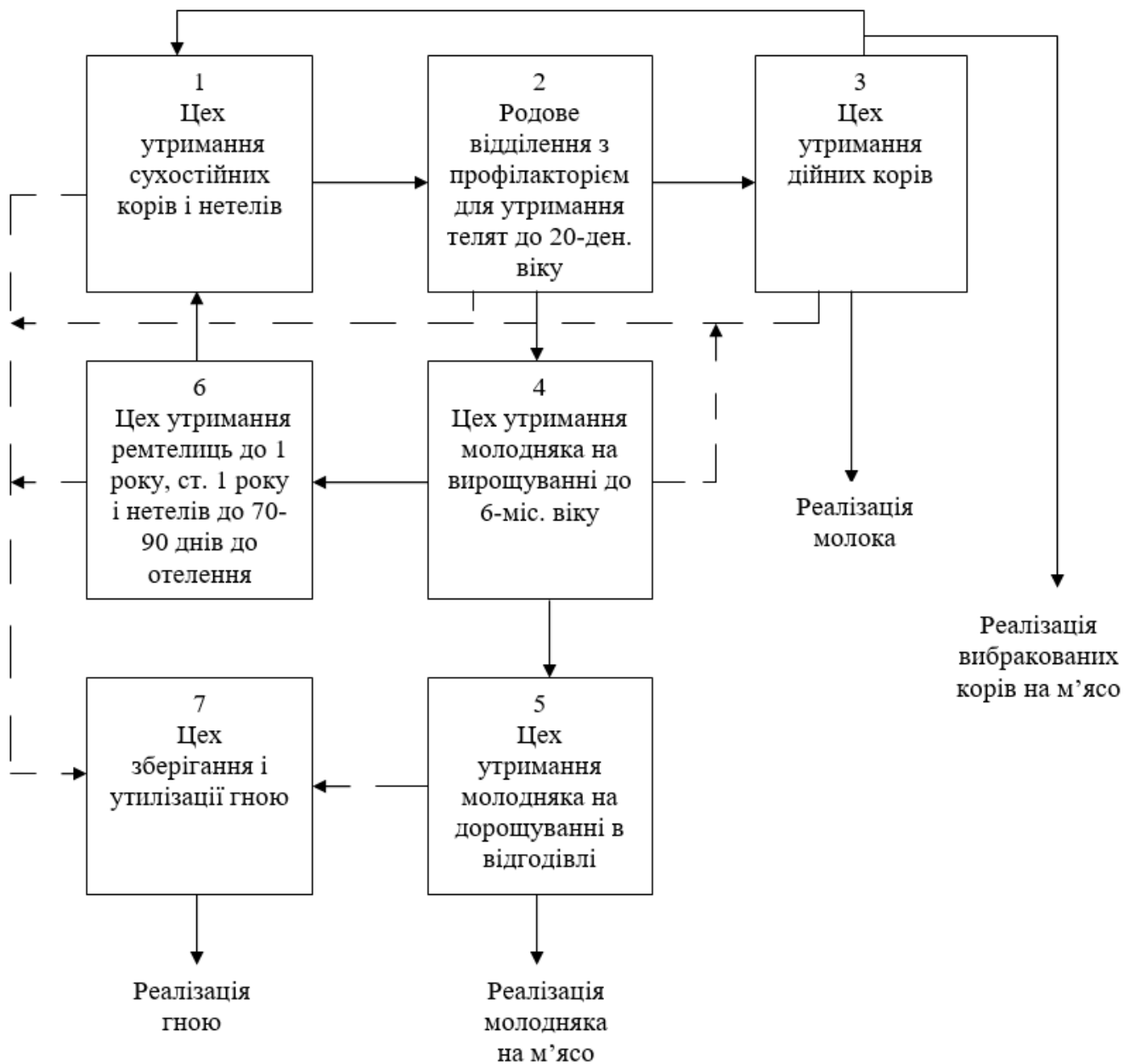


Рис. 2.1. Розроблена схема потоково-цехової лінії з виробництва молока та м'яса яловичини на тваринницькому комплексі.

- цех для утримання сухостійних корів і групи нетелів;
- родильне відділення з до- та післяродовими приміщеннями, яке включає приймальню, відділення для глибокотільних і розтелених корів, а також профілакторій для телят віком до 20 днів;
- цех для утримання дійних корів;

- відділення для молодняку у період вирощування — телята віком до 6 місяців;
- приміщення для молодняку на дорощуванні та відгодівлі — тварини віком до 16–18 місяців;
- відділення для ремонтних телиць віком до одного року, старше одного року, а також для нетелів за 70–90 днів до отелення.

У даній роботі пропонується активне впровадження потоково-цехової схеми організації виробництва молока. Вона наведена на рисунку 2.1 і наочно демонструє рух поголів'я великої рогатої худоби між різними технологічними групами залежно від віку та фізіологічного стану тварин.

### **2.1.1. Відділення для певної кількості сухостійних корів і нетелів.**

Згідно із запропонованою технологічною схемою, групу сухостійних корів повністю переводять із цеху для дійних корів за 60 днів до очікуваного отелення, а нетелей - із цеху №6 на 5-7-му місяці тільності. Відповідно до встановлених норм годівлі, добові раціони коригуються таким чином, щоб досягти оптимальної вгодованості та забезпечити правильний обмін речовин. Такий підхід сприяє повноцінному засвоєнню поживних речовин у період наступної лактації, підвищуючи підготовленість корів і нетелей до отелення.

У цей період проводяться регулярні ветеринарні огляди та профілактичні заходи для запобігання можливим захворюванням. Цех виробництва молока поповнюється новими коровами після запуску та вибракування, причому технологічні групи формуються кожні 10-15 днів з урахуванням строків отелення. Нетелі, які не входять до цих груп, утримуються окремо залежно від віку.

Контроль стану вимені сухостійних корів здійснюється щоденно: виконується масаж тривалістю 4-5 хвилин, який припиняють за 15-20 днів до отелення. Усі операції на запропонованому комплексі виконуються із застосуванням мобільної техніки, що забезпечує високу ефективність і зручність обслуговування тварин на всіх етапах виробництва.

### **2.1.2. Характеристика наявних приміщень родового відділення.**

Комплекс включає чотири основні приміщення: дородове, родове, післяродове відділення та кімнату-профілакторій, обладнану ветеринарною

аптекою. Така структура забезпечує спокійний перебіг родів, сприяє народженню здорових телят і ефективній підготовці корів до нового періоду лактації. Перед переведенням тварин до родового відділення проводяться ветеринарний огляд і санітарна обробка.

Відділення обладнане індивідуальними боксами, кожен із яких має власну напувалку та закріплену годівницю. Після отелення, упродовж першої доби, корова з телям утримуються безприв'язно, після чого тварину переводять на прив'язне утримання.

Доїння здійснюється три рази на день за допомогою наявної доїльної установки. Протягом першого тижня після пологів отримане молоко використовується для годівлі телят. Після кожного звільнення приміщення проводять ретельне очищення та дезінфекцію, що гарантує дотримання ветеринарно-санітарних норм і зменшує ризик виникнення інфекцій.

### **2.1.3. Віділення для утримання кількості дійних корів.**

Після родового відділення корів групами активно переводять у цех роздоювання, де вони залишаються до завершення періоду лактації. Всі телята утримуються у групових станках з 20-денного віку до 6 місяців. У цей період їх випоюють молоком за допомогою установки марки УВТ-20А. Приблизно через місяць телят поступово привчають до споживання порції сіна та деяких видів комбікормів. Після досягнення двомісячного віку до їх раціону додають інші корми та компоненти, такі як сінаж і силос, відповідно до добових норм харчування

## **2.2. Визначення та розрахунок структури стада враховуючи поголів'я технологічних груп тварин на комплексі ВРХ.**

Використовуючи проектну потужність комплексу ВРХ, а також вдосконалену технологічну схему виробництва молока і яловичини, показники організаційного режиму та безперечно ритм виробництва, виконуємо розрахунок структури стада..Поруч з цим встановлюємо середньорічне поголів'я тварин згідно вікових груп. Отримані результати заносимо до таблиці 2.1.

Запропонована структура стада демонструє реальні можливості для збільшення поголів'я маточних корів до 38,48%, а загальної чисельності тварин

- до близько 520 голів. Тваринницький комплекс ВРХ володіє значним потенціалом, що дозволяє щорічно виробляти орієнтовно 800 т молока, 10 т м'яса від вибракованих корів, близько 60 т яловичини молодняка у живій масі, а також отримувати приблизно 7787 т побічної продукції - гною.

Таблиця 2.1

Структура стада по виробництву молока та м'яса яловичини  
на групі 200 корів

№ п/п	Найменування технологічних груп тварин	Середньорічне поголів'я, гол	Структура стада, %
1	Корови, всього	200	38,47
	в т.ч. сухостійні	20	3,85
	глибокостільні і розтелені	20	3,85
	дійні	160	30,77
2	Нетелі	20	3,85
3	Молодняк на вирощуванні до 6 місяців	100	19,22
4	Молодняк на дорощуванні і відгодівлі до 16 місяців	160	30,76
5	Ремтелиці до 1 року	20	3,85
6	Ремтелиці ст. 1 року	20	3,85
	Всього	520	100

**2.3. Розробка генерального плану з визначенням основних показників для приміщень комплексу.**

Використовуючи вираз (2.1) та відповідні нормативні показники, здійснюється розрахунок площі земельної ділянки та проектної потужності господарства.

При цьому заздалегідь забезпечується дотримання санітарних, протипожежних і ветеринарних вимог:

$$F_n = \lambda \cdot f, \text{ м}^2, \quad (2.1)$$

де:  $\lambda$  - показник, що враховує поголів'я корів на даному комплексі, тобто  $\lambda = 200$  гол.;

$f = 230$  м<sup>2</sup>/гол. - нормативна площа земельної ділянки ферми на 1 корову, м<sup>2</sup>/гол.;

$$F_n = 200 \cdot 230 = 46000 \text{ м}^2.$$

Використовуючи певний вираз 2.2 проводимо обчислення в потребі основних приміщень для утримання поголів'я на даному комплексі ВРХ:

$$n = \frac{\sum M_i}{k_i}, \quad (2.2)$$

де:  $M_i$ - показник, який враховує структурне поголів'я певної  $i$  – ої технологічної групи, що утримується разом в одному приміщенні проектного комплексу;

$k_i$ - чисельний показник тварин  $i$  – ої групи, що є у розробленому типовому приміщенні ферми ВРХ.

Для утримання групи дійних корів проводимо обчислення типового проекту корівника на 200 голів. Марка приміщення ТП801-70/69 тип 4 і таким чином встановлюємо їх потребу використовуючи наступний вираз:

$$n_1 = \frac{k_1}{k_K},$$
$$n_1 = \frac{160}{200} = 0,8.$$

Запропонований вираз доцільно використовувати для утримання корів глибокостельного періоду та новотелених разом із телятами віком до 20 діб. У зв'язку з цим пропонується передбачити родильне відділення на 22 місця з окремим приміщенням для профілакторію:

$$n_2 = \frac{k_2}{k_{pv}},$$
$$n_2 = \frac{20}{22} = 0,92.$$

Достатньо одного родильного відділення на 22 місця з профілакторієм для утримання телят.

Для вирощування молодняка віком до 6 місяців передбачається використання наявного телятника на 120 голів, який зблокований із родильним відділенням. На основі цього визначається їх потреба у відповідних площах та ресурсах для повноцінного утримання:

$$n_3 = \frac{k_3}{k_m},$$
$$n_3 = \frac{100}{120} = 0,82.$$

Приймається одне приміщення-телятник, розраховане на утримання 120 голів. Для забезпечення ефективного вирощування молодняка, який перебуває на дорощуванні та відгодівлі, передбачається ще один телятник на 160 голів. Відповідно до аналогічного виразу здійснюється розрахунок їх потреби у необхідних площах та ресурсах:

$$n_4 = \frac{k_4}{k_m},$$
$$k_4 = \frac{160}{160} = 1.$$

Для утримання ремтелиць віком до одного року, старше одного року, нетелей за 70-90 днів до отелення та сухостійних корів передбачається корівник на 100 голів. На основі цього проводиться розрахунок їх потреби у площах, обладнанні та необхідних ресурсах для належного утримання:

$$n_5 = \frac{k_5 + k_6 + k_7 + k_8}{k_k};$$
$$n_5 = \frac{20 + 20 + 20 + 20}{100} = 0,8.$$

Таким чином, приймаємо один корівник.

Генеральний план ферми поділяється на такі основні зони:

**Адміністративно-господарська зона**, до складу якої входять ветсанпропускник на 30 осіб з адміністративно-допоміжними приміщеннями та дезінфекційним блоком для транспортних засобів.

**Виробнича зона**, що включає корівник на 200 голів, родильне відділення на 22 місця зі зблокованим телятником на 120 голів, окремий телятник на 160 голів, корівник на 100 голів, а також вигульні майданчики.

**Зона зберігання та приготування кормів**, у якій передбачено траншеї для зберігання силосу й сінажу, майданчики для грубих кормів і коренеплодів, склад зернових і концентрованих кормів, приміщення для зберігання мікро- та макродобавок, місткість для меласи та кормоцех.

**Ветеринарно-санітарна зона**, що включає ветпункт, ізолятор, дезбар'єри та майданчик для обробки шкіряного покриву тварин.

**Зона допоміжних приміщень і споруд**, до якої належать будівля для тракторів із навісом для машин, пункт технічного обслуговування (ПТО), трансформаторна підстанція, пожежний резервуар, водонапірна башта, насосна станція, вагова на 10 т, молочний блок і пункт штучного осіменіння (ПШО).

**Зона зберігання та утилізації гною**, де розміщуються гноєсховища та сечозбірники.

Основні виробничі, технологічні та допоміжні приміщення й споруди розміщуються на генеральному плані ферми відповідно до вимог санітарних, ветеринарних та протипожежних норм. За результатами планування визначено фактичну площу земельної ділянки ферми, яка становить  $F_{\phi} = 3,88$  га.

Обчислюємо за виразом коефіцієнт використання нормативної площі ділянки на даному комплексі:

$$\zeta_{в.н.} = \frac{F_{\phi}}{S_H}, \quad \zeta_{в.н.} = \frac{3,88}{4,0} = 0,97. \quad (2.3)$$

Обчислюємо значення показника, що характеризує забудову комплексу для ВРХ:

$$\zeta_3 = \frac{F_3}{F_{\phi}}, \quad \zeta_3 = \frac{2,2}{3,88} = 0,57. \quad (2.4)$$

І на решті, обчислюємо коефіцієнт використання площі встановленої ділянки на проектному комплексі:

$$\zeta_{в.} = \frac{F_c}{F_\phi}, \quad \zeta_{в.} = \frac{2,54}{3,88} = 0,65. \quad (2.5)$$

## 2.4. Розробка потоково-виробничих ліній для проектного кормоцеху.

### 2.4.1. Характеристика поточкових технологічних ліній для кормоцеху.

Для обґрунтування технологічної схеми приготування повнораціонних кормових сумішей у кормоцеху необхідно врахувати фізичний стан наявних кормів, вимоги зоотехнії та технологічні нормативи згодовування тваринам, а також оцінити доцільність застосування запропонованих способів обробки компонентів.

Процеси для окремих видів кормів можна сформулювати так:

**Солома:** накопичення → подрібнення → дозування → подача у змішувач → змішування з іншими компонентами → вивантаження готової суміші для ВРХ.

**Силос і сінаж:** накопичення → подрібнення → дозування → подача в змішувач → змішування з підготовленою групою компонентів → вивантаження готової суміші для ВРХ.

**Коренеплоди:** завантаження → миття → подрібнення → активне дозування → подача в змішувач → змішування з встановленими компонентами → вивантаження готової суміші для ВРХ.

**Концентровані корми:** завантаження → дозування → подача в ємність змішувача → змішування з іншими компонентами → вивантаження готової суміші для ВРХ.

**Меласу та мікро- і макродобавки** готують за наступною послідовністю: розфасування й завантаження → приготування рідкого розчину → активне дозування та подача розчину у змішувач → змішування з підготовленими компонентами → вивантаження готової кормової суміші для ВРХ.

Маючи розроблені технологічні схеми приготування окремих кормів і повнораціонної суміші, проводимо розрахунок та формування запропонованих потоково-механізованих технологічних ліній (ПТЛ). Розроблено такі ПТЛ:

- ПТЛ підготовки соломи;
- ПТЛ підготовки компонентів силосу та сінажу;
- ПТЛ обробки коренеплодів;
- ПТЛ підготовки компонентів концентрованих кормів;

- ПТЛ приготування активного розчину меласи та мікро-/макродобавок;
- ПТЛ змішування всіх компонентів і приготування вологої повнораціонної кормової суміші з подальшим вивантаженням у ємність кормороздавача.

Ці лінії утворюють інтегрований технологічний потік в роботі кормоцеху, що забезпечує послідовну обробку компонентів та стабільне отримання якісної однорідної кормової суміші для ВРХ.

Нарешті, технологічну лінію та технологічні процеси підтримуємо чітко визначеними операціями з дотриманням їх послідовності, а саме:

Подрібнення та завантаження соломи, силосу та сінажу до приміщення кормоцеху.

Подрібнення та завантаження соломи, силосу та сінажу до складського приміщення кормоцеху.

Дозування та подача визначених компонентів на поздовжній транспортер.

Завантаження та транспортування коренебульбоплодів до будівлі кормоцеху.

Завантаження з одночасним миттям, подрібненням та дозуванням маси коренеплодів.

Завантаження комбікорму в ємність для сухих кормів із подальшим дозуванням на поздовжній транспортер.

Завантаження різних добавок та приготування маси з меласи.

Подача всіх необхідних компонентів у ємність змішувача, приготування кормової суміші та її активне вивантаження у причеп кормороздавача.

Такий розподіл операцій забезпечує безперервність технологічного процесу, високу однорідність суміші та ефективність роботи кормоцеху.

#### **2.4.2. Обчислення потокових ліній для приготування кількості соломи, силосу та сінажу**

Використовуючи вираз (2.6) обчислюємо розрахункову годинну продуктивність технологічних ліній:

$$P_{p.год.} = \frac{P_{доб}}{K \cdot t \cdot l}, \text{ т/год.}, \quad (2.6)$$

де:  $P_{доб.}$  – показник, що явно вказує на добову потребу соломи, силосу та сінажу, т/доб;

$t$  – значення тривалості однієї зміни, год.;  $K$  – чинник, що чітко враховує роботу даного кормоцеху за одну добу;  $l$  – показник використання часу тільки однієї зміни;

Заносимо до виразу значення та отримуємо наступне:

$$P_{p.год.сол.} = \frac{1,46}{1 \cdot 7 \cdot 0,88} = 0,24 \text{ т/Год.},$$

$$T_{p.год.сил.} = \frac{8,58}{1 \cdot 7 \cdot 0,88} = 1,39 \text{ т/Год.}$$

Відповідно до розрахункового значення годинної продуктивності, для роботи кормоцеху обираємо:

- один кормоавантажувач ЗСК-8 з вантажопідйомністю 8 т та продуктивністю 2,85–110 т/год;
- один тракторний причіп 2ПТС-4М-887А з вантажопідйомністю близько 4 т;
- два стаціонарних бункери-дозатори БДК-Ф-70-20 із продуктивністю 5–20 т/год.

Таке оснащення забезпечує ефективне завантаження, транспортування та дозування кормових компонентів відповідно до встановлених технологічних норм.

### **2.4.3. Обчислення потокової лінії для приготування кількості коренеплодів**

Згідно наступного виразу проводимо обчислення годинної продуктивності технологічної лінії для коренеплодів:

$$P_{p.год.кор.} = \frac{2,76}{7 \cdot 1 \cdot 0,88} = 0,45 \text{ т/Год.}$$

Відповідно до розрахункового значення годинної продуктивності для кормоцеху обирається таке обладнання:

- один кормоавантажувач ЗСК-8;
- один тракторний причіп 2ПТС та один причіп 2ПТС-4М-887А;
- поздовжній транспортер для коренеплодів ТК-5Б з продуктивністю до 5 т/год;

- подрібнювач-мийка коренеплодів ІКМ-5 з продуктивністю до 5 т/год;
- стаціонарний дозатор кормів ДСК-15.

Таке оснащення забезпечує ефективне завантаження, подрібнення, миття, транспортування та дозування кормових компонентів у кормоцеху відповідно до встановлених технологічних вимог.

#### **2.4.4. Технологічний розрахунок проектної потокової лінії для приготування розчину меласи, а також мікро- і макродобавок**

Згідно попередніх виразів обчислюємо годинну продуктивність технологічної лінії для приготування розчину меласи:

$$P_{p.год.роз.} = \frac{0,859 \cdot 7}{7 \cdot 1 \cdot 0,88} = 0,97 \text{ т/год.}$$

Для забезпечення ефективного та якісного приготування маси розчину меласи й мікро- та макродобавок обираємо один змішувач типу СМ-1,7, який має продуктивність 1,75 т/год.

#### **2.4.5. Технологічний розрахунок проектної потокової лінії для приготування потрібної кількості комбікормів**

Також згідно попередньої формули обчислюємо годинну продуктивність проектної технологічної лінії для приготування потрібної кількості комбікормів:

$$P_{p.год.ком.} = \frac{1,09}{7 \cdot 1 \cdot 0,88} = 0,18 \text{ т/год.}$$

Для досить ефективного та якісного проходження процесу встановлюємо потребу комбікормів на тиждень за наступним виразом:

$$P_{п.ком.} = G_{доб} \cdot t, \text{ т}$$

$$P_{п.ком.} = 1,09 \cdot 7 = 7,63 \text{ т}$$

Отримавши значення за наведеною вище формулою, приймаємо один бункер-завантажувач марки ЗСК-8, ємність якого становить 8 м<sup>3</sup>, що є цілком достатнім для забезпечення потреб процесу.

Для виконання операції дозування групи комбікормів обираємо дозатор типу ДК-10 із заводською продуктивністю 5 т/год. Необхідну кількість обладнання визначаємо за таким виразом:

$$n = \frac{P_{p.год.ком.}}{P_n},$$

$$n = \frac{0,18}{0,18} = 1 \text{ шт.}$$

#### 2.4.6. Розрахунок проектної лінії для приготування збалансованої кормосуміші та вивантаження її до роздавача.

Використовуючи наступну формулу обчислюємо продуктивність потокової лінії для приготовленої повнораціонної суміші:

$$P_{p.год.зм.} = P_{p.год.сол.} + P_{p.год.сил.} + P_{p.год.кор.} + P_{p.год.роз.} + P_{p.год.ком.}, \text{ т/год}, \quad (2.7)$$

$$P_{p.год.зм.} = 0,24 + 1,39 + 0,45 + 0,97 + 0,18 = 3,23 \text{ т/год.}$$

Підбираємо вивантажувальний транспортер типу ТС-40М та додатково один змішувач кормів марки СКО-Ф-3, продуктивність якого становить 5 т/год.

Отже, визначені параметри та кількість обладнання для приготування збалансованої кормосуміші дозволяють сформувати комплект машин для типового кормоцеху КЦК-5-3 із загальною продуктивністю 10 т/год. Отримані результати заносимо до таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Найменування проектного обладнання для кормоцеху КЦК-5-3

№ п/п	Найменування машин	Марка
1	2	3
1	Бункер-дозатор кормів для ВРХ	БДК-Ф-70-20
2	Повздовжній рухомий транспортер	ТЛ-65
3	Транспортер для маси коренеплодів	ТК-5,0Б
4	Мийка з процесом подрібнення	ИКМ-5,0
5	Дозатор зеленої маси кормів	ДСК-15

6	Дозатор для маси концкормів	ДК-10
7	Змішувач групи збагачувальних компонентів	СМ-1,7
8	Змішувач запарник кормів для ВРХ	СКО-Ф-3,0
9	Вивантажувальний поперечний транспортер	ТС-40М
10	Бункер для зберігання потреб комбікормів	БСК-10

## 2.5. Розрахунок проектної потокової лінії по роздаванню кормів для ВРХ

Для роздавання повнораціонної сбалансованої кормосуміші приймаємо малогабаритний мобільний кормороздавач марки КПТ-5.

Технічна характеристика роздавача:

1. Розрахункова вантажопід'ємність, т .....2,0
2. Ємність причепа, м<sup>3</sup> .....5,0
3. Показник для продуктивності, м<sup>3</sup>/год.....44-200
4. Габаритні розміри роздавача, мм .....5750x2020x1950
5. Швидкість на роздачі кормів, км/год .....30
6. Агрегативання з колісними тракторами.....0,6; 0,9 і 1,4

Використовуючи формулу 2.8 розраховуємо годинну продуктивність роздавачів при видачі кормів для ВРХ:

$$P_{роз} = \frac{P_{доб}}{K \cdot t \cdot \xi}, \quad (2.8)$$

де:  $P_{доб}$  - кількісний показник добової потреби в кормах для проектного комплексу, т;  $K$  - кратність роздавання вже готової суміші,  $K = 2$ ;  $\xi$  - чинник, що характеризує тривалість при роздаванні повнораціонної суміші при визначеному показнику  $K$ ,  $\xi = 1,88$  год.:

$$P_{роз} = \frac{16}{2 \cdot 0,88 \cdot 2} = 4,54 \text{ т} \quad \text{т/год.}$$

За виразом 2.9 розраховуємо продуктивність мобільного кормороздавача марки КПТ-5:

$$P_K = \frac{M \cdot \rho \cdot K_g \cdot \lambda}{t_y}, \quad (2.9)$$

де:  $M$  - показник, що враховує загальний об'єм бункера,  $M=5\text{м}^3$ ;

$\rho$  - значення щільності вологої повнораціонної суміші,  $\rho = 255 \text{ кг/м}^3$ ;

$K_g$  - показник використання робочого часу тільки для однієї зміни,  
 $K_g=0,93$ ;

$\lambda$  - чинник, який враховує повне завантаження причепа кормороздавача,  
 $\varphi=0,93$ ;

$t_y$  - час на виконання операції роздавання суміші для ВРХ причіпним кормороздавачем.

$$t_y = t_{зав.} + t_{роз.} + \frac{l}{\zeta_3} + \frac{l}{\zeta_x}, \quad (2.10)$$

$$t_y = 4 + 3 + \frac{260}{47} + \frac{260}{470} = 12,75 \text{ хв} = 0,22 \text{ год.}$$

$$P_K = \frac{5 \cdot 0,255 \cdot 0,93 \cdot 0,93}{0,22} = 5,01 \text{ т/год.}$$

Встановлюємо кількісний показник у потребі мобільних кормороздавачів марки КПТ-5 на проектному комплексі ВРХ:

$$n_k = \frac{P_{роз.}}{P_K}, \quad n_k = \frac{4,54}{5,01} = 0,91 \text{ шт.} \quad (2.11)$$

Отже, є потреба у одному роздавачі марки КПТ-5.

Роздавання заздалегідь підготовлених сумішей для родового приміщення виконується ручними візками марки УТР-0,3.

## **2.6. Обчислення ПТЛ для доїння групи корів та послідуною первинною обробкою молока**

За виразом 2.12 визначаємо продуктивність ПТЛ доїння урахуванням тих корів, що перебувають у стійлах:

$$P_{\text{ч}} = \frac{n_{\text{д.к.}}}{P_{\text{д}}}, \text{ гол/год.}, \quad (2.12)$$

де:  $n_{\text{д.к.}}$  - кількість дійних корів, що знаходяться у розробленому корівнику,  
 $n_{\text{д.к.}} = 160$  гол.;

$P_{\text{д}}$  - чинник, що характеризує операцію доїння корів за 1 кратність,  
 $T_{\text{д}} = 1,98$  год;

$$P_{\text{ч}} = \frac{160}{1,98} = 80,8 \text{ гол/год.}$$

За формулою 2.13 визначаємо потрібну кількість доїльних апаратів, що забезпечує дане поголів'я дійних корів:

$$m = \frac{n_{\text{д.к.}} \cdot t}{P_{\text{д}}}, \quad (2.13)$$

де:  $t$  – тривалість операції доїння для однієї корови,  $t = 6,95$  хв.;

$$m = \frac{160 \cdot 6,95}{110} = 10,1 \text{ шт.}$$

Отже, операція доїння повинна забезпечуватися 10-ма апаратами.

Враховуючи отримані розрахункові значення та обрану систему утримання групи корів, підбираємо доїльну установку типу УДМ-200 “Брацлавчанка”, оснащену дванадцятьма переносними доїльними апаратами.

Технічна характеристика обраної доїльної установки УДМ-200:

Тип установки: стаціонарна, із доїнням групи корів у загальну систему молокопроводу.

Кількість встановлених доїльних апаратів: 12 шт.

Кількість місць для підключення апаратів: 104.

Продуктивність одного оператора за годину роботи, голів:

- при використанні трьох апаратів - 22;

- при використанні двох апаратів - 17.

Загальна продуктивність установки за одну годину основного часу, голів - 88-100.

Кількість операторів, що обслуговують процес доїння: 4 особи.

За виразом 2.14 розраховуємо кількість установок, що потрібні для операції доїня:

$$m_{\text{д.у.}} = \frac{P_{\text{ч}}}{P_n}, \quad (2.14)$$

де:  $P_n$  - продуктивність однієї установки марки УДМ-200, що має паспортний показник,  $P_n = 100$  гол/год;

$$m_{\text{д.у.}} = \frac{80,8}{100} = 0,81.$$

Отже, отримане значення підтверджує доцільність використання однієї доїльної установки типу УДМ-200 “Брацлавчанка” для обслуговування одного корівника, що є технічно обґрунтованим і економічно ефективним рішенням.

У результаті проведених обґрунтованих заходів із комплексної механізації технологічних процесів розроблено технологічну карту виробництва молочної продукції для даного комплексу ВРХ.

Встановлені показники свідчать, що при впровадженні інтенсивної технології виробництва молока та повній механізації основних процесів робота комплексу є високоефективною. Завдяки цьому досягається суттєве зменшення трудових витрат:

- на виробництво 1 ц молока - з 10 люд.-год до 2,81 люд.-год;
- на виробництво м'яса яловичини - з 24 люд.-год до 17,22 люд.-год.

### 3. НАУКОВА ЧАСТИНА

#### 3.1. Актуальність заданої теми.

Технологія підготовки кормів до згодовування та виготовлення повнораціонних кормових сумішей значною мірою визначається специфічними умовами господарського комплексу, економічною доцільністю обраних методів обробки, а також встановленими зоотехнічними вимогами до кормів для ВРХ.

Комплект машин і обладнання повинен бути мінімально необхідним, але водночас достатнім для забезпечення технологічних вимог процесу приготування кормів, що гарантує його економічну ефективність [4, 5, 6].

Результати досліджень, проведених у науково-дослідних інститутах, засвідчили, що при згодовуванні тварин повнораціонними кормосумішами тривалість споживання корму скорочується до 2,5-3,5 годин, тоді як при роздільному годуванні непідготовленими кормами цей процес триває 6-7 годин.

Отримані дані підтверджують, що двократне згодовування є найоптимальнішим та найефективнішим рішенням з фізіологічної, економічної й технологічної точок зору.

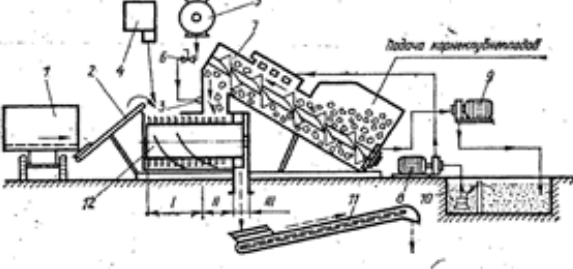
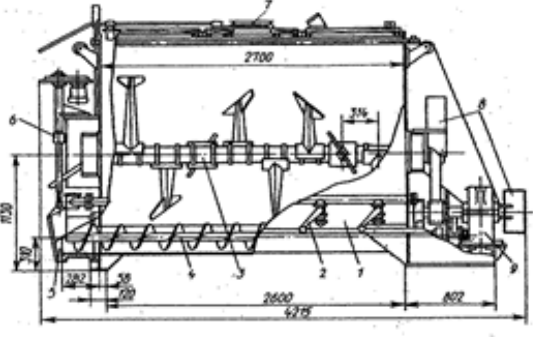
Процес змішування кормів є одним із ключових і найвідповідальніших етапів під час приготування збалансованих кормових сумішей. Його основна мета - забезпечити відповідність суміші встановленим стандартам однорідності, з урахуванням різниці у фізико-механічних властивостях компонентів і точності дозування кожного інгредієнта відповідно до рецептури.

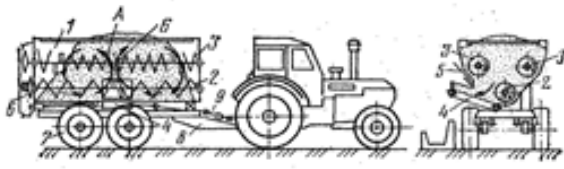
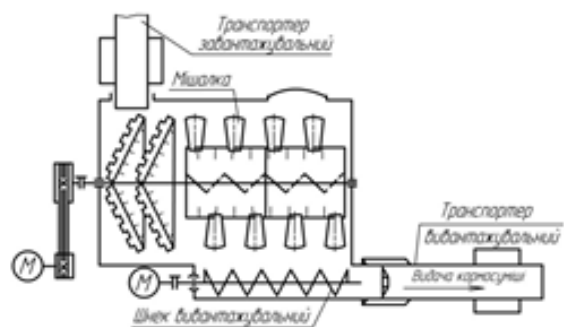
Порушення необхідних пропорцій у суміші може призвести до зміни її поживної цінності, що, своєю чергою, зумовлює перевитрати кормів і зниження загального обсягу виробленої продукції.

З огляду на це, як в Україні, так і за кордоном, розроблено велику кількість різноманітних змішувачів, класифікація яких ґрунтується на основних конструктивно-технологічних ознаках. Провівши порівняльний аналіз цих типів обладнання, було враховано їхні ключові переваги та недоліки, що дало змогу розробити та запропонувати вдосконалену схему лопатевого змішувача. Основні вітчизняні та зарубіжні аналоги наведено в таблиці 3.1.

Найбільш відомі та поширені конструкції змішувачів кормів для ВРХ  
Таблиця 3.1

Функціональна схема змішувача кормів	Основні переваги та недоліки	Аналогічні схеми
1	2	3
<p>Барабанний гравітаційний періодичної дії змішувач ЗСК-1 (СРСР)</p> <p>1 – горизонтальний барабан; 2- вивантажувальний шнек; 3 – засувка; 4 – ролик; 5 – завантажувальна горловина; 6 – рама.</p>	<p>Переваги: - забезпечується запарювання і змішування вологих сипучих кормів для ВРХ і свиней; - відносно проста конструкція; - низька енергомісткість процесу.</p> <p>Недоліки: - довгий час перемішування; - висока нерівномірність змішування суміші; - відбувається процес сегрегації кормів; - утворюються комки, відбувається налипання корму до стінок; - при збільшенні частоти обертання процес змішування практично припиняється; - низька корисна місткість барабану ( до50% ); -підвищена металомісткість.</p>	<p>СКМ-40 (СРСР), біноміальний гравітаційний змішувач з штифтами і лопатевим бітером конструкції В.А. Кохно СІМСГ (СРСР)</p>
<p>Змішувач барабанний бітерний гравітаційний безперервної дії СН-100 конструкції І.І. Фурси, Україна. Обладнаний штифтами і бітером з радіальними пальцями</p> <p>1 – конусний барабан; 2 – радіальні пальці; 3 – бітер; 4 – обід; 5 – колесо; 6 – привід бітера; 7 – вивантажувальна горловина; 8 – каток; 9 – привід барабана; 10 – механізм регулювання кута нахилу барабана.</p>	<p>Переваги: - забезпечує змішування вологих кормів для ВРХ в потоці; - виконує псевдорозрихлення моноліту; - згладжує нерівномірні потоки; - регулює продуктивність.</p> <p>Недоліки: - низька корисна місткість барабана (до 30...40%); - висока металомісткість; - низька однорідність готової суміші; - високий рівень сегрегації кормів у суміші.</p>	<p>Модифікації змішувачів гравітаційних неперервної дії (24 типорозміри) фірми « Міод», Німеччина, барабанний гравітаційний штифтовий з лопатевим бітером конструкції Б.В. Кононова СІМСГ (СРСР)</p>

1	2	3
<p>Агрегат для приготування сумішей безперервної дії АПК-10А стаціонарний молотковий (СРСР)</p>  <p>1 – кормороздавач – живильник КТУ-10А (КТУ 20.000); 2 – транспортер; 3 – розпилювач розчинів мікро- і мікродобавок; 4 – дозатор концкормів; 5 – змішувач мікродобавок і меласи; 6 – кран; 7 – мийка коренеплодів; 8 – насос 2К – 6; 9 – насос 3Ф – 12; 10 – відстійник; 11 – транспортер готової суміші; 12 – подрібнювач – змішувач; I – зона ножів; II – зона молотків; III – зона кидалки.</p>	<p>Переваги:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- забезпечує приготування вологих кормосумішей для ВРХ і свиней;</li> <li>- потокове приготування і змішування кормів.</li> </ul> <p>Недоліки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- не відповідає вимогам за однорідністю сумішей;</li> <li>- переподрібнення компонентів;</li> <li>- висока енергомісткість і металомісткість.</li> </ul>	<p>Дробарка-змішувач ДИС-1М, ИРМА-15, ИРМ-50, ИГК-30Б, ИГК-Ф-4 з штифтово-комбінованими і молотковими мішалками (СРСР)</p>
<p>Двовальний лопатевий запарник – змішувач С-12А порційної дії з периферійним розташуванням лопатей (СРСР)</p>  <p>1 – бункер; 2- парозподільник; 3 – лопатева мішалка; 4 – вивантажувальний шнек; 5 – вивантажувальна горловина; 6 – привід засувки; 7 – завантажувальний люк; 8,9 – привід мішалки.</p>	<p>Переваги:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- приготування запарених і сирих вологих кормосумішей для ВРХ і свиней;</li> <li>- забезпечує порційне приготування повнораціонних вологих кормосумішей;</li> <li>- регулює продуктивність часом змішування.</li> </ul> <p>Недоліки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- висока металомісткість і енергомісткість;</li> <li>- низька якість суміші;</li> <li>- довгий час перемішування;</li> <li>- складність конструкції.</li> </ul>	<p>Лопатеві змішувачі АПС-6, С-2, С-7 (СРСР)</p>

1	2	3	
<p>Змішувач – кормороздавач пересувний обладнаний горизонтальними трьохвальними шнеками РПС – 10 (СРСР)</p>  <p>1 – бункер; 2 – нижній шнек; 3 – верхні шнеки; 4 – вивантажувальний транспортер; 5 – заслінка; 6 – привід; 7 – шасі; 8 – рама; 9 – карданна передача</p>	<p>Переваги: - забезпечує приготування і роздавання збалансованих вологих кормосумішей для ВРХ; - висока продуктивність; - висока технологічна надійність процесу.</p> <p>Недоліки: - низька якість суміші; - висока металомісткість і енергомісткість.</p>	<p>Змішувачі-кормороздавачі пересувні з горизонтальними шнеками: АРС-10 (СРСР), ТАК-7 фірми Мезенер (Угорщина), Н-180 фірми «Batler Osvalt», США, «Mixer Blender», Італія, EUROMIX II фірми KUHN, SILOKING фірми Mayer, Німеччина</p>	
<p>Комбінований стрічково-лопатевий одновальний змішувач кормів порційної дії (КНТУ)</p> 	<p>Переваги: - використовується двохсекційна мішалка з гвинтовими периферійними стрічками і радіальними пальцями та секцією з плоскими лопатями з різним напрямком кута нахилу до осі вала, що забезпечує ефективне змішування вологих кормів для ВРХ; - отримується задана однорідність суміші; - підвищується продуктивність і надійність технологічного процесу; - забезпечується прискорення інтенсифікації дифузійного процесу</p>		

**Мета та завдання дослідження.** Мета даної дипломної роботи полягає у підвищенні ефективності процесу та поліпшенні якості приготування збалансованих повнораціонних кормових сумішей шляхом розроблення конструкції лопатевого змішувача та визначення його основних технічних параметрів.

Досягнення поставленої мети забезпечується виконанням таких основних завдань:

- проаналізувати сучасні наукові джерела, що висвітлюють теоретичні основи процесу змішування, та визначити перспективні напрями розвитку конструкцій лопатевих змішувачів для ВРХ, спрямованих на підвищення ефективності процесу;
- обґрунтувати вибір конструктивної схеми одновального змішувача з плоскими лопатями, розташованими по периферії бункера;
- здійснити розрахунок основних конструктивних і режимних параметрів змішувача;
- оцінити економічну доцільність застосування вдосконаленої конструкції одновального лопатевого змішувача.

**Об'єктом дослідження** є процес змішування компонентів кормів під час приготування повнораціонної суміші для ВРХ та подальше її вивантаження до причепа кормороздавача.

**Предметом дослідження** виступають конструктивно-кінематичні параметри одновального лопатевого змішувача кормів для великої рогатої худоби.

**Методи дослідження** ґрунтуються на теоретичних засадах з використанням положень математичного аналізу, теоретичної механіки та методів моделювання процесу сумішоутворення в одновальному лопатевому змішувачі. Експериментальні дані отримуються із застосуванням стандартних або спеціально розроблених методик, з подальшою обробкою результатів для підтвердження достовірності встановлених теоретичних залежностей.

### **3.2. Програма експериментальних досліджень**

Відповідно до поставлених завдань дослідження та на основі проведеного аналізу була сформована така програма експериментальних робіт:

- обґрунтування та вибір складу компонентів кормової суміші для проведення дослідів;
- вивчення впливу геометричних параметрів і кута нахилу плоских лопатей на технологічну ефективність процесу змішування кормів;
- аналіз впливу режимів роботи мішалки на якість отриманої кормової суміші;
- дослідження ефективності змішування кормів із застосуванням комбінованої мішалки, що поєднує гвинтові й плоскі лопаті та радіальні пальці;
- визначення питомих енергетичних витрат і необхідної потужності приводу мішалки.

### **3.2.1. Вибір і обґрунтування складу компонентів кормової суміші**

Світовий досвід свідчить, що в останні роки у галузі кормовиробництва активно впроваджуються новітні технологічні тенденції, спрямовані на вдосконалення процесів переробки кормів та приготування нормованих збалансованих кормових сумішей. У їх складі дедалі частіше застосовуються збагачувальні добавки - вітаміни, ферменти, біостимулятори, транквілізатори та інші лікувально-профілактичні препарати.

В Україні у скотарстві, зокрема у виробництві молока та яловичини, у зоотехнічній практиці впроваджено більш деталізовані повнорационні норми годівлі. Їх збалансованість контролюється за 22-23 основними елементами живлення, що забезпечується використанням у різних регіонах багатокомпонентних типів годівлі.

Під час експериментальних досліджень для приготування збалансованої кормової суміші застосовувався сінажно-силосо-коренеплідний тип годівлі. У структурі кормового балансу даного раціону основну частку становили сінаж, силос, коренеплоди, солома та концентровані корми. Визначене за раціоном співвідношення компонентів за масою в експериментах складало: силос - 32,5%, сінаж - 26,6%, солома - 29,5%, концентрати - 5,4% та коренеплоди - 6,0%.

### **3.2.2. Визначення якісної оцінки кормової суміші**

Технологічна якість процесу змішування у порційному змішувачі кормів визначається складом рецептури (раціону) та рівномірністю розподілу

контрольного компонента після завершення змішування. Для цього відбирають 10–15 проб із загального об'єму суміші за допомогою спеціального пробовідбірника.

Кількісну оцінку завершеності процесу змішування здійснювали за ступенем однорідності суміші, який визначали як співвідношення між вмістом контрольного компонента в окремій пробі та його вмістом, передбаченим рецептом кормової суміші:

$$Q = \frac{\sigma_T}{S}, \quad (3.1)$$

де:  $\sigma_T$  - значення теоретичного середньоквадратичного відхилення;

$$\sigma_T = \pm \sqrt{\sum_{i=1}^m (x_i - P)^2 / (m - 1)}, \quad (3.2)$$

де:  $x_i$  - значення вмісту контрольного компонента в  $i$ -й пробі;  $P$  - заданий вміст для контрольного компонента;  $S$  - емпіричне середньоквадратичне відхилення, яке визначається за формулою:

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^m (x_i - \bar{x})^2 / (m - 1)}, \quad (3.3)$$

де:  $\bar{x}$  - середньоарифметичне значення контрольного компонента усіх проб;

$m$  - загальна виконана кількість проб.

Ступінь однорідності якісно оцінювали у відсотках або долях одиниці. Таким критерієм оцінки процесу змішування кормів у цьому випадку є коефіцієнт неоднорідності (варіації)  $V_n$  і він встановлюється за формулою:

$$V_n = \frac{S}{\bar{x}} \cdot 100, \% , \quad (3.4)$$

де:  $S$  – значення середньоквадратичного відхилення контрольного компонента за отриманими результатами дослідження.

Отже, ступінь однорідності (%) визначали за формулою:

$$Q = 100 - V_n, \% . \quad (3.5)$$

Для встановлення якості змішування кормів ми приймали масу проби 300г з вмістом долі контрольного компоненту 1% (тобто 36 шт. вирівняних насінин

сої). Такий аналіз проб проводився для отримання суміші за час змішування кормів 1, 4, 7, 10, 13 та 17 хвилин.

### 3.2.3. Експериментальні лабораторні установки

Експериментальні дослідження одновального лопатевого змішувача кормів примусової дії проводилися у два етапи. Перший етап передбачав вивчення впливу конструктивних і кінематичних параметрів одноступеневої багатосекційної мішалки з плоскими периферійними лопатями, що мали різні кути нахилу до осі вала, а також радіальними пальцями. Другий етап був спрямований на дослідження комбінованої двоступеневої мішалки, у якій використовувалися периферійні гвинтові та плоскі лопаті з радіальними пальцями, з метою оцінки якості змішування кормів і визначення рівня енерговитрат.

Для реалізації першого етапу досліджень застосовували експериментальну малогабаритну одноступеневу лабораторну пересувну установку, зображену на рисунку 3.2. Конструктивно вона змонтована на рамі 14, на якій розміщено одновальний змішувач із бункером 1, лівими та правими лопатями 2 і 10, валом 11, радіальними пальцями 3, завантажувальною горловиною 13, вертикальною стійкою 12, горизонтальною трубою 9, опорою 7, електродвигуном 5, муфтою 4, випрямлячем 6 та вивантажувальним пристроєм 8.

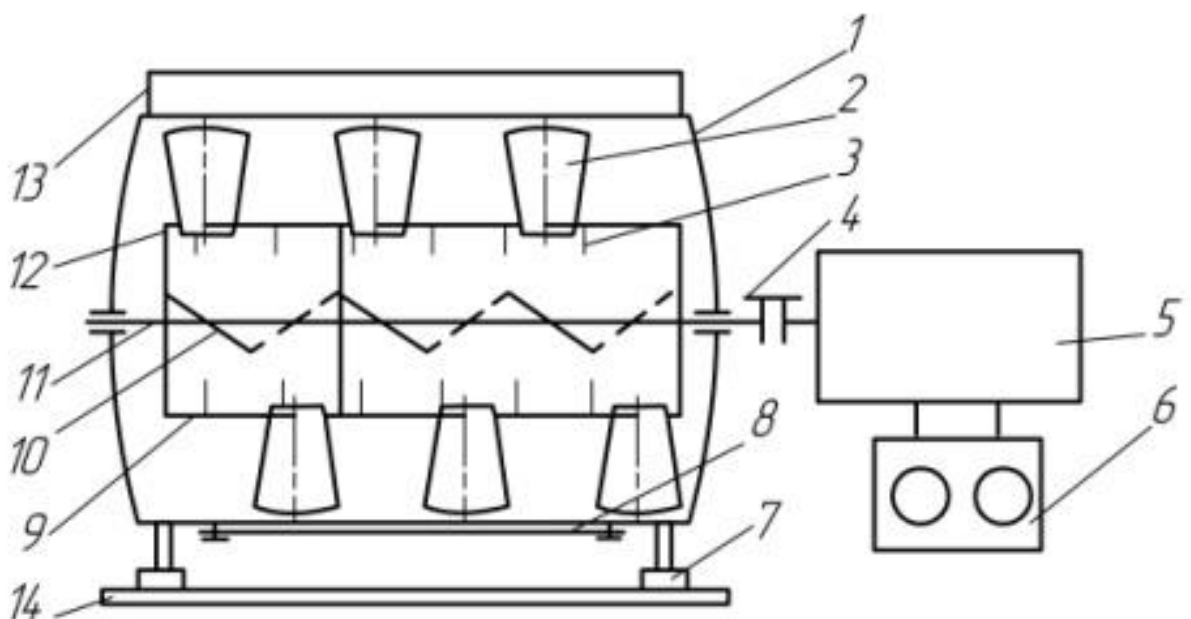


Рис. 3.1. Технологічна схема експериментальної установки лопатевого змішувача кормів: 1 - бункер; 2 - лопать права; 3 - радіальні пальці; 4 - муфта; 5

- електродвигун; 6 - випрямувач; 7 - опора; 8 - вивантажувальний пристрій; 9 - горизонтальна труба; 10 - лопать ліва; 11 - вал; 12 - вертикальна стійка; 13 - завантажувальна горловина

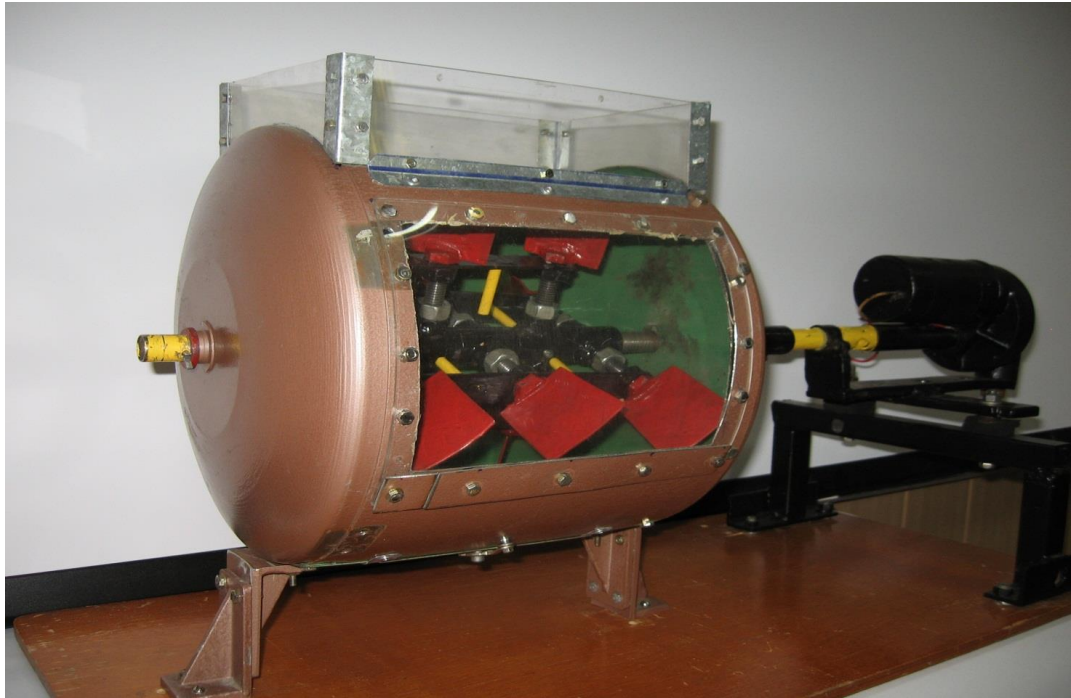


Рис. 3.2. Загальний вигляд розробленої експериментальної установки

Технічні характеристики стенда, використаного для дослідження одноступеневого одновального змішувача примусової дії за різних режимів перемішування кормових сумішей, а також при зміні ширини лопатей і кутів їх нахилу до осі вала мішалки.

Для встановлення найбільш раціонального режиму роботи змішувача передбачався діапазон регулювання частоти обертання вихідного вала, який становив 10, 20, 30, 60, 90 та 120 об/хв.

Ширина лопатей (рис. 3.3) в дослідженнях змінювалась в межах  $0,2R_d$ ,  $0,3R_d$ ,  $0,4R_d$ ,  $0,5R_d$ ,  $0,6R_d$ , та кут нахилу лопатей -  $20, 35, 45, 55, 70^\circ$ .

Під час проведення кожного дослідження частоту обертання лопатевого вала контролювали за допомогою тахометра НО-30, а потужність приводу визначали вимірювальним комплектом К-50.

Псевдорозрихлення кормової суміші забезпечувалося радіальними пальцями діаметром 10 мм і довжиною 60 мм, встановленими з кроком 80 мм.

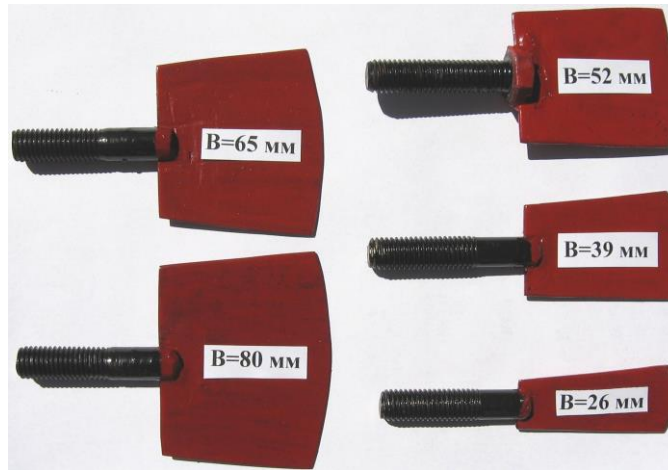


Рис. 3.3. Загальний вигляд конструкції робочих органів

Ступінь завершеності процесу змішування визначали за тривалістю часу змішування та результатами аналізу відібраних проб. Візуальне спостереження за перебігом процесу приготування кормосуміші в експериментальному змішувачі здійснювали через передню стінку установки, виготовлену з органічного скла.

#### **3.2.4. Методика визначення раціональних параметрів лопатевого змішувача кормів**

Максимальної технологічної ефективності процесу змішування кормів для ВРХ за допомогою периферійних лопатевих мішалок можна досягти лише за умови раціонального поєднання та взаємодії конструктивних і кінематичних параметрів розробленого змішувача. Окреме вивчення впливу цих параметрів не дозволяє повною мірою оцінити їх спільну дію.

Для встановлення закономірностей їх взаємного впливу було застосовано методику математичного планування багатофакторного експерименту, що дало змогу побудувати математичну модель об'єкта досліджень у формі рівняння регресії.

На основі проведеного теоретичного аналізу та попередніх пошукових експериментів визначено основні конструктивні й кінематичні параметри, а також оцінено вплив окремих факторів і їх рівнів на перебіг процесу змішування. З урахуванням найсуттєвіших факторів до дослідження прийнято: ширину плоскої лопаті  $b$ , частоту обертання вала мішалки  $n$ , кут нахилу лопаті до осі вала  $\alpha$  та тривалість змішування кормів  $t$ .

Параметричні обмеження, що визначають рівні варіювання цих факторів, наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Рівні варіювання факторів при встановленні раціональних параметрів змішувача кормів

№ п/п	Фактори		Рівні варіювання		Інтервал варіювання
	найменування	позначення	верхній (+)	нижній (-)	
1	Ширина лопаті $b$ , мм	$x_1$	$0,5R_l$	$0,3R_l$	$0,1R_l$
2	Кут нахилу лопаті $\alpha$ , град.	$x_2$	55	35	10
3	Частота обертання вала $n$ , об/хв	$x_3$	90	30	30
4	Тривалість часу змішування, $t$ , хв.	$x_4$	10	4	3

Виходячи з вище приведених умов критеріями оптимізації для процесу змішування кормів є:

- неоднорідність суміші,  $V_n, \%$ , ( $Y_1 = V_n, \%$ );
- потужність приводу змішувача  $N, кВт$ , ( $Y_2 = N$ ).

### 3.3. Результати експериментальних досліджень

Для аналізу впливу окремих факторів на критерії оптимізації доцільно використовувати експериментальні графіки розсіювання з гістограмами (рис. 3.4), побудовані у програмному середовищі STATISTICA 6.0. Такий підхід дозволяє наочно оцінити взаємозв'язки між досліджуваними параметрами, визначити раціональні значення кожного з факторів, а також отримати реальні показники ефективності процесу змішування кормів і рівня енергоспоживання приводу вала мішалки.

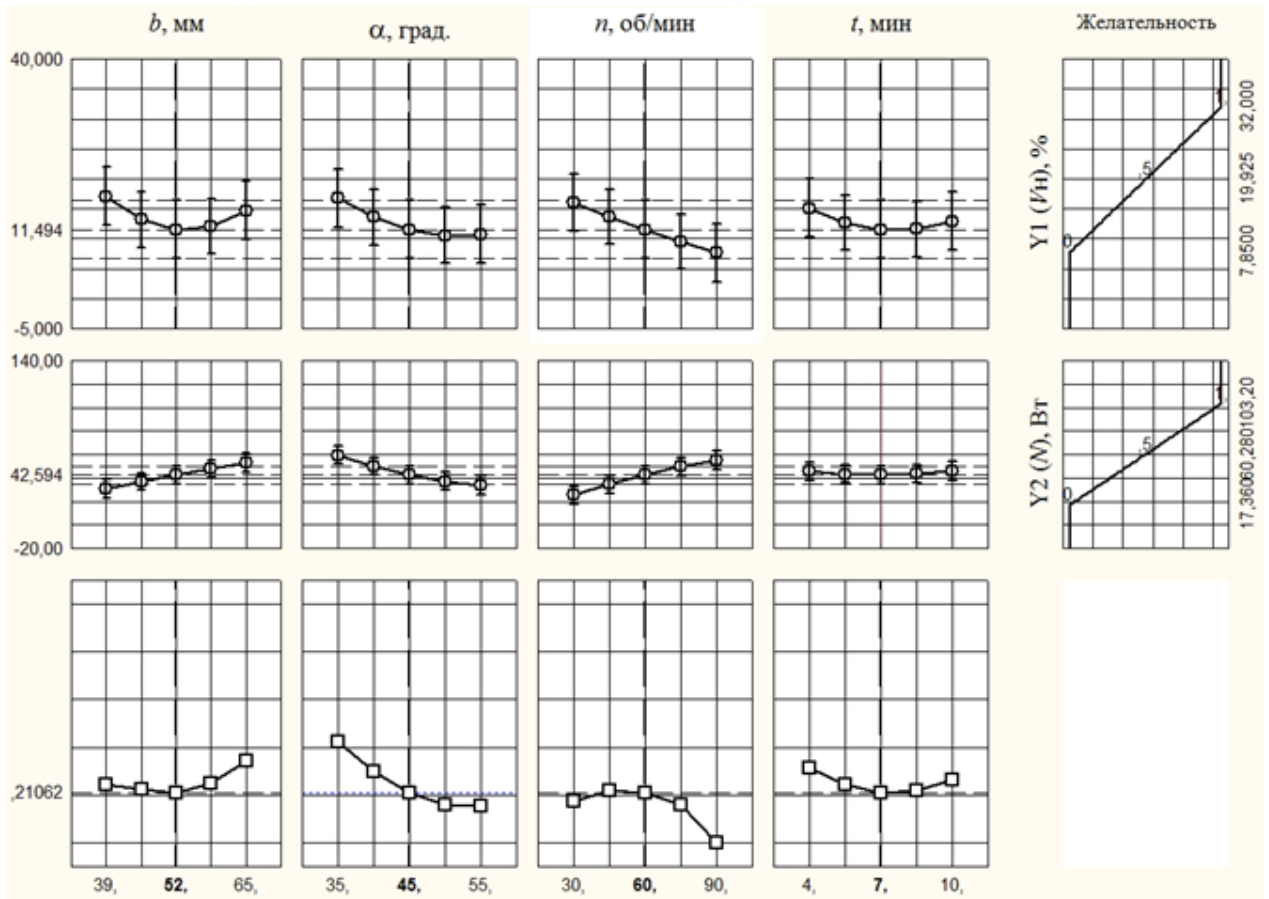


Рис. 3.4. Графіки розсіювання з гистограмами, що характеризують вплив факторів на якісні показники змішування кормів

Даний аналіз експериментальних графіків розсіювання з гистограмами (рис. 3.4) надає нам можливість уточнити характер суттєвої зміни факторів та проаналізувати їх максимально взаємний вплив на обидва критерії оптимізації. В саме, при збільшенні раціонального кута нахилу плоскої лопаті  $x_2(\alpha)$  ефект змішування кормів дещо зменшується. Зокрема, на підставі такого аналізу було встановлено, що найбільш раціональне значення ширини лопаті  $x_1(b)$  складає  $(0,4...0,45)R_n$ . Для забезпечення максимального ефекту змішування кормів при оптимальних витратах енергії частота обертання валу мішалки не повинна перевищувати 80...90 об/хв. При обґрунтованих вище чинників раціональна тривалість часу змішування кормів складає 6...8 хв.

## 4. ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 4.2. Технологічні розрахунки

#### 4.2.1. Зоотехнічні та технологічні стандарти, які ставляться до даного запарника-змішувача кормів для ВРХ

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

Таблиця 4.1

№ п/п	Найменування показників	Значення показників
1	2	3
1	Тип	Стационарний одновальний
2	Продуктивність при приготуванні вологих <u>кормосумішок</u> без врахування часу на завантаження без запарювання при дії змішування 10-15 хв, т/год	4,7
3	Об'єм резервуара, м <sup>3</sup>	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 <u>вала мішалки</u> , С <sup>-1</sup> (хв <sup>-1</sup> )	0,3 (18)
7	Енергетичні показники: привід змішувача редуктор	Електродвигун 4АІ32 S 6БСУІ N=5,5 кВт Ц2У-250-31,5-11-КУІ
8	привід механізму засувки привід вивантажувального шнека	електродвигун 4ААМ63ВУСУІ N =0,37 кВт мотор-редуктор І МПІ з 2- 40-56ЦУІ N=1,5 кВт
9	Рівномірність змішування, %	до 90
10	Витрати пари на 1 т корма при запарюванні, кг	160-200
11	Кількість обслуговуючого персоналу, <u>чол.</u>	1
12	Питомі витрати енергії, $\frac{квт - год}{т}$ змішувач з конвеєрами змішувач без конвеєрів	2,4 1,64
13	Затрати праці, $\frac{люд - год}{т}$	0,22

Змішувач марки СКО-Ф-3,0 є одновальним апаратом порційної дії, призначеним для приготування повнораціонних кормових сумішей із вологих кормів та різноманітних добавок. Його застосовують у кормоцехах, що працюють за потоково-технологічною схемою із використанням спеціалізованих машин та обладнання.

Вдосконалена модель СКО-Ф-3,0 є стаціонарною установкою, придатною як для невеликих господарств, так і для великих ферм із численним поголів'ям великої рогатої худоби.

Згідно з заводськими рекомендаціями, змішувач може ефективно експлуатуватися в більшості кліматичних регіонів країни. Оптимальні умови його роботи забезпечуються при температурі не нижче +5 °С та вологі повітря до 37%.

Привід змішувача реалізовано за допомогою трифазних електродвигунів змінного струму із нульовим робочим проводом, які живляться від мережі 380 В, 50 Гц. Допустиме відхилення напруги становить не більше 10%.

Компоненти корму, попередньо підготовлені згідно з добовим раціоном для ВРХ, завантажуються у змішувальну ємність, де формується вологий корм із вологістю 65–85%.

Якість отриманої суміші оцінюється за показником однорідності, який становить 86%, що відповідає встановленим нормативним вимогам.

Змішувач СКО-Ф-3,0 може не лише виконувати стандартне змішування компонентів, а й проводити запарювання групи кормових інгредієнтів із подальшим дозуванням, після чого здійснюється додаткове завантаження та повторне перемішування суміші.

Конструктивно апарат оснащений бункером місткістю до 3 м<sup>3</sup>. Його продуктивність під час звичайного процесу змішування (без запарювання) становить приблизно 4,7 т/год, а під час запарювання компонентів — знижується до 0,5–1,5 т/год.

Інші технічні характеристики змішувача СКО-Ф-3,0 наведені в таблиці 4.1.

Для контролю рівня завантаження кормів у змішувачі передбачено датчик рівня та водомір.

У межах потоково-технологічної лінії має бути повністю забезпечена автоматизація та механізація всіх етапів процесу. Керування роботою змішувача здійснюється дистанційно - з пульта управління, при цьому обов'язковим є дотримання правил техніки безпеки.

Відповідно до заводських інструкцій з експлуатації, обслуговування змішувача виконує один кваліфікований оператор.

Гарантійний термін служби обладнання становить приблизно 8 років.

Основні показники надійності та ефективності роботи апарата мають такі значення:

- коефіцієнт надійності - 0,8;
- коефіцієнт готовності - 0,99;
- коефіцієнт технічного обслуговування - 0,95;
- показник технологічного використання - 0,95.

#### **4.2.2. Розрахунок продуктивності приводної мішалки.**

Різні компоненти корму, попередньо підготовлені відповідно до добового раціону, завантажують у бункер запарника змішувача СКО-Ф-3,0.

Усередині бункера, між його центральними частинами, розміщено мішалку з чотирма рядами лопатей, які жорстко закріплені до стійок під кутом  $45^\circ$ .

Перший ряд лопатей орієнтований вправо, наступний - вліво, і така черговість зберігається по всій довжині вала.

Лопаті мають плоску форму та такі розміри:

- ширина — 230 мм,
- довжина — 290 мм.

Площа поверхні кожної лопаті становить  $F_{л} = 0,0525 \text{ м}^2$ , а її бічна проєкція визначається за формулою  $F_{лб} = F_{л} \cdot \sin \alpha = 0,0372 \text{ м}^2$ .

У стінках корпусу бункера встановлені пальці (активні елементи), які підсилюють процес перемішування. Їх довжина становить 0,08 м, а діаметр - 0,010 м.

Процес сумішоутворення відбувається наступним чином: плоскі лопаті надають кормовим компонентам рух у різних напрямках, створюючи інтенсивні потоки завантаженої маси. У цей момент пальці додатково розрихлюють матеріал, зменшуючи його щільність і сприяючи більш глибокому перемішуванню.

Через 3-4 хвилини процес переходить у фазу прискорення, що забезпечує інтенсивне змішування на мікрорівні.

Завдяки взаємодії робочих елементів конструкції досягається рівномірний розподіл частинок компонентів, що позитивно впливає на однорідність готової суміші. Внаслідок цього зменшується циклічність змішування і зростає загальна продуктивність апарата.

Продуктивність лопатевого змішувача для отримання необхідної кормової суміші визначається за аналітичним виразом, у якому не враховується тривалість допоміжних операцій - завантаження та запарювання, за умови, що кількість циклів не перевищує десяти для приготування однієї порції відповідно до встановлених вимог:

$$T_{зм} = \frac{3,6 \cdot \psi \cdot K \cdot F_{лб} \cdot \omega \cdot R_{л} \cdot \rho \cdot \mu_1 \cdot \mu_2 \cdot (t-1) \cdot m}{n_{ц}}, \text{ т/год}, \quad (4.1)$$

де:  $\psi$  - чинник, що враховує заповнення плоскої лопаті,  $\psi = 0,88$ ;

$K$  - показник кратності для переміщення окремої порції за 1 оберт модернізованої мішалки;

$F_{лб}$  - сформована площа бічної поверхні тієї ж лопаті, м<sup>2</sup>;

$R_{л}$  - вибраний радіус вдосконаленої мішалки, що починається від центру валу до кінця плоскої лопаті, м;

$\rho = 300 - 335$  кг/м<sup>3</sup> - показник, що вказує на щільність окремо завантажених компонентів, кг/м<sup>3</sup>;

$\mu_1$  - показник, що вказує на обертання відокремленої порції корму лопаттю в зоні активного руху та становить  $\mu_1 = 0,9 \dots 0,95$ ;

$\mu_2 = \frac{\sin \alpha}{1 + \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \varphi}$  - показник, що вказує на складову між певним кутом

тертя і кутом нахилу жорстко закріпленої лопаті до вісі валу змішувача;

$l$  - обчислена кількість лопатей, яка може одночасно заходити в моноліт корму з певним кроком  $S$  в одному ряду;

$m$  – кількість рядів, що є в даній мішалці;

$n_{ц}$  – кратність процесу змішування.

Отже, підставляємо до виразу 4.1 відомі показники і обчислюємо продуктивність змішувача:

$$T_{зм} = \frac{3,6 \cdot 0,88 \cdot 1 \cdot 0,0371 \cdot 1,9 \cdot 0,58 \cdot 310 \cdot 0,95 \cdot \sin 45^{\circ} \cdot (6-1) \cdot 4}{(1 + \operatorname{tg} 45^{\circ} \cdot \operatorname{tg} 27^{\circ}) \cdot 50} = 7,49 \text{ т/год.}$$

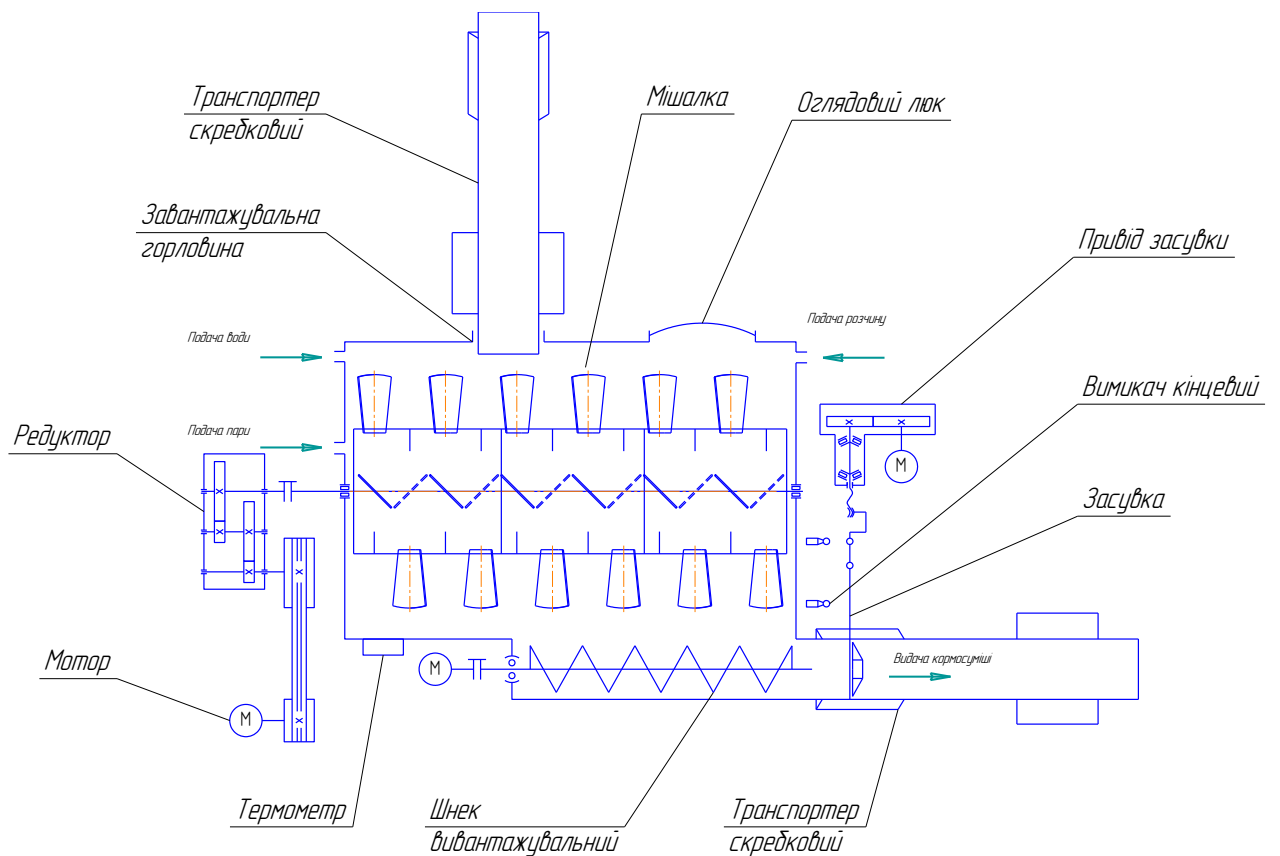


Рис. 4.1. Вдосконалена схема одновального лопатевого запарника-змішувача СКО-Ф-3,0.

Користуючись цим виразом обчислюємо продуктивність модернізованого змішувача без операції запарювання, а саме: з завантаженням заздалегідь підготовленими компонентами, потім їх змішуванням і нарешті, вивантаженням в роздавачі вже готової суміші:

$$t_{ц} = 2 + 7,5 + 6,9 = 16,4 \text{ хв.}$$

$$T_{зм} = \frac{3 \cdot 0,8 \cdot 0,35 \cdot 60}{16,4} = 3,07 \text{ т/год.}$$

Далі за аналогічною формулою обчислюємо продуктивність змішувача з урахуванням операції запарювання, а також часу на завантаження компонентів, їх перемішування і вивантаження готової суміші в роздавач:

$$t_{ц} = 2 + 40 + 7,5 + 6,9 = 56,4 \text{ хв.,}$$

$$T_{зм} = \frac{3 \cdot 0,8 \cdot 0,35 \cdot 60}{56,4} = 0,89 \text{ т/год.}$$

#### 4.2.3. Обчислення частоти обертання валу запропонованої мішалки.

Отже, щоб провести обчислення швидкості руху лопаті, попередньо розглянемо умову, за якої діюча відцентрова сила, що становить  $m \cdot \omega^2 \cdot R_{л}$ , не повинна перевищувати значення сили тяжіння частки підготовленого компонента ( $mg$ ). Взагалі, якщо відцентрова сила буде меншою за показник сили тяжіння, то тоді під час занурення в моноліт самої лопаті не захоплюватиметься достатня порція корму, і це може суттєво знизити інтенсивність процесу сумішоутворення.

Тобто, використовуючи отриману умову, де  $m \cdot \omega^2 \cdot R_{л} \leq mg$ , швидкість буде критичною і обчислюватиметься за таким виразом:

$$\omega_{кр} = \sqrt{\frac{g}{R_{лоп.}}} \quad (4.2)$$

де:  $R_{лоп.}$  - найбільший радіус закріпленої лопаті, що має дорівнювати  $R_{лоп} = 0,574\text{м}$ ;

$$\omega_{кр} = \sqrt{\frac{9,81}{0,574}} = 5,42 \text{ с}^{-1}.$$

Для стійкої і якісної роботи даного змішувача застосовуємо певний вираз:

$$\omega = \frac{\omega_{кр}}{2}, \quad \omega = \frac{5,42}{2} = 2,71 \text{ с}^{-1}.$$

І таким чином, обчислюємо частоту обертання валу нашої мішалки з такого виразу:

$$n = \frac{30\omega}{\pi}, \quad n = \frac{30 \cdot 2,71}{3,14} = 25,9 \text{ об/хв.} \quad (4.3)$$

Отже, приймаємо частоту обертання даної мішалки - 26 об/хв., при цьому кутова швидкість лопаті має бути - 2,71 с<sup>-1</sup>.

#### 4.2.4. Обчислення частоти обертання валу вивантажувального шнеку.

З метою обчислення частоти обертання вивантажувального шнеку використовуємо такий вираз:

$$n = \frac{T_{ш}}{47,1 \cdot [(D + 2\sigma)^2 - d^2] \cdot S \cdot \rho \cdot i \cdot C}, \text{ об/хв,} \quad (4.4)$$

де:  $T_{ш}$  - показник продуктивності шнеку для вивантаження суміші з даного змішувача, т/год;

$$T_{ш} = \frac{g \cdot \rho \cdot i}{t_g}, \quad T_{ш} = \frac{3 \cdot 0,88 \cdot 0,35 \cdot 60}{7} = 7,92 \text{ т/год.}$$

де:  $D, d$  – відповідні діаметри шнеку і валу, що становлять  $D = 0,275$  м,  $d = 0,075$  м), м;

$\sigma$  - радіальний зазор між гвинтовою лінією шнека та поверхнею металевого кожуха, ( $\lambda = 0,01$  м), м;

$S$  - значення кроку гвинта, що є  $S = 0,25$  м;

$\rho$  - показник, що враховує кількісне заповнення шнеку, тобто  $\rho = 0,95$ ;

$i$  - об'ємна вага підготовленої суміші,  $i = 0,35$  т/м<sup>3</sup>;

$C$  - чинник, який вказує на зниження продуктивності зі зміною кута нахилу конструкції шнека,  $C = 1$ .

Отже, підставляємо до виразу 4.4 відомі показники та встановлюємо частоту обертання валу:

$$n = \frac{7,92}{47,1 \left[ (0,275 + 2 \cdot 0,01)^2 - 0,075^2 \right] \cdot 0,25 \cdot 0,95 \cdot 0,35 \cdot 1} = 24,85 \text{ об/хв.}$$

Таким чином, частота обертання валу для вивантаження повноротаційної суміші дорівнює 25 об/хв.

#### 4.2.5. Розрахунок швидкості руху засувки для вивантаження готової суміші

Для забезпечення надійної та ефективної роботи вивантажувального шнека запропоновано умову, за якої горловина повністю перекривається при зазорі 8...10 мм. На основі цього визначається величина ходу конструкції засувки.

Відповідно до заданого виразу обчислюється швидкість переміщення встановленої засувки:

$$g_{зас.} = \frac{S_{зас.}}{\xi_{\theta}}, \quad (4.5)$$

де:  $S_{зас.}$  - чинник, який враховує значення величини ходу засувки,  $S_{зас.} = 0,38$  м;

$\xi_{\theta}$  - час повного відкриття засувки,  $\xi_{\theta} = 0,52$  с;

$$g_{зас.} = \frac{0,38}{0,52} = 0,73 \text{ м/с.}$$

#### 4.3. Кінематичний розрахунок запарника-змішувача СКО-Ф-3,0.

Стабільність і надійність процесу змішування підготовлених кормових компонентів насамперед визначається потужністю електродвигуна, який приводить у дію модернізовану мішалку. Відповідно до встановлених вимог необхідно обрати електродвигун із середньою частотою обертання (об/хв). Після цього за відповідним виразом обчислюється передаточне число привідного механізму вала запропонованої мішалки змішувача:

$$i_{заг} = \frac{\zeta_{двиг.}}{\zeta_{\theta}}, \quad (4.6)$$

де:  $\zeta_{\theta}$  - частота обертання вала запропонованої мішалки. В базовій моделі завод-виробник рекомендує таке значення:  $\zeta_{\theta} = 25$  об/хв;

$$i_{заг} = \frac{1550}{25} = 62$$

Отже, проаналізувавши кінематичну схему запропонованого нами змішувача марки СКО-Ф-3,0 встановлюємо загальне передаточне число за формулою 4.7:

$$i_{заг} = i_m \cdot i_{nm}, \quad (4.7)$$

де:  $i_m$  - передаточне відношення для мотор-редуктора в конструкції змішувача.

Проведені нами обчислення показників сприяли встановленню мотор-редуктора марки Ц2У-250-31,5-11-У2. Відповідно його показники,  $i_{nm}$  - для клинопасової передачі є  $i_{nm} = 2,68$  :

$$i_{заг} = 31,55 \cdot 2,68 = 84,55.$$

Для забезпечення ефективної роботи вивантажувального шнека підбирається привід від електродвигуна з частотою обертання 1450 об/хв. Використовуючи відповідний вираз, обчислюється загальне передаточне число механізму цього приводу:

$$i_{заг} = \frac{\zeta_{двиг.}}{\zeta_{ш}}, \quad (4.8)$$

де:  $\zeta_{ш}$  - частота обертання шнеку, що становить  $\zeta_{ш} = 29$  об/хв.;

$$i_{заг} = \frac{1450}{29} = 50$$

Доцільно виконати розподіл загального передаточного відношення на окремі ступені потрібних передач:

$$i_{заг} = i_{м.р.}, \quad (4.9)$$

де:  $i_{м.р.}$  - показник, що враховує передаточне відношення самого мотор-редуктора та становить  $i_{м.р.} = 83,92$  ;

$$i_{м.р.} = 84,55.$$

Для вивантаження готової кормової суміші використовується індивідуальний привід засувки, який отримує рух від електродвигуна з частотою обертання  $\zeta_{двиг.} = 1500$  об/хв. Далі, за відповідним виразом,

визначається передаточне відношення механізму приводу регулювальної засувки шнека:

$$i_{зас} = \frac{\zeta_{двиг.}}{\zeta_2} \quad (4.10)$$

де:  $\zeta_2$  - частота обертання гвинтового вала, який саме за допомогою гайки відкриває або закриває засувку вивантажувального шнека готової продукції,  $\zeta_2 = 105$  об/хв;

$$i_{зас} = \frac{1500}{105} = 14,3$$

Таким чином, ми приймаємо електродвигун 4AA63B4CUI з редуктором потужністю  $T = 0,38$  кВт.

## **5. ОХОРОНА ПРАЦІ**

### **5.1. Загальна частина.**

#### **5.1.1. Характеристика та аналіз небезпечних і шкідливих факторів, що можуть виникнути в процесі приготування кормових сумішей лопатевим змішувачем кормів СКО-Ф-3,0**

Під час приготування кормів із використанням запарника-змішувача СКО-Ф-3,0 у межах молочної виробничої лінії на працівників можуть впливати різноманітні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, визначені державними стандартами України.

Основні з них поділяються на фізичні, хімічні, біологічні, психофізіологічні та інші.

#### **Фізичні фактори:**

- рухомі машини й механізми (трактори, автомобілі, мобільні кормороздавачі, причепа);
- рухомі частини обладнання (зубчасті, пасові, ланцюгові передачі, карданні вали, з'єднувальні муфти, негороджені робочі частини транспортерів, дробарок тощо);
- підвищена запиленість і загазованість повітря робочої зони;
- висока або низька температура поверхонь обладнання чи матеріалів;
- підвищена або знижена температура повітря в робочій зоні;
- надмірний рівень шуму на робочому місці;
- підвищена вібрація;
- надлишкова або недостатня вологість повітря;
- підвищена або знижена рухомість повітря;
- небезпечна напруга в електричному колі, замикання якого може статися через тіло людини;
- недостатнє або відсутнє природне освітлення;
- низький рівень освітленості робочої зони;
- знижена контрастність видимих об'єктів;
- підвищені рівні ультрафіолетового та інфрачервоного випромінювання;
- наявність гострих країв, задирок і шорстких поверхонь на деталях, інструментах та обладнанні.

### **Хімічні фактори:**

- вплив пестицидів, агрохімікатів, лікарських і мінеральних добавок до кормів, дезінфекційних і мийних засобів, газів, що утворюються під час розкладання органічних речовин, а також вихлопних газів.

### **Біологічні фактори:**

- патогенні мікроорганізми (бактерії, віруси, рикетсії, спірохети, гриби, найпростіші) та продукти їх життєдіяльності;

- макроорганізми (рослини, тварини, продукти їх життєдіяльності, а також культури клітин і тканин).

### **Психофізіологічні фактори:**

- фізичні перевантаження, пов'язані з ручним виконанням операцій;

- нервово-психічні навантаження, що виникають під час перегону, випасання чи транспортування тварин.

### **5.1.2. Заходи для отримання нормальних нешкідливих санітарно-гігієнічних умов праці оператора.**

Організаційно-технічні заходи, спрямовані на зменшення впливу шуму та вібрацій на операторів, передбачені у технічних умовах (ТУ) і відповідають чинним державним вимогам. Температура поверхонь, що оточують постійне робоче місце оператора, не повинна перевищувати 35 °С.

Кольорове оформлення та фарбування обладнання здійснюються з урахуванням таких вимог:

- загальне забарвлення виробу повинно відрізнятися від кольору фону приміщення, у якому він експлуатується;

- зовнішні поверхні машини, що знаходяться у полі зору оператора під час роботи, мають бути покриті матовою фарбою, яка запобігає появі відблисків;

- частини машини та елементи панелей пульта керування, які постійно перебувають у полі зору оператора, повинні мати контрастне забарвлення відносно основного фону обладнання.

### **5.1.3. Розроблені заходи по забезпеченню безпечних умов праці при роботі запарника-змішувача.**

Компоновка машини, приводних пристроїв та їхніх складових елементів відповідає встановленим нормативним вимогам, забезпечуючи зручний доступ і

безпечні умови під час монтажу, експлуатації, технічного обслуговування та ремонту. Робочі елементи, які можуть засмічуватися технологічними матеріалами під час роботи, повинні мати зручний і швидкий доступ для очищення. Привід завантажувального транспортера обов'язково обладнується пристроями аварійної зупинки.

Пристрої для змащування розташовані таким чином, щоб забезпечити зручний і безпечний доступ до них. У важкодоступних місцях застосовується одноразове мастило.

Запарник-змішувач кормів оснащений системою передпускової сигналізації. Вимоги з електробезпеки повністю відповідають чинним державним стандартам. Електропривід і електрообладнання машини спроектовані з урахуванням мікрокліматичних умов тваринницьких приміщень і відповідають технічним умовам експлуатації.

В електричній схемі приводу робочих органів змішувача передбачено захист від перевантаження та короткого замикання. Для запобігання ураженню людей і тварин електричним струмом у разі пошкодження ізоляції передбачена система захисного вимкнення та заземлення.

Огородження механізмів, що потребують періодичних оглядів, налаштування чи ремонту, прикріплені петлями до нерухомих частин змішувача і надійно фіксуються у відкритому положенні. Зусилля для їх відкриття вручну не перевищує 60 Н. Огородження небезпечних робочих органів обладнані блокувальними пристроями, які унеможливають запуск приводу при відкритих робочих частинах.

## 6. ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У розділі «Стан досліджуваного питання та вибір напрямку досліджень» подано стислий аналіз функціонування комплексу з утримання великої рогатої худоби та наведено техніко-економічне обґрунтування вдосконалення механізації основних технологічних процесів, пов'язаних із виробництвом молока. Крім того, запропоновано заходи щодо впровадження сучасних технологій для підвищення рівня механізації виробничих процесів на фермах ВРХ. Розроблено нову схему потоково-механізованих технологічних процесів для виробництва молока та м'яса яловичини, виконано необхідні технологічні розрахунки виробничої лінії для виготовлення тваринницької продукції. Визначено оптимальну кількість машин, обладнання та технічних засобів, необхідних для комплексної механізації всіх етапів виробництва.

В науковій частині роботи на основі аналізу сучасного стану розвитку технологій і обладнання для приготування кормових сумішей сформовано класифікацію кормозмішувачів та запропоновано конструктивну схему одновального лопатевого змішувача періодичної дії, призначеного для приготування вологих повнораціонних сумішей для групи дійних корів. Також у цьому розділі були обґрунтовані і визначені раціональні параметри роботи змішувача-запарника. Зокрема, встановлено оптимальну ширину лопаті - 50 мм, кут її нахилу -  $45^\circ$ , частоту обертання вала мішалки - 25 об/хв та тривалість операції змішування - 6...8 хв. За таких параметрів удосконалена конструкція запарника-змішувача забезпечує однорідність суміші на рівні 92%, що перевищує базовий показник для кормів ВРХ (86% згідно з нормативними вимогами).

У розділі «Практична реалізація результатів досліджень» проведені технологічні та кінематичні розрахунки робочих органів запарника-змішувача. Вони наявно підтвердили ефективність і доцільність удосконалення конструкції одновального лопатевого запарника-змішувача СКО-Ф-3,0. Обґрунтовані показники ефективності свідчать про доцільність подальшого використання вдосконаленого змішувача у виробничих умовах.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Вертійчук А.І. Технологія виробництва продукції тваринництва / А.І. Вертійчук, М.І. Маценко. – К.: Урожай, 1995.
2. Вертійчук А.І. Основи тваринництва і ветеринарної медицини / А.І. Вертійчук, М.І. Маценко. – К.: Урожай, 2004.
3. Практикум по машинах і обладнанню для тваринництва / За редакцією О.П. Скорика, О.І. Фісяченко. – Харків, ХДТУСГ, 2004 – 256 с.
4. Машина та обладнання для тваринництва / О.А. Науменко, І.Г. Бойко, О.В. Нанка та ін. (за редакцією І.Г. Бойко). – Харків, ХНТУСГ, 2006. – 225 с.
5. 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.
6. 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.
7. Підпала Т.В. Скотарство і технологія виробництва молока та яловичини / Т.В. Підпала. – Миколаїв: Видавничий відділ МДАУ, 2008. – 369 с.
8. 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.
9. Рубан Ю.Д. Скотарство і технологія виробництва яловичини / Ю.Д. Рубан. – Х.: Еспада, 2005. – 576 с.
10. 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.

# ДОДАТКИ