

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра механічної та електричної інженерії

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти
« магістр »
бакалавр, магістр
на тему: «Удосконалення конструкції змішувача преміксів»

Виконав: здобувач вищої освіти за
освітньо-професійною програмою
Машини і засоби механізації
сільськогосподарського виробництва
назва ОПП
спеціальності 133 Галузеве
машинобудування
код та найменування спеціальності
ступеня вищої освіти «магістр» групи 1
Шульга Людмила Володимирівна
Прізвище та ініціали здобувача вищої освіти
Керівник: Ветохін В.І.
Прізвище та ініціали керівника
Рецензент: Келемеш А.О.
Прізвище та ініціали рецензента

Полтава – 2022 року

ВСТУП

Актуальність теми. Тваринництво є однією з найважливіших галузей сільськогосподарського виробництва, де виробляються не тільки незамінні продукти харчування для людини, сировина для легкої та харчової промисловості, органічні добрива, але й це сфера трудової діяльності сільського населення. Рівень розвитку тваринництва є одним із показників, що характеризує стан економіки не тільки окремих господарств, а й регіонів, держави загалом [1].

У структурі собівартості тваринницької продукції корми стоять на першому місці, на їх частку припадає 60-70% витрат, а в валовому виробництві кормів концентровані корми займають понад 30%.

Недостатня забезпеченість наявного поголів'я кормами є однією з основних причин низької продуктивності всіх видів тварин та птиці. Відомо, що продуктивність молочних корів на 60% визначається рівнем та повноцінністю годівлі. Через нестачу та низьку якість споживаних кормів у скотарстві генетичний потенціал реалізується в даний час всього на 40-60% [2].

Отримання найбільшого ефекту від згодовування кормів можливе при забезпеченні потреб тварин у всіх необхідних поживних речовинах, вітамінах, антибіотиках. Повного набору поживних речовин немає в жодному вигляді корму, тому готувати кормові суміші потрібно з кількох складових. Зоотехнічною наукою та практикою встановлено, що згодовування повноцінних комбікормів підвищує продуктивність тварин на 25-30%, при цьому скорочуються терміни відгодівлі, і на 15-20% зменшується витрата кормів на одиницю продукції [3].

Комбікорми в раціонах великої рогатої худоби становлять 24-30%, свиней – 90-95% і птиці – 95-100%. Від їхньої якості та ціни значною мірою залежить собівартість продукції та рівень рентабельності підприємства. Витрати кормів на виробництво 1 ц молока перевищують нормативи в 1,5 рази, м'яса великої рогатої худоби – в 2,5, свинини – в 2,0 і птиці – в 1,3 рази [3, 4].

					КРМ.133ГМмз_21.04.000 ПЗ	Аркуш
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Важливою умовою підвищення виробництва тваринницької продукції є поліпшення ефективності використання наявних у господарствах кормових ресурсів.

Низька продуктивність тварин і великі витрати кормів, особливо зернофуражу, багато в чому пов'язані з нераціональною організацією виробництва комбікормів. Усього 50% фуражного зерна переробляється у повноцінні комбікорми та кормосуміші, а решта згодовується просто у подрібненому вигляді, що знижує ефективність використання фуражу і веде до невиправданих перевитрат кормів та зерна [3].

В даний час незадовільний стан технічної оснащеності кормовиробництва, обумовлений вкрай високою вартістю сільськогосподарських машин, низькою якістю виготовлення і недостатньою їх надійністю, неукomплектованістю технологічних комплексів, є однією з основних причин низької якості комбікормів, що виробляються, і високою їх вартістю.

Застосування власних комбікормів дозволяє скоротити витрати на закупівлю сировини, її транспортування, більш раціонально використовувати зернофураж, дорогі білково-вітамінні добавки і безперервно постачати ферми свіжими комбікормами. Це стало причиною, що спонукала ряд господарств організувати виробництво власних кормосумішей, менш дорогих. Приготування кормів у власних господарствах дозволяє отримати продукт у 1,5-2,0 рази дешевше ніж на комбікормових заводах [13]. Тому виробництво комбікормів на фермах та міжгосподарських комбікормових підприємствах стало умовою рентабельного ведення галузей свинарства та птахівництва [4].

З огляду на це багато господарств переходять до виробництва своїх комбікормів, з малими обсягами виробництва, необхідних для задоволення своїх потреб. Дрібні комбікормові цехи складають в основному з малопродуктивного обладнання, яке дозволяє отримати якісні корми з найменшими витратами.

Проблему виробництва комбікормів у господарстві можна спростити до межі і одночасно знизити ризик придбання неякісних компонентів, якщо використовувати білково-вітамінно-мінеральні добавки (БВМД) [4, 5].

					КРМ.133ГМмз_21.04.000 ПЗ	Аркуш
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Білково-вітамінні добавки та різні інші мікродобавки відіграють важливу роль при приготуванні комбікормів. Від їх правильного внесення та розподілу в комбікормі залежить якість приготовленого комбікорму. Мікродобавки, що вносяться в комбікорми складаються з різного комплексу компонентів, тому їх суміші повинні бути високої якості [5].

Об'єкт дослідження: Технологічний процес та структурно-технологічна схема змішування компонентів та мікродобавок.

Предмет дослідження: Закономірності, умови та режими змішування концентрованих кормів та мікродобавок швидкохідним змішувачем періодичної дії ступінчастого типу.

Мета дослідження. Метою цієї роботи є підвищення ефективності та удосконалення конструкції змішувача преміксів.

Практична значущість:

- конструктивно-технологічна схема та конструкція змішувача мікродобавок періодичної дії, що дозволяє виконувати чотириступінчасте змішування компонентів;
- експериментальні поправочні коефіцієнти, критерії та симплекси геометричної подібності, що вводяться в аналітичний вираз потужності на перемішування, що враховують конструктивні особливості швидкохідного змішувача ступінчастого типу;
- конструктивні та технологічні параметри змішувача, що комплексно впливають на нерівномірність суміші, її температуру нагріву та модуль помелу, потужність та енергоємність змішування, тривалість перемішування, їх оптимальні та раціональні значення.

1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.

1.1 Технологічні особливості приготування преміксів і мікродобавок.

Зоотехнічні вимоги

Покращення забезпеченості населення якісною тваринницькою продукцією багато в чому залежить від продуктивності тварин, що підвищується при правильному годуванні якісними кормами. Оскільки повного набору поживних речовин немає в жодному вигляді корму, то найбільш ефективно згодовування кормів тваринам і птиці у вигляді кормових сумішей [5, 6].

У сучасних раціонах годівлі тварин частка концентрованих кормів (по поживності) становить: для великої рогатої худоби – 20-30% і вище, для свиней – 60-80%, для птахів – 80-100 % [6].

Комбікорм являє собою складну суміш кормових продуктів (попередньо очищених, подрібнених в необхідному ступені), складену за науково-обґрунтованими рецептами і забезпечує найбільш ефективне використання поживних речовин, що містяться в кормах.

Число основних інгредієнтів, що входять до складу комбікорму, становить від 5 до 12, крім мікродобавок. Найменша кількість вхідних компонентів мають комбікорми для великої рогатої худоби, а найбільше – для птиці. Комбікорми, збалансовані по поживних речовин, забезпечують підвищення продуктивності тварин на 10-12%. У разі збагачення комбікормів амінокислотами, мікроелементами, антибіотиками та іншими біологічно активними речовинами ефективність їх підвищується на 25-30% і більше [7].

В даний час виробляється близько 50 видів комбікормів, які поділяються на повнораціонні, комбікорми-концентрати, до складу яких входять білково-вітамінні добавки (БВД) і премікси, для різних видів і віків тварин і птиці, які готують по рецептам, затвердженим у порядку [5, 7].

Комбікорми готують на державних і міжгосподарських комбікормових заводах, частково в комбікормових цехах господарств за рецептами,

					КРМ.133ГМмз_21.04.000 ПЗ	Аркуш
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

затвердженими відповідними ГОСТами та технічними умовами [7]. Премікси та БВМД готують, як правило, у спеціалізованих цехах комбікормових заводів або на спеціальних підприємствах [8]. При виробництві комбікормів безпосередньо в господарствах, зазначені суміші є одними з основних складових якісних комбікормів.

У складі комбікормів фуражне зерно займає 80-85%, решта компонентів: 15-20% – БВМД, включаючи 1-2% від загальної маси – премікс [7]. До складу мікродобавок входять амінокислоти, вітаміни, мікроелементи, антибіотики, біостимулятори та лікувально-профілактичні препарати (кількість інгредієнтів досягає 30-50 і вище) [7, 8].

Білково-вітамінні добавки (БВД) є сумішшю концентрованих кормів з високим вмістом білків, вітамінів, мінеральних речовин, а також мікроелементи та антибіотики. Зазвичай БВД додають у зернову суміш у кількості 20-25% від усієї маси концентрованого корму [1].

Премікси – це також добавки (що входять до складу комбікорму та БВД), що складаються з найбільш біологічно активних речовин, що забезпечують високу повноцінність комбікормів у вітамінах та мікроелементах. Вони складаються з активних інгредієнтів (15-20%) та пасивної частини наповнювача (80-85%). Премікс вводять у комбікорм у дуже малих дозах (1-2%) [9].

Загальні вимоги до комбікормів: вологість трохи більше 14,5-15%, сторонніх домішок трохи більше: металевих 10-25 мг/кг, піску 0,5% [9]. Вологість БВМД – не більше 14%, фракції розміром 3 мм не більше 10%, перетравного протеїну - не менше 25%, сирової клітковини – не більше 8%, піску – не більше 0,5%, металічних включень не понад 25 мг/кг [8, 9].

Термін зберігання білково-вітамінно-мінеральних добавок залежить від їх складу та умов зберігання і може коливатися від 1 до 4 місяців. У весняний та осінній періоди, коли відносна вологість повітря стає вище 80%, зберігати БВМД більше 3-4 тижнів не рекомендується, щоб уникнути їх зниження якості.

До машин, які готують корми та премікси пред'являють такі вимоги, якими регламентується і приготування комбікормів [9]:

					КРМ.133ГМмз_21.04.000 ПЗ	Аркуш
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- в процесі змішування частки корму не повинні стиратися або перетворюватися на пил, кормова суміш не повинна мати сторонніх запахів і домішок, шкідливих для здоров'я тварин;

- висока продуктивність машин і високий ступінь однорідності одержуваної кормосуміші. Рівномірність суміші (однорідність) для ВРХ має бути не менше 80% (при внесенні в суміш карбаміду – 90%), для свиней – 90%, для вівців – 75% . Рівномірність змішування для комбікормів приготованих на комбікормових заводах становить 95%, а комбікормів приготованих у господарствах становить 90%;

- ступінь нерівномірності (неоднорідності) змішування окремих компонентів допускається вдвічі більше встановленої граничної норми відхилення при дозуванні аналізованого компонента;

- відповідність вимогам техніки безпеки та санітарно-гігієнічним вимогам;

- висока експлуатаційна надійність машин та простота в їх обслуговуванні, довговічність роботи.

На процес змішування впливає велика кількість показників [10]: фізико-механічні властивості компонентів суміші, їх вологість, співвідношення об'ємних мас і розмірів частинок, в'язкість і липкість, ступінь розмелювання (середній розмір частинок) [15], технологічні фактори – співвідношення часток компонентів суміші, умови завантаження компонентів у змішувач; кінематичні фактори – швидкість робочих органів змішувача, кут установки лопатей та ін; конструктивні фактори – тип робочих органів, форма корпусу та ін.

Склад та кількість машин комплекту комбікормового обладнання визначається числом та фізико-механічними властивостями компонентів та змістом технологічних операцій підготовки компонентів та приготування самих комбікормів з урахуванням умов виробництва.

Використовувані технологічні схеми виробництва комбікормів можна класифікувати в такий спосіб [10].

1. Класична схема, що передбачає роздільну підготовку, подрібнення та дозування всіх компонентів комбікормів. Змішування одноступінчасте.

					КРМ.133ГМмз_21.04.000 ПЗ	Аркуш
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Технологічна схема з виробленням попередніх сумішей БВС. Побудова цієї схеми передбачає приготування на окремій технологічній лінії попередньої суміші з білкових і мінеральних важкосипучих компонентів класичним способом, а потім подачу попередньої суміші на головну лінію дозування як окремого компонента комбікорму. Всі інші процеси відповідають схемі 1.

3. Технологічна схема двоступінчастого дозування та змішування. Всі види зерна, що входять до комбікорму, попередньо дозуються і змішуються, а подрібненню піддається вже готова суміш зернових компонентів. Отримана суміш (як один із компонентів комбікорму) надходить на головну лінію дозування-змішування. Всі інші компоненти виготовляються аналогічно і прямують на головну лінію дозування змішування.

4. Технологічна схема, що передбачає дозування зерна і всіх не подрібнених компонентів, отримання з неї попередньої суміші в процесі подрібнення корму в дробарці, і напрямок всіх подрібнених компонентів комбікорму на остаточне перемішування змішувач.

Кожна з перерахованих схем має свої переваги та недоліки. При схемі 1 передбачається при дозуванні застосування об'ємних дозаторів та використання змішувачів безперервної дії. Інші три схеми вимагають застосування вагового порційного дозування та порційного змішування компонентів комбікормів. Об'ємне дозування характеризується досить високою похибкою, через що готова суміш не завжди відповідатиме рецептурі [9, 10].

Аналогічний тип виробництва сумішей використовується і для приготування БВД і преміксів. Технологічні лінії з виробництва преміксів поділяються за такими основними класифікаційними ознаками (рис. 1.1).

За характером роботи обладнання виробництва преміксів і БВС підрозділяється на окремі, незалежні лінії та на агрегати, що входять до складу технологічних ліній виробництва комбікорму. За родом використання технологічні лінії застосовуються стаціонарні (що виробляють продукцію в одному місці) і пересувні (з можливістю переміщення агрегату або установки від одного споживача до іншого) [11].

					КРМ.133ГМмз_21.04.000 ПЗ	Аркуш
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

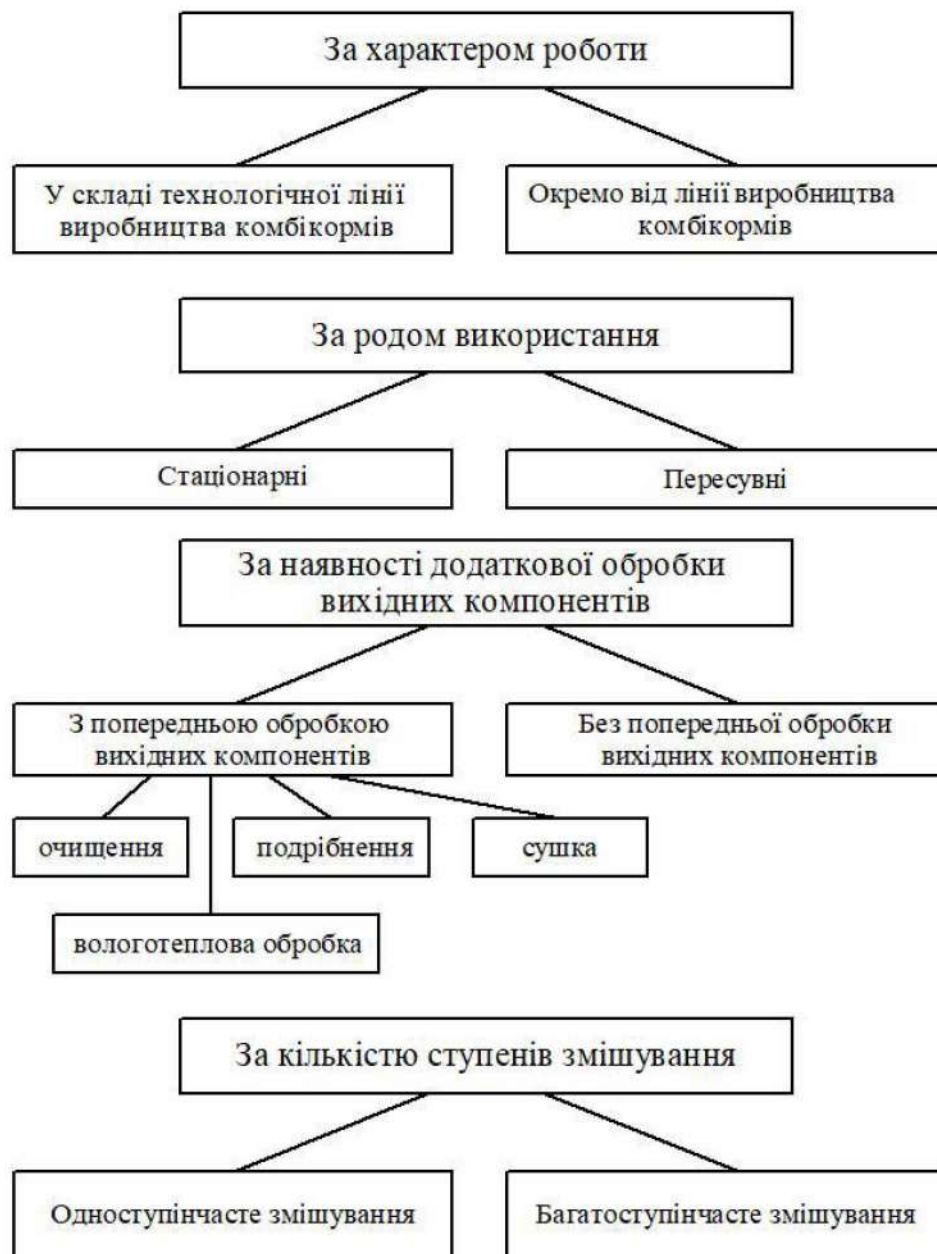


Рисунок 1.1 – Класифікація технологічних ліній виробництва преміксів

У деяких випадках обладнанні з виробництва преміксів і БВД є додаткова можливість попередньої обробки вихідних компонентів (очищення від домішок, сортування, сушіння, подрібнення), а в ряді випадків відсутня.

За кількістю ступенів змішування, поділяються на технологічні лінії, що виконують одноступінчасте змішування (всі компоненти, що входять до складу продукту, змішуються тільки в одному змішувачі) і багатоступінчасте змішування, коли компоненти послідовно змішуються в двох і більше змішувачах. Отримана попередня суміш іноді може додрібнюватися, до неї можуть вводитися додаткові (рідкі) компоненти і т.п. [11].

Самостійну технологічну ділянку виробництва преміксу італійської фірми «Джі є Джі», до складу якої входить кілька ліній підготовки інгредієнтів суміші, наведено рис.1.2.

При даній технології попередньо обробляють солі мікроелементів (сушать, подрібнюють тонкий порошок в молоткових і вальцових подрібнювачах); в наповнювач вводять 3-4% жиру для зменшення утворення пилу і зниження втрат біологічно активних речовин; передбачена попередня обробка холінхлориду (змішування його розчину з відповідним наповнювачем і наступне сушіння до вологості 8%) [12]. Для наповнювача при виробництві преміксів використовують зазвичай висівки. Наповнювач сушать в барабанній сушарці, висівки подрібнюють в молоткових дробарках. Передбачена попередня обробка солей, їх змішування і розмелювання в молотковій дробарці, а також чотири секції дозування компонентів – наповнювача, макрокомпонентів, середніх і мікрокомпонентів. Наповнювач, що пройшов попередню обробку, дозують в автоматичних вагах ємністю 1000 кг, підготовлені макрокомпоненти – в багатокомпонентному ваговому дозаторі ємністю 100 кг, середні – в дозаторі ємністю 30 кг, мікрокомпоненти – в карусельному дозаторі. Після чого відповідно до заданої рецептурою порції компонентів направляють у змішувач періодичної дії ємністю 1000 кг.

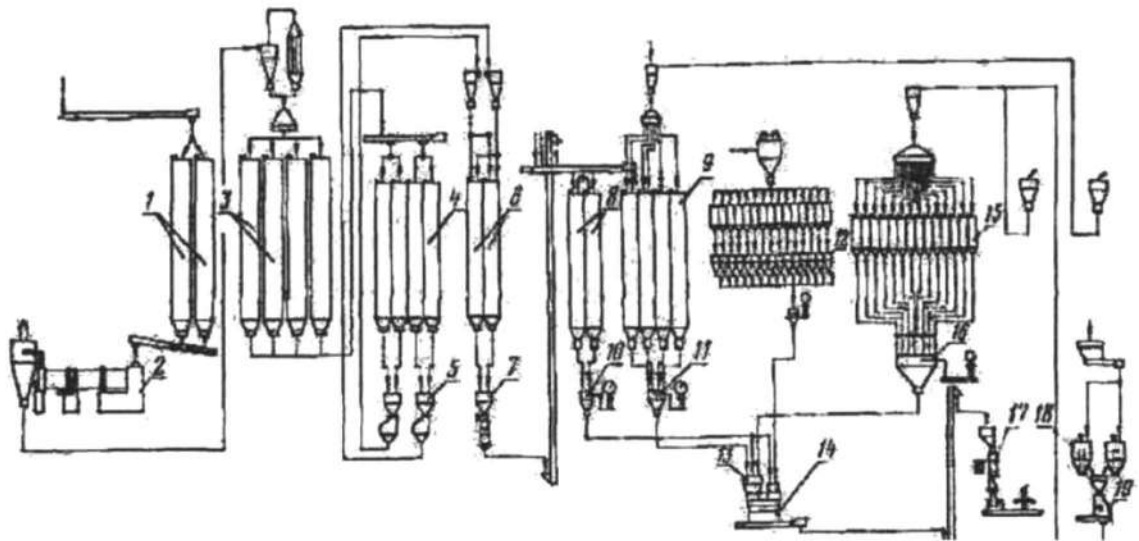
Попередня обробка солей у дробарці призводить до переподрібнення компонентів, перетворюючи їх на пил. Змішування всіх підготовлених компонентів з наповнювачем в одному змішувачі несприятливо позначиться на однорідності готового продукту.

Існуючі цехи з виробництва комбікормів у складі своїх технологічних ліній мають блоки виробництва преміксів. Прикладом служить схема приготування преміксів, прямоочного типу зображена рис. 1.3 [12].

Мікродобавки у необхідній кількості засипають разом з наповнювачем (висівки, шрот) відповідно до рецептури в перший змішувач і перемішують протягом 15-20 хв. Після перемішування суміш подрібнюють у дробарці із ситами, розмір отворів яких 1,0-3,2 мм. Після подрібнення суміш просівають на ситах з

					КРМ.133ГМмз_21.04.000 ПЗ	Аркуш
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

отворами 1 мм, а прохід направляють до другого змішувача. Сход сита повертають повторне дроблення до повного подрібнення.

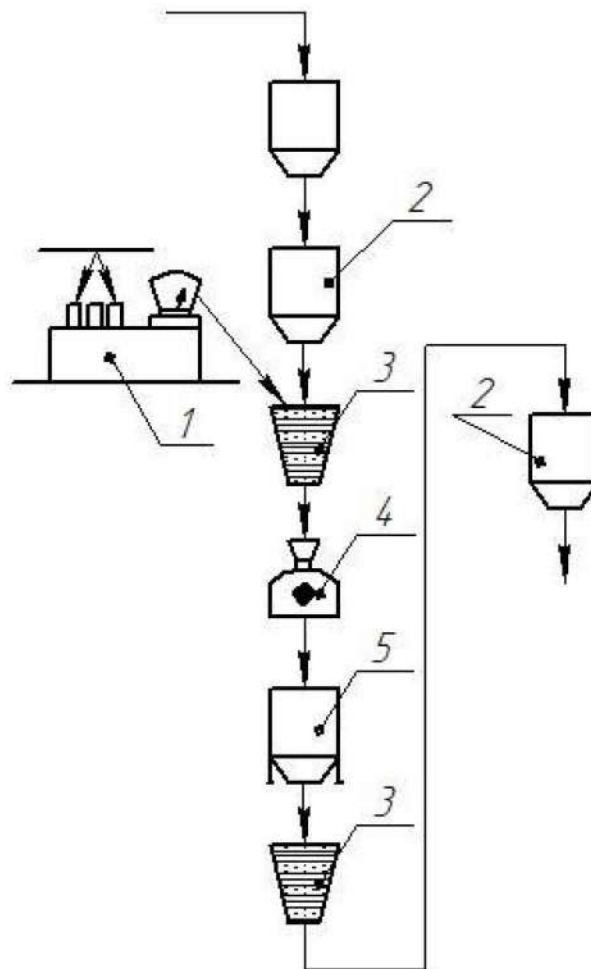


1 – бункера для наповнювача (висівки); 2 – сушарка; 3 – бункера для сухих висівок; 4 – бункера над дробарками; 5 – молоткова дробарка; 6 – бункера над установками для введення жиру; 7 – установка для введення жиру наповнювач; 8 – бункера для наповнювача; 9 – бункера для макрокомпонентів; 10 – ваговий дозатор ємністю 1000 кг; 11 – ваговий дозатор ємністю 100 кг; 12 – карусельна вага для мікрокомпонентів; 13 – бункер; 14 – змішувачі; 15 – бункери для середніх інгредієнтів; 16 – ваговий дозатор ємністю 30 кг; 17 – вибійний апарат для преміксів; 18 – бункера над дробаркою; 19 – дробарка.

Рисунок 1.2 – Схема виробництва преміксів фірми Джі є Джі

У другій змішувач також додається частина наповнювача, і після перемішування протягом 20 хв отримують готові премікси в кількості 50-60 кг (що відповідає ємності змішувача).

Недоліками даної технологічної лінії є висока тривалість змішування. Також велика енергоємність процесу, через додаткове подрібнення та просіювання суміші отриманої в першому змішувачі. Додаткове подрібнення первинної суміші викликає підвищене пилоутворення корму, збільшуючи втрати через пиління, негативно впливаючи на шлунково-кишковий тракт та дихальні шляхи тварини.



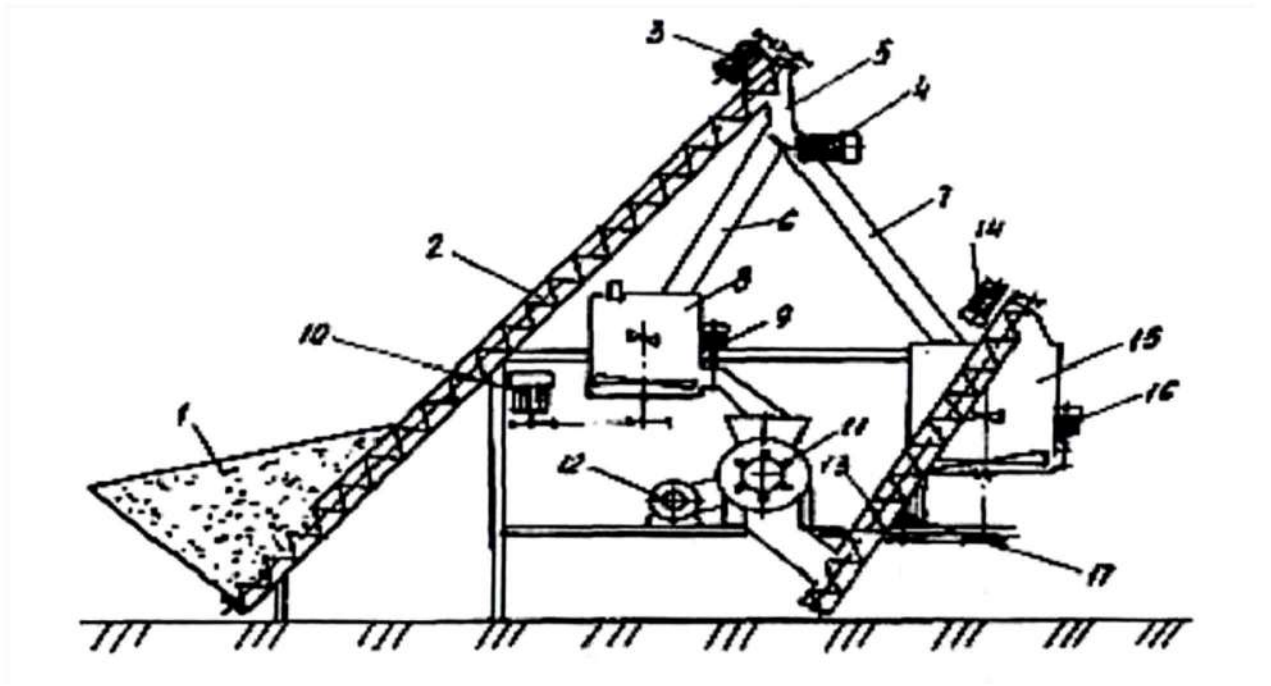
1 – лабораторні ваги; 2 – бункера; 3 – змішувачі; 4 – молоткова дробарка; 5 – машина, що просіває

Рисунок 1.3 – Лінія приготування преміксів

Агрегат для приготування преміксів (рис. 1.4) складається із завантажувального бункера зі шнеком і розташовані на загальній рамі змішувач попереднього змішування, змішувач-нормалізатор, змішувач-дозатор остаточного змішування, шнеки, механізми приводу, електрозасувки, шафа АСУ ТП з мікропроцесором.

Мікроелементи попередньо розвішуються на лабораторних терезах за необхідною рецептурою. Наповнювач (висівки, дерть, шрот та ін.) завантажується в приймальний бункер, потім за допомогою шнека 2 переміщається у верхню частину агрегату, де за допомогою перекидного клапана 5 розділяється. Одна частина наповнювача по самопливних труб 6, 7 направляється в змішувач попереднього змішування 8, куди завантажені попередньо зважені в лабораторії

мікроелементи. Після змішування отримана суміш направляється до змішувач-нормалізатора 11, де проводиться додаткове подрібнення і змішування первинної суміші. Подрібнена первинна суміш за допомогою шнека 13 направляється в змішувач остаточного змішування 15, до якого по патрубку 7 надходить друга частина наповнювача. Отримана суміші 15 суміш направляється на відвантаження.



1 – приймальний бункер; 2, 13 – шнек; 3, 14 – привід шнека; 4 – привід клапана; 5 – перекидний клапан; 6,7 – самопливні труби; 8 – змішувач попереднього змішування; 9, 16 – електрозасувки; 10, 17 – привід змішувача; 11 – змішувач-нормалізатор; 12 – привід; 15 – змішувач остаточного змішування з тензовесами

Рисунок 1.4 – Агрегат для виготовлення преміксів АП -100

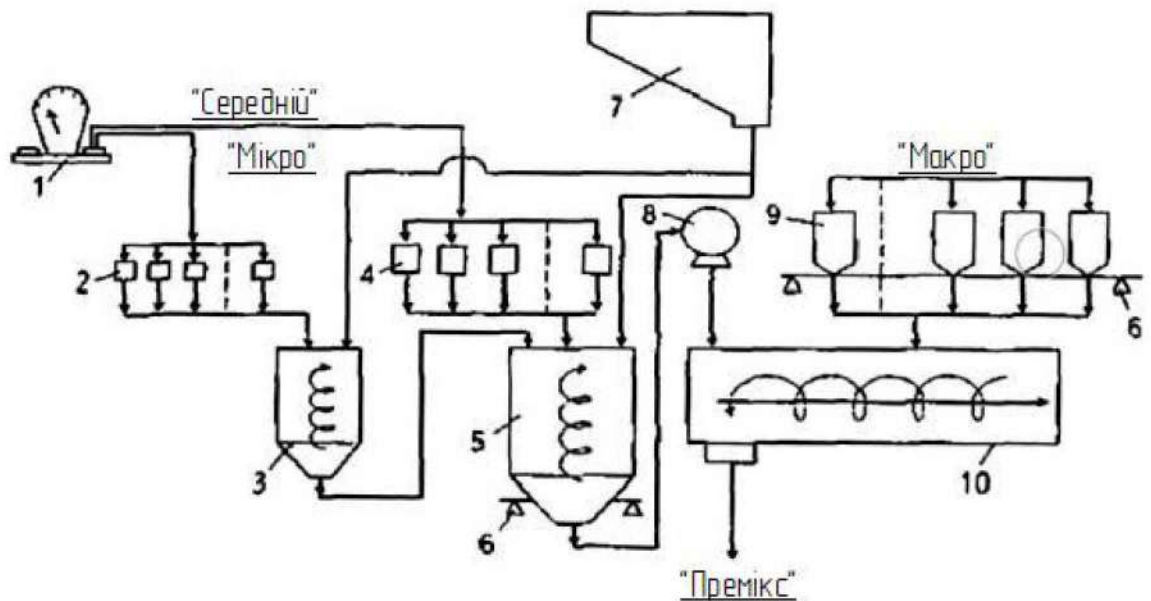
Використання програмованого мікропроцесора і тензометричної системи зважування забезпечують автоматизацію процесу і дозволяють значною мірою знизити вплив людського фактору.

Цей агрегат для приготування преміксів має безліч електродвигунів та приводів, що підвищує його вартість та енергоємність процесу.

Технологічний процес приготування преміксів в умовах господарств (рис. 1.5) передбачає досить відомий прийом умовного поділу всіх мікродобавок, що використовуються в рецептурі, залежно від їх кількості, на три групи; «мікро»,

«середні» та «макро». Основна мета поділу мікродобавок на групи – забезпечення високої точності їх дозування [12].

До групи «мікро» віднесли мікродобавки з нормою введення на 1 т преміксу від 100 до 500 г, їх сумарна кількість може становити 510 кг. До групи «середні» віднесли мікродобавки, що вводяться у кількості від 0,5 до 25 кг/т, у загальній масі кількість їх становитиме 1060 кг. Група «макро» включає компоненти з нормою введення більше 25 кг/т, їхня сумарна кількість може бути від 120 до 180 кг.



1 – лабораторні ваги; 2 – касети з добавками «мікро»; 3, 5 – проміжні змішувачі; 4 – касети з добавками «середні»; 6 – тензодатчики; 7 – бункер для наповнювача; 8 – дробарка; 9 – бункери дозатори; 10 – головний змішувач

Рисунок 1.5 – Технологічна схема лінії приготування преміксів

Технологічний цикл приготування преміксів включає змішування компонентів групи «мікро» з порцією наповнювача, додавання до цієї попередньої суміші ще однієї порції наповнювача і мікродобавок групи «середні», нормалізацію цієї суміші за фракційним складом (для підвищення однорідності), додавання до неї ще однієї порції наповнювача та змішування з компонентами премікса.

Пропонована технологічна схема приготування преміксів у господарських умовах передбачає блочно-модульну структуру конструктивного виконання, що дозволяє використовувати блоки приготування груп мікродобавок «мікро»,

«середні» та «макро» при необхідності як автономні агрегати. Тобто господарство має можливість доукомплектовувати вже наявне у них обладнання або використовувати той чи інший блок або блоки спеціалізовано, наприклад, для приготування тільки лікарських сумішей, введення ферментів або певної групи мікродобавок.

Зважаючи на вище описані переваги, дана технологія виробництва преміксів має і недоліки: тривалий час приготування готового продукту, дроблення вторинної суміші погано позначиться на якості суміші, що готується в головному змішувачі, великі переміщення з однієї операції на іншу викликають зниження якості корму, і висока енергоємність процесу.

Проведений аналіз технологічних ліній та агрегатів для виробництва преміксів дозволив виявити, що додаткове подрібнення та змішування компонентів суміші в дробарці переподрібнює компоненти, перетворюючи їх на пилоподібний стан. Перемішування всіх компонентів за цикл змішування знижує рівномірність суміші. Велика кількість транспортуючих пристроїв викликає сепарацію корму, що готується, з подальшим зниженням однорідності готового продукту. Застосування змішувачів безперервної дії не доцільно через труднощі отримання високої якості суміші (її однорідності) та дотримання рецептури [12, 13].

Існуюче обладнання має високу продуктивність і вартість, тому його неможливо використовувати при не високих обсягах виробництва преміксів або БВС. Зважаючи на це для виробництва преміксів в умовах дрібних господарств необхідно розробляти обладнання з невеликою продуктивністю та енергоємністю.

1.2 Класифікація та аналіз пристроїв для змішування сипучих кормів

Процес вироблення однорідних за складом, тобто з рівномірним розподілом частинок окремих компонентів у всьому обсязі суміші – одна з основних вимог технології виробництва комбікормів, преміксів та збагачувальних сумішей [14].

Залежно від прийнятої технології виготовлення кормів використовуються різні типи змішувачів. Основним обмежувальним критерієм вибору конструкції

					КРМ.133ГМмз_21.04.000 ПЗ	Аркуш
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

змішувача за якістю виконання технологічного процесу прийнято відповідно до технологічних норм НТП-АПК 1.10.16.001-02 – рівномірність змішування компонентів.

За родом використання змішувачі сухих кормів поділяються на стаціонарні та пересувні. Залежно від передбачуваного способу використання перевагу мають відповідні змішувачі. Якщо виробництво сумішей здійснюється в одному місці – явно перевага стаціонарних змішувачів. При приготуванні значних обсягів корму з тривалим терміном безпеки на різних об'єктах (фермах, господарствах), економічно може бути вигідніше переміщення не кормових компонентів та готової суміші до споживачів, а придбання змішувача, що володіє здатністю до переміщення (пересувного).

У разі потреби ферми у кормах різного складу, вологості, консистенції і т.п. перевагу мають змішувачі універсального призначення. При внесенні до корму компонентів, що мають специфічні властивості та погано розподіляються у суміші – використовують змішувачі спеціального призначення [13].

Універсальні змішувачі поширені ширше та застосовуються як для виробництва комбікормів, так і для преміксів, БВС та інших сухих сумішей [13].

Змішувачі сухих кормів за принципом дії поділяють на порційні та безперервної дії [15]. Змішувачі першого типу технологічно ефективніші та забезпечують більшою мірою отримання однорідної за складом суміші, ніж безперервної дії. Це зумовило їх широке застосування в комбікормовій промисловості, а також на тваринницьких фермах, де вони працюють, як правило з дозаторами в автоматичному та напівавтоматичному режимі [15]. Продуктивність змішувача залежить від тривалості повного циклу, включаючи час, що витрачається на завантаження, змішування та вивантаження готового продукту [13].

За характером використання ємності застосовуються змішувачі з рухомою або нерухомою ємністю. За формою ємності змішувачі бувають циліндричні, конічні, бочкоподібні форми, і комбіновані.

					КРМ.133ГМмз_21.04.000 ПЗ	Аркуш
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Залежно від перебування у просторі осі обертання робочого органу розрізняють змішувачі з вертикальним, горизонтальним, похилим і змінним розташуванням.

За способом змішування (типу робочого органу) змішувачі сухих кормів діляться на змішувачі пасивної, активної та комбінованої дії [15]. Дослідження різних вчених показали, що найкращими вважаються змішувачі з активними робочими органами, оскільки у цих змішувачах змішування проводиться найбільш інтенсивно і за невеликий проміжок часу вдається досягти високої якості суміші. Найбільш поширеним змішуючим робочим органом є мішалка тієї чи іншої конструкції.

Широке поширення при виробництві сухих кормів набули змішувачі з лопатевими мішалками.

При виробництві сухих сумішей здійснюють одноступінчасте або багатоступінчасте змішування. В результаті одноступеневого змішування досить важко розподілити мікро частини компонента по всій суміші. Для отримання суміші з високою однорідністю при включенні до її складу поживних речовин, ліків з малою часткою в рецептурі найбільш ефективно застосування багатоступінчастого змішування [12].

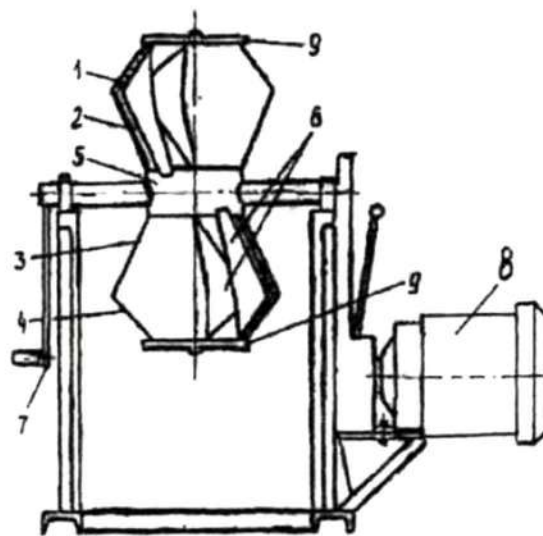
Приклади змішувачів, які застосовуються при виробництві преміксів та БВС наведено далі.

Мікрозмішувач, призначений для змішування сухих продуктів (рис. 1.6), являє собою пристрій, що складається з чотирьох усічених конусів, з'єднаних попарно [86]. При цьому вершини зовнішніх усічених конусів утворюють торцеві стінки корпусу, а вершини внутрішніх з'єднані з горловиною, до якої з обох боків примикають радіально розташовані трикутні перегородки.

Кут нахилу внутрішніх конусів в 1,5-2 рази менше, ніж у зовнішніх. Вершини радіально розташованих перегородок виступають усередину корпусу в порожнину горловини, а велика сторона кожної радіальної перегородки вигнута у формі плужного відвалу. Мікрозмішувач може рухатися за допомогою рукоятки, або від електроприводу. На вершинах зовнішніх конусів є шиберні заслінки.

					КРМ.133ГМмз_21.04.000 ПЗ	Аркуш
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Габарити мікрозмішувача: довжина – 800, ширина – 700 та висота – 1080 мм.



а)



б)

а – мікрозмішувач; б – змішувач сухих сипких речовин

Рисунок 1.6 – Змішувачі з ємністю, що обертається

Компоненти завантажують при вертикальному розташуванні корпусу змішувача через один з отворів зовнішніх конусів. При цьому завантажений корм надходить через пересипну горловину в нижню частину корпусу, до заповнення одного із зовнішніх конусів. Обертання корпусу здійснюють при закритій заслінці протягом 1-1,5 хв з частотою 3-5 хв. При цьому компоненти суміші, ковзаючи по поверхні перегородки перевертаються за допомогою відвалу і перетинаються у зоні горловини, додатково перемішуються та потрапляють в обідній простір нижньої частини корпусу. Отримана суміш вивантажується через нижній отвір корпусу при вертикальному розташуванні мікрозмішувача [15].

Мікрозмішувач дозволяє змішувати інгредієнти при найменшій дозі одного з них, що дорівнює 1% від маси суміші з рівномірністю вище 95%. За результатами технологічної оцінки даний мікрозмішувач можна рекомендувати для першого ступеня змішування на лінії приготування преміксів у цехах доопрацювання кормів безпосередньо у птахівницьких господарствах.

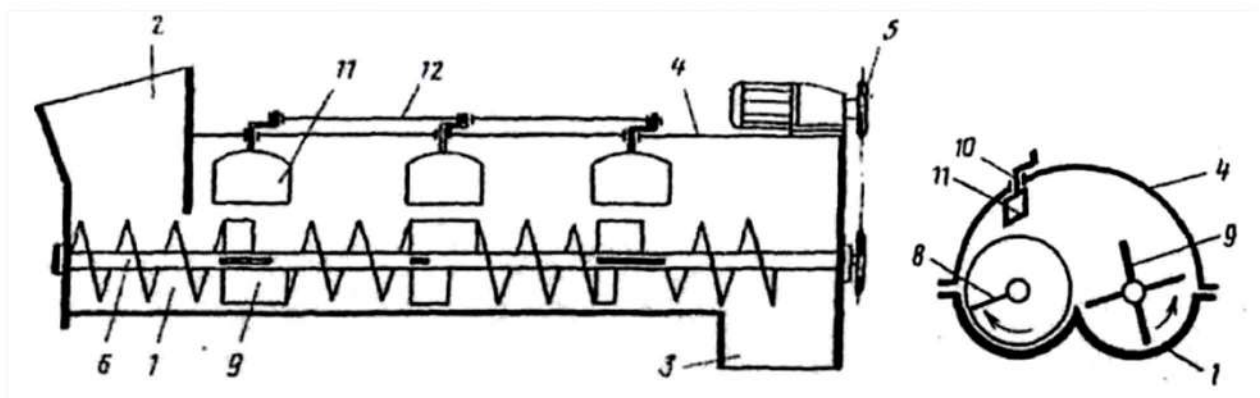
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Аналогічні конструкції, де також виробляється гравітаційний спосіб змішування за рахунок обертання ємності мають змішувачі сухих сипких речовин, один з таких зображений на рис. 1.6 [12].

Він призначений для перемішування сипких речовин, або рідин, в індивідуальному герметичному контейнері та рекомендований до застосування у фармацевтичній, харчовій, хімічній промисловості та сільському господарстві.

Нерівномірність пересипання корму в обох змішувачах призводитиме до різких коливань навантаження на привід, а також мало ймовірно рівномірний розподіл малих доз компонентів у суміші за такий короткий час за відсутності активних змішувальних робочих органів усередині ємності.

Змішувач шнековий з горизонтальним робочим органом призначений для приготування комбікормових сумішей (рис. 1.7) [15]. Змішувач кормів містить корпус 7, завантажувальний 2 та вивантажний 3 патрубки, дугоподібну кришку, 4 та привід 5. У нижній частині корпусу паралельно розміщені два перемішують робочі органи у вигляді шнеколопатних валів 6 і 7 з шнековими 8, що чергуються, і лопатевими 9 ділянками, розташованими на валах таким чином, що лопатеві ділянки знаходяться навпроти шнекових ділянок. З внутрішньої сторони кришки 4 на осях 10 розташовані поворотні дефлектори 11, які з'єднані загальною тягою управління 12.



1 – корпус; 2 – завантажувальний патрубок; 3 – вивантажувальний патрубок; 4 – дугоподібна кришка; тяга управління

Рисунок 1.7 – Змішувач кормів

					КРМ.133ГМмз_21.04.000 ПЗ	Аркуш
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Далі корм витками валу 7 проштовхується до першої лопатевої ділянки, яка повторює аналогічний процес шнеколопатного валу 6, повертаючи частково перемішаний корм назад на вал 6 для повторного перемішування. Процес поступально-поперечного руху корму в змішувальній камері продовжується до надходження його в зону вивантажувального патрубка. Аналогічний процес, паралельний першому, виробляється другим шнеколопатним валом.

Недоліком змішувача є необхідність вертикального переміщення (підйому) матеріалу за наявності високої кінетичної енергії для подальшого польоту, у зв'язку з цим підвищена енергоємність процесу.

Простіший технологічний процес має змішувач порційної дії з двома мішалками фірми Forberg (рис. 1.8), що має всередині нерухомої ємності горизонтальні вали з закріпленими на них лопатями, за рахунок яких і проводиться змішування компонентів [16].

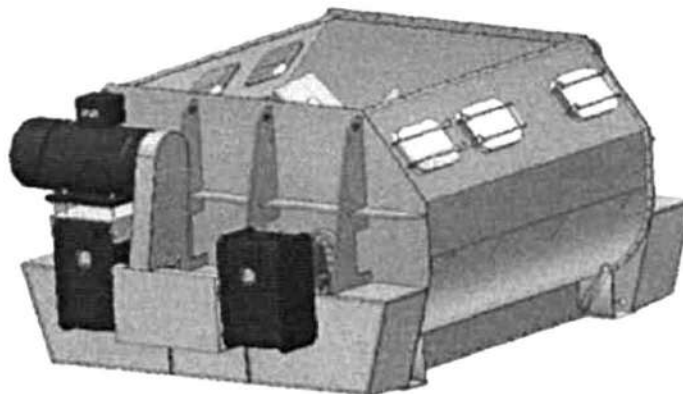
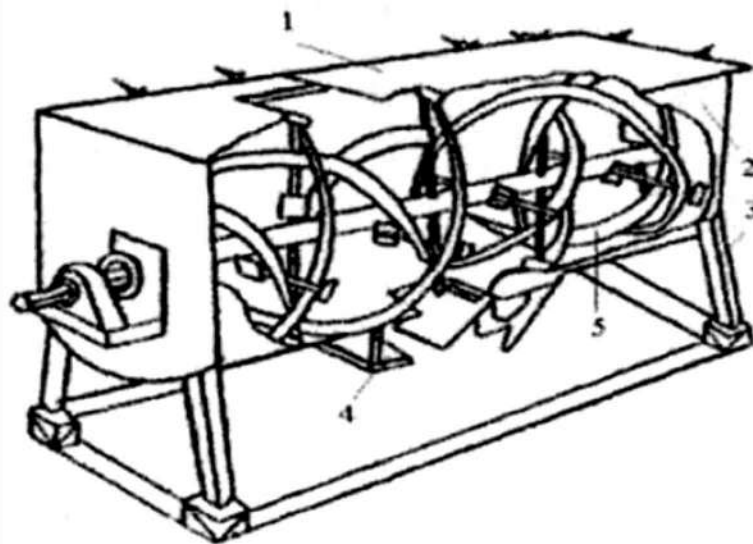


Рисунок 1.8 – Порційний двовальний лопатевий змішувач Forberg

Призначений він для отримання суміші з сухих подрібнених компонентів комбікорму (зернових і білково-мінеральних) і рідких (жир, олія, вітаміни та ін.) може бути використаний як дозатор шляхом установки на електронні ваги.

Конструкція змішувача (рис. 1.9) включає робочий бункер з розташованим усередині нього активним робочим органом (мішалкою) комбінованого шнеково-лопатевого типу, вивантажуване вікно з електрозасувкою, електродвигун з редуктором для приводу активного робочого органу (мішалки).



1 – кришка; 2 – корпус; 3 – рама; 4 – стрічковий шнек; 5 – розвантажувальне вікно

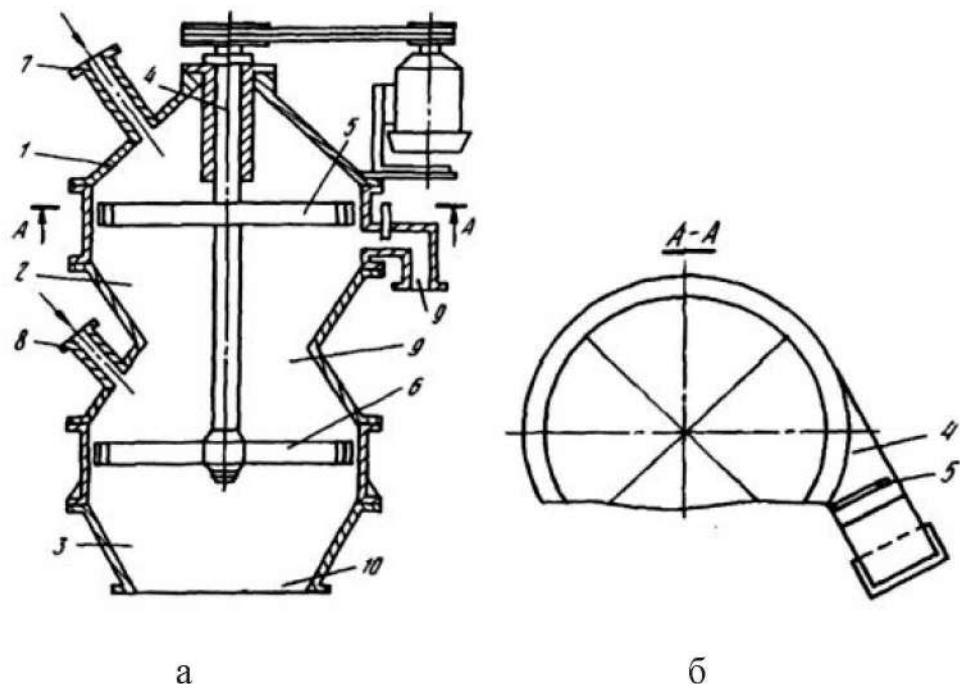
Рисунок 1.9 – Змішувач комбікормовий порційний горизонтальний СК-3,0

Обидва останні зазначених змішувача мають загальні недоліки, пов'язані з необхідністю значної тривалості процесу змішування, і необхідністю вертикального (енерговитратного) переміщення матеріалу всередині ємності.

Змішувач (рисунок 1.10) відноситься до пристроїв безперервного типу, для отримання сумішей шляхом інтенсивного перемішування порошкоподібних матеріалів і може бути використаний у всіх галузях промисловості, пов'язаних з переробкою сипучих матеріалів [16]. Він складається з вертикального корпусу 1 виконаного з утворенням двох камер 2 і 3 бочкоподібної форми. У корпусі 1 вертикально розташований приводний вал 4. У камерах 2, 3 на приводному валу 4 встановлені лопатки 5, 6. У верхніх частинах кожної камер 2, 3 є патрубки 7, 8 для подачі вихідної сировини. У нижніх частинах кожної камер 2, 3 встановлені розвантажувальні патрубки 9 в бічних стінках для часткового відведення матеріалу.

Підлягаючі перемішуванню порошкоподібний матеріал і при необхідності сполучна речовина безперервно подають через патрубок 7 в камеру 2, при цьому за допомогою приводного валу 4 лопатки 5, обертаючись, створюють сильне завихрення, (турбулентність), внаслідок чого відбувається внутрішній контакт компонентів, що змішуються один з одним. Отримані частинки суміші під дією

сили тяжіння опускаються вниз, в камеру 3, а частина з них вивантажується через патрубок 9. У камеру 3 через патрубок 8 подають інші необхідні компоненти для отримання суміші іншого складу.



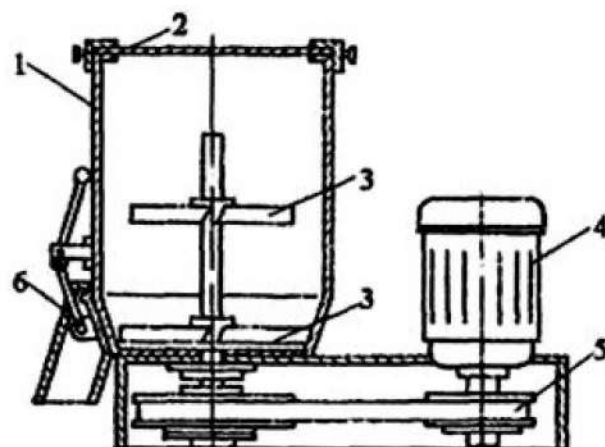
а) 1 – корпус; 2, 3 – робочі камери; 4 – приводний вал; 5, 6 – лопатки; 7, 8 – патрубки; б) 4 – патрубок; 5 – заслінка

Рисунок 1.10 – Змішувач бочкоподібної форми

Процес утворення іншої суміші в камері 3 аналогічний тому, що відбувається в камері 2. Отримана в камері 5 суміш вивантажується через патрубок 10. Таким чином, з патрубків 9, 10 розвантажуються одночасно суміші різного складу. З збільшенням числа камер можна отримати відповідно більшу кількість сумішей.

Недоліками даного змішувача є неможливість дотримання точної рецептури при приготуванні складної суміші, особливо при попередньому відведенні частини матеріалу.

Змішувачі вертикальні лопатеві СВ-10 конструкцій ВНПТІМЕСХ та змішувач ВІЕСХ [16] (рис. 1.11) періодичної дії призначені для отримання однорідної суміші з подрібнених сухих мікроелементів, вітамінів, інших біологічно активних компонентів і наповнювача. Допускається введення рідких добавок (до 1%). При необхідності змішувачі можуть встановлюватись на електронні ваги та використовуватись як дозатори.



аб

а – змішувач конструкції ВІЕСХ; б – змішувач кормів СВ-10, що виробляється ВНИПТИМЕСХ: 1 – корпус, 2 – кришка, 3 – робочий орган, 4 – електродвигун, 5 – клинопасова передача, 6 – заслінка

Рисунок 1.11 – Порційні лопатеві змішувачі

Конструкція змішувача зображеного на рисунку 1.11 (а), включає робочий бункер з розташованим усередині нього активним одновальним робочим органом лопатевого типу і вивантажувальним вікном із засувкою. Привід робочого органу (мішалки) здійснюється від електродвигуна через клинопасову передачу. Перевагами пропонованого змішувача є простота пристрою та можливість досягнення високої рівномірності змішування за рахунок інтенсивного турбулентного перемішування матеріалу.

Конструкція змішувачів при застосуванні тензодатчиків дозволяє використовувати їх як дозатори з високою точністю дозування (до 0,1%). Робочі органи забезпечують повне саморозвантаження змішувачів за короткий проміжок часу 15-30 сек. [13, 16].

Даний вид змішувача хоч і простий за конструктивним виконанням, але має й недоліки, пов'язані зі складністю переміщення корму у вертикальній площині для забезпечення необхідної однорідності маси. Для циркуляції маси всередині ємності допускається лише мінімальний ступінь її заповнення.

2 ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ І ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЗМІШУВАЧА КОНЦЕНТРОВАНИХ КОРМІВ

2.1 Методологічні основи та обґрунтування структурно-функціональної схеми змішування концентрованих кормів і мікродобавок

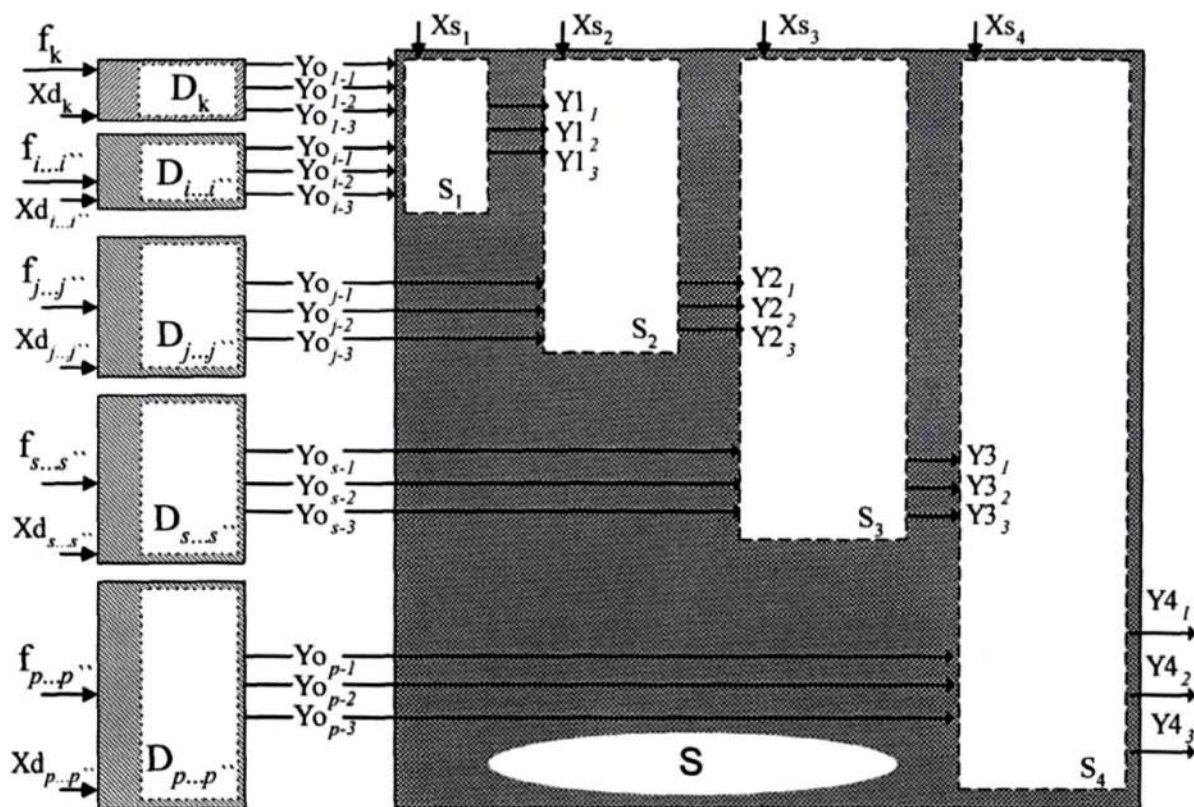
Аналіз пристроїв для змішування сухих концентрованих кормів і використовуваних для цього технологічних ліній [12, 13] дозволив розглядати процес сумішоутворення на основі взаємодії дозуючих та змішувальних пристроїв і визначити застосування швидкохідних змішувачів зі ступінчастим змішуванням компонентів як найбільш ефективний спосіб приготування сухих концентрованих сумішей.

На основі нормативних зоотехнічних вимог до кормів та їх сумішей виявлено місця проведення контролю за їх дотриманням при приготуванні сумішей на основі концентрованих кормів та сухих кормових добавок. Відповідно до норм стандартів та керівних документів застосовувані засоби механізації повинні виконувати низку вимог: приготування кормосуміші в необхідній кількості при дотриманні її рецепту (забезпечуючи належне значення маси компонентів у суміші з допустимими для них відхиленнями від норми – дотримання норми видачі та величини допустимих відхилень від норми, належної рівномірності подачі компонентів) та з належною якістю (нерівномірність сміш) коефіцієнт варіації) та обернена йому величина – рівномірність змішування); забезпечення мінімальної енергоємності процесів.

Тому основними оціночними критеріями функціональної схеми технологічної лінії приготування суміші з концентрованих кормів і мікродобавок є (рис. 2.1): продуктивність дозаторів (маса порції корму) кормових компонентів, а також змішувального пристрою як сумісного значення мас порцій усіх дозаторів з урахуванням тривалості приготування кормової суміші; частки компонентів у суміші Y_{41} , нерівномірність змішування (коефіцієнт варіації) Y_{43} для компонента з

					КРМ.133ГМмз_21.04.000 ПЗ	Аркуш
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

меншою часткою в суміші (контрольованого), отримані в результаті перемішування як первинних, так і основного етапу змішування [2, 18].



$D_k, D_{i-i''), D_{j-j''), D_{s-s''), D_{p-p'}$ – дозатори кормових компонентів, що надходять у змішувачі, відповідно: до k – контрольованого, $i-i'')$ – неконтрольованих для першого (найменшого) змішувального пристрою, $j-j'')$ – неконтрольованих для другого змішувального пристрою, $s-s'')$ – неконтрольовані для третього змішувального пристрою, $p-p'')$ – неконтрольованих для четвертого (великого) змішувального пристрою; S – змішувач, що включає в собі змішувальні пристрої попереднього (S_1, S_2, S_3) та основного S_4 змішування; $f_k, f_{i-i''), f_{j-j''), f_{s-s''), f_{p-p'}$ – узагальнені статистичні показники, що характеризують гранулометричний склад кормових компонентів суміші, що надходять на дозування їх фізико-механічні властивості; $Xd_k, Xd_{i-i''), Xd_{j-j''), Xd_{s-s''), Xd_{p-p'}$ – узагальнені значення внутрішніх факторів дозування кормових компонентів; Xs_1, Xs_2, Xs_3, Xs_4 – узагальнені значення внутрішніх факторів змішувальних пристроїв попереднього та основного змішування; $Yo_{i-1}, Yo_{i-2}, Yo_{i-3}$ – продуктивність (масова подача) i -го (або іншого, відповідно) кормового компонента, що надходить на змішування, відхилення від заданого значення подачі; нерівномірність подачі; $Y1_1, Y1_2, Y1_3, \dots, Y4_1, Y4_2, Y4_3$ –

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

частка компонента у суміші, відхилення частки компонентів від рецепту, якість суміші (нерівномірність змішування /коефіцієнт варіації/, рівномірність змішування) змішувальних пристроїв попереднього та основного змішування; узагальнені показники, Y_e характеризує енергоємність, матеріаломісткість та надійність Y_{mn} системи засобів механізації приготування кормів, у структурну схему умовно не введено.

Для поліпшення розподілу компонентів у суміші пропонується застосувати ступінчасте перемішування компонентів, за рахунок якого зменшується мінімальна частка рівномірно розподіленого компонента в суміші (розширення технологічної можливості). Спочатку, в результаті взаємодії частини кормових компонентів відбувається отримання первинної суміші, яка додатково перемішується на наступних етапах [18].

На значення оціночних критеріїв впливають внутрішні чинники, зумовлені внутрішньою структурою і параметрами дозуючих і змішувальних пристроїв. Такими є конструктивно-кінематичні параметри дозаторів та змішувачів. При цьому, основним завданням конструктора є визначення оптимальних, або раціональних значень узагальнених параметрів пристроїв Xd_k , $Xd_{i-i''}$, $Xd_{j-j''}$, $Xd_{s-s''}$, $Xd_{p-p''}$, X_{S1} , X_{S2} , X_{S3} , X_{S4} з метою доведення показників Yl_1 до значень, відповідних рецепту, за дотримання показниками $Y4_2$, $Y4_3$ зоотехнічних вимог, і прагненні сумарних значень Y_e , Y_{mn} – до мінімуму.

У зв'язку з цим, потрібно визначення раціональних значень параметрів змішувального пристрою, що забезпечує якісне перемішування компонентів при дотриманні дозаторами необхідних порцій корму і допустимих відхилень від рецепту, по можливості дотримуючись мінімальної енергоємності сумішоутворення.

Таким чином, оціночними критерієм роботи засобів механізації технологічної лінії приготування та видачі кормів (з урахуванням положень) є ряд факторів: кількісна – продуктивність (маса порції корму) дозаторів і змішувача. Однак, в силу поставлених завдань перед дослідженням, основний наголос і контроль ведеться за змішувачем. Енергетичним показником використовується

потрібна потужність приводу та енергоємність сумішоутворення. Якісними показниками роботи змішувача прийнято використовувати рівномірність суміші, відхилення вмісту компонентів від рецепту. При цьому є дані впливу режимів роботи змішувальних пристроїв на нагрівання матеріалу і передрібнення частинок до пилоподібного стану. Тому потрібен додатковий контроль за значеннями зазначених параметрів. При недотриманні зоотехнічних вимог на якісні показники роботи використання технічних засобів має бути припинено. Тому додатковими критеріями оптимізації застосовуються якісні показники технологічного процесу змішування, які використовуються як обмеження. Основним критерієм оптимізації при дослідженні технологічних процесів використовується енергоємність процесів, що застосовуються на ділянці дотримання зоопотреб [17, 19].

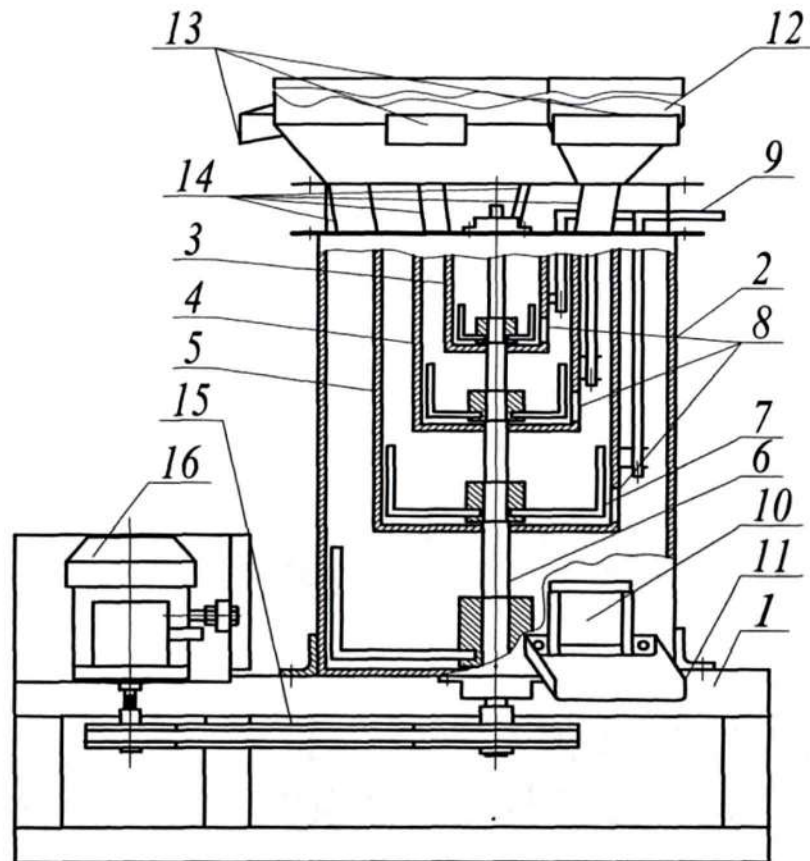
Конструктивно-технологічна схема розробленого змішувача концентрованих кормів і мікродобавок представлена на рис. 2.2 [21].

Змішувач мікродобавок складається: з рами 1, на якій встановлений корпус 2, всередині якого послідовно закріплені три циліндричні ємності 3, 5, через які проходить центральний вал б із закріпленими на ньому мішалками з лопатями 7, лопаті яких виконані з прутка круглого перерізу та мають Г-подібну форму. Всі ємності мають вивантажувальні вікна, з заслінкою 8, що відкриваються за допомогою рукояток 9. Корпус 2, так само забезпечений вивантажним вікном з заслінкою 10 і лотком 11 для відвантаження готової суміші. Над корпусом 2 встановлений бункер 12 із заслінками 13, для завантаження вихідними мікродобавками і наповнювачем суміші, розділений на чотири секції, причому мала секція бункера з'єднана гнучким шлангом 14 з найменшою ємністю змішувача 3, а найбільша з корпусом 2. Інші ємності з'єднані відповідно. Привід змішувача мікродобавок здійснюється за допомогою клинопасової передачі 15 від електродвигуна 16.

Робота даного змішувача мікродобавок відбувається наступним чином: секції бункера 12 заповнюються відповідними компонентами, дотримуючись пропорції суміші за рецептом. При цьому компоненти входять до складу суміші з часткою менше 1-2% вважають мікродобавками, а частина, що залишилася –

					КРМ.133ГМмз_21.04.000 ПЗ	Аркуш
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

наповнювачем. Мікродобавки та частина наповнювача засипаються у малу секцію бункера. Інші секції бункера 12 заповнюються іншими компонентами суміші. Надходження компонентів у змішувальну ємність 3 здійснюється після відкриття відповідної заслінки 13 бункера.



1 – рама; 2 – корпус; 3, 4, 5 – змішувальні ємності; 6 – центральний вал; 7 – мішалка; 8 – заслінка ємностей; 9 – рукоятка; 10 – вивантажувальна заслінка корпусу; 11 – лоток; 12 – бункер; 13 – заслінки бункера; 14 – гнучкий шланг; 15 – клинопасова передача; 16 – електродвигун

Рисунок 2.2 – Конструктивно-технологічна схема змішувача мікродобавок

Компоненти в малій ємності змішувача починають перемішуватися, при подачі крутного моменту до центрального валу 6 змішувача з встановленими на ньому мішалками з лопатями 7. Наявність відцентрових сил при впливі лопаті Г-подібної форми на компоненти сприяє переміщенню компонентів первинної суміші до периферії, а потім нагору по її стінках. Мала площа перерізу лопаті дозволяє частині первинної суміші розганятися в круговому русі, а частині до

центру, забезпечуючи циркуляцію матеріалу вздовж стінок. Турбулентний рух матеріалу покращує однорідність суміші.

Після завершення перемішування первинна суміш з малої ємності 3 вивантажується в наступну 4, для чого відкривається відповідна заслінка 8 малої ємності за допомогою рукоятки 9, а також відкривається заслінка 13 другої секції бункера. В результаті в другу ємність 4 змішувача додатково надходить наповнювач з другої секції бункера і первинна суміш. Після перемішування компонентів отримана суміш надходить у наступну ємність 5, де здійснюється аналогічний процес. Суміш, отримана в ємності 5, надходить у корпус 2, де таким же чином відбувається кінцеве перемішування суміші. Готова суміш відвантажується при відкритті заслінки 10 до вивантажувального лотка 11.

Підвищення рівномірності розподілу мікрокомпонентів у суміші забезпечується за рахунок ступінчастого змішування компонентів (поступового розподілу частинок мікрокомпонентів до збільшення об'єму суміші), а також турбулентного режиму змішування в кожній ємності за рахунок кінетичної енергії лопатей мішалок.

В результаті оглядового аналізу літературних джерел, патентного огляду та джерел Інтернету обґрунтовано необхідність розробки запропонованого пристрою, а також основні принципові технологічні вимоги. Визначено основний перелік показників, що впливають на конкретний технологічний процес.

В результаті аналітичних досліджень уточнюють список, інтервал та рівні варіювання незалежних факторів, а також перелік критеріїв оцінки роботи пристрою. Виявляється вплив конструктивних та технологічних параметрів на роботу змішувача та його показники технологічного процесу.

Проведення пошукових дослідів дозволило визначитися із зоною проведення експериментальних досліджень щодо пошуку зони розташування оптимальних параметрів.

При дослідженні змішувача складається методика досліджень, виготовляється лабораторна установка, проводиться попереднє виявлення оптимальних значень конструктивно-кінематичних та раціональних величин

					КРМ.133ГМмз_21.04.000 ПЗ	Аркуш
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

технологічних параметрів змішувача, на заключному етапі визначається його технічна характеристика залежно від частки контролюваного компонента та технології приготування суміші.

Після підтвердження дотримання зоотехнічних вимог під час роботи змішувача у виробничих умовах уточнюють його технічна характеристика, і навіть планується надалі виробнича перевірка працездатності. Отримані показники роботи запропонованої машини будуть використані для виявлення її техніко-економічної характеристики.

Широко використовується комп'ютерна обробка експериментальних даних отримання регресійних рівнянь, статистично описують параметри процесу.

При пошуку оптимальних параметрів змішувача здійснюється застосування теорії критерії подібності, багатофакторного експерименту та проведення чисельних досліджень.

2.2 Визначення енергоємності преміксів і потужності, потрібної на привід змішувача

Для визначення енергоємності сумішоутворення Y Дж/кг потрібно знати витрачену енергію (роботу) і масу приготовленої суміші [20]. Відповідно

$$Y = \frac{\sum A'}{M} = \frac{\sum_i \left[N_{ji} \cdot T_{xxj} + N_{ji} \cdot \frac{T_{zj}}{2} + N_{ji} \cdot T_{xj} + N_{ji} \cdot T_{cj} + N_{ji} \cdot \frac{T_{bj}}{2} \right]}{M}, \quad (2.1)$$

де A' – робота, витрачена на виконання j -х операцій i -ої ємності, Дж;

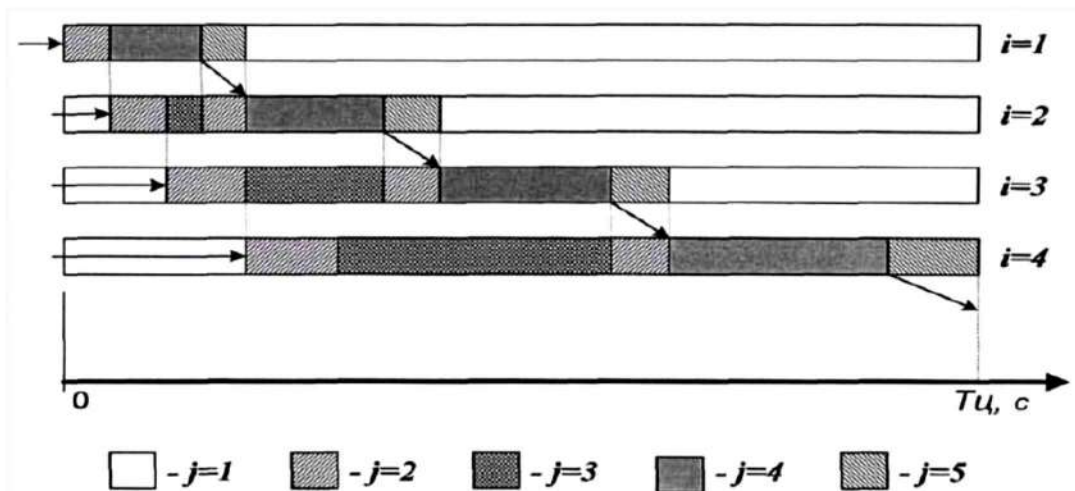
M – маса порції суміші, кг, що готується;

T_{xxj} – тривалість холостого руху (рис. 2.5) робочого органу ($j = 1$), с;

T_{zj}, T_{bj} – тривалість завантаження компонентів ($j = 2$) і вивантаження готової суміші в i -ої ємності ($j = 5$), с;

T_{xj}, T_{cj} – тривалість холостого перемішування (до подачі контролюваного компонента, ($j = 3$) і робочого змішування ($j = 4$)), с;

N_{ji} – потужність, потрібна на привід робочого органу i -ої ємності під час j -ої операції, Вт.



i – номер змішувальної ємності (від *min* об'єму до *max*); $j = 1$ – час холостого руху робочого органу; $j = 2$ – час завантаження компонентів; $j = 3$ – час холостого перемішування (до подачі контрольованого компонента); $j = 4$ – час робочого змішування; $j = 5$ – час вивантаження готової суміші.

Рисунок 2.3 – Схема технологічного процесу приготування порції суміші

При зазначеній технології виконання операцій при ручному заповненні змішувача вихідними компонентами спочатку здійснюється навантаження вихідних компонентів ($j = 2$) у малу ємність змішувача ($i = 1$). Після її завершення здійснюється перемішування компонентів ($j = 4$) до отримання первинної суміші. Одночасно, з початком цієї операції проводиться заповнення ($j = 2$) другої ємності ($i = 2$) наповнювачем. Після закінчення зазначеного заповнення проводиться холосте перемішування наповнювача ($j = 3$) до початку вивантаження ($j = 5$) первинної суміші з малої ємності. Випорожнення малої ємності ($j = 5$) від первинної суміші є подачею останнього компонента ($j = 2$) у другу ємність. Після завершення надходження цієї суміші ($j = 2$) здійснюється змішування ($j = 5$) компонентів вторинної суміші. Подальші операції виконуються аналогічно. Кінець вивантаження суміші ($j = 5$) з четвертої ємності ($j = 4$) є закінченням циклу змішування.

Тривалість навантаження компонентів (с) в ємності визначається продуктивністю використовуваних дозуючих пристроїв [20]

$$T_3 = \frac{M_{i,k}}{Q_k}, \quad (2.2)$$

де Q_k – продуктивність k -го дозуючого пристрою, кг/с;

$M_{i,k}$ – маса k -го компонента, що завантажується i -ю ємністю, кг,

$$M_k = M \cdot d_k, \quad (2.3)$$

де d_k – частка k -го компонента за рецептурою суміші.

Тривалість перемішування можна визначити [103]

$$T_c = K_b \cdot K_v / (z_M \cdot n), \quad (2.4)$$

де K_b , – потрібна кратність на суміш лопатей робочого органу при змішуванні, раз;

K_v – поправочний коефіцієнт;

z_M – кількість лопатей, шт;

n – частота обертання мішалки, s^{-1} .

Тривалість вивантаження сумішей T_e визначається розмірами вивантажувального вікна та кінематичним режимом, що визначає величину відцентрових сил [32] Тривалість циклу змішування визначиться (рис.2.5)

$$\begin{aligned} T_u &= T_{з1} + T_{с1} + T_{с1} + T_{с2} + T_{с2} + T_{с3} + T_{с3} + T_{с4} + T_{с4} = \\ &= T_{з1} + \sum(T_{с1} + T_{с1}). \end{aligned} \quad (2.5)$$

Продуктивність змішувача, кг/с складе [30]

$$Q = \frac{M}{T_u} = \frac{M}{T_{з1} + \sum(T_{с1} + T_{с1})}. \quad (2.6)$$

Потрібна потужність приводу змішувача визначиться [19]

$$N_{np} = \frac{\sum N_i}{\eta}, \quad (2.7)$$

де η – коефіцієнт корисної дії приводу.

Потрібна потужність приводу для i -ої ємності при відповідному заповненні кормом (j) визначиться

$$N_i = k_p \cdot (N_c + N_{iz} + N_n), \quad (2.8)$$

де k_p – поправочний коефіцієнт, що враховує внутрішні та зовнішні втрати;

N_c – потужність, що витрачається на перемішування корму мішалкою, Вт;

$N_{из}$ – потужність, що витрачається на подрібнення матеріалу, Вт;

N_n – потужність, що витрачається на нагрівання матеріалу та змішувача, Вт.

Потужність, що витрачається на переміщення корму та витрачається на утворення «киплячого» шару матеріалу залежить від особливостей конструкції змішувача, показника кінематичного режиму, ступеня заповнення ємності та фізико-механічних властивостей компонентів, що перемішуються.

Потужність, що витрачається на подрібнення матеріалу, Вт [22]

$$N_{из} = \frac{A_y}{1000} \cdot T_y, \quad (2.9)$$

де A_y – витрати енергії при подрібненні твердих тіл молотковими робочими органами (робоча формула професора СВ. Мельникова), кДж/кг

$$A_{y0} = C_{np} \cdot [C_v \cdot \lg(\lambda)^3 + C_s \cdot (\lambda - 1)] \cdot C_w, \quad (2.10)$$

де C_{np} – безрозмірний коефіцієнт, що враховує вплив неврахованих факторів при вологості 14%;

C_v, C_s, C_w – поправочні коефіцієнти;

W – відносна вологість корму, %;

K_1, K_2 – коефіцієнти, що враховують вид матеріалу;

λ – ступінь подрібнення матеріалу під час обробки.

$$C_\lambda = 1 - K_1 \cdot (W - 14); \quad C_w = 1 + K_2 \cdot (W - 14).$$

Ступінь подрібнення матеріалу при обробці λ , можна висловити через коефіцієнт зменшення модуля помелу: $\lambda' = 1/k_m$.

При цьому, зважаючи на те, що подрібнення корму є небажаним процесом, швидкість руху кінця лопатей мішалки v_{lc} , менше руйнівної швидкості $\mathcal{G}_{разр}$, м/с

$$v_{lc} \leq \mathcal{G}_{разр} = \sqrt{\frac{\kappa_\partial \cdot \sigma_{ст}}{\rho}} \cdot (0,81 + 2,3 \cdot \lg(\lambda)), \quad (2.11)$$

де κ_∂ – коефіцієнт динамічності, $\kappa_\partial = 1,4 \dots 2$;

$\sigma_{ст}$ – статична межа міцності частинок корму, МПа;

					КРМ.133ГМмз_21.04.000 ПЗ	Аркуш
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ρ – щільність частинок корму, кг/м;

λ' – ступінь подрібнення матеріалу, у разі $\lambda' \rightarrow 1$.

Потужність що витрачається на нагрівання матеріалу та змішувача, Вт

$$N_n = \frac{(Q_{C4} + Q_{M4} + Q_{O4})}{T_{\varphi}}, \quad (2.12)$$

де Q_{C4} – кількість енергії, витрачене на нагрівання змішувача під час циклу, Дж;

Q_{M4} – кількість енергії, витрачене на нагрівання матеріалу під час циклу, Дж;

Q_{O4} – втрати енергії в довкілля під час циклу, Дж.

Кількість енергії на нагрівання змішувача та матеріалу [22], Дж

$$\begin{aligned} Q_{C4} &= M_C \cdot C_C \cdot (t_{kc} - t_{nc}), \\ Q_{M4} &= M \cdot C_M \cdot (t_{km} - t_{nm}), \end{aligned} \quad (2.13)$$

де M_C – маса змішувача, кг;

C_C, C_M – теплоємність матеріалу змішувача та матеріалу суміші, (Дж/кг) град.;

t_{kc}, t_{nc} – початкова та кінцева температура змішувача, °C;

t_{km}, t_{nm} – початкова і кінцева температура змішуваного матеріалу, °C.

Втрати енергії в довкілля за час циклу, Дж

$$Q_{O4} = F_c \cdot T_{\varphi} \cdot b \cdot \Delta t_o, \quad (2.14)$$

де F_c – площа поверхні змішувача, м;

Δt_o – різниця температур стін змішувача та навколишнього простору (повітря), °C;

b – коефіцієнт теплопередачі, що орієнтовно визначається за емпіричною формулою, Вт/(м²·°C): $b = 8,4 + 0,06 \cdot \Delta t_o$ [22].

Отже, розроблена структурна схема функціонування лінії змішування концентрованих кормів та мікродобавок дозволила визначити енергоємність

приготування суміші та тривалість циклу змішування, обґрунтувати критерії роботи та оптимізації змішувача, скласти структурну схему проведення досліджень, визначити послідовність проведення досліджень процесу змішування та порядок виконання розрахунків змішувача.

					КРМ.133ГМмз_21.04.000 ПЗ	Аркуш
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 МЕТОДИКА ВИРОБНИЧИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЗМІШУВАЧА ПРЕМІКСІВ

3.1 Програма і методика експериментальних досліджень

Для визначення конструктивних та кінематичних параметрів змішувача, при яких досягається найкраща якість премікса компонентів, що перемішуються за порівняно невеликий проміжок часу та мінімальною енергоємністю змішування, проводилися експериментальні дослідження лабораторного змішувача.

Програма експериментальних досліджень передбачала:

- проведення досліджень впливу конструктивно-кінематичних параметрів змішувача мікродобавок на якість премікса, тривалість та енергоємність перемішування, температуру та модуль помелу матеріалу;
- обґрунтування оптимальних конструктивно-кінематичних параметрів змішувача мікродобавок з мінімуму енергоємності;
- проведення досліджень змішувача на дослідному зразку з отриманням технічної характеристики пристрою залежно від частки контрольованого компонента (за продуктивністю, енергоємністю та якістю премікса).

Експериментальні, лабораторні та виробничі дослідження проводились відповідно до вимог: РД 10.19.2.-90, НТП-АПК 1.10.16.002.-03, М 29.055-87 [23]. Експериментальні дослідження проводилися відповідно до структурної схеми (рис. 3.1), плану експерименту та рівню варіювання факторів у проведених серіях дослідів, а також використовуваних показниках роботи змішувача при вивченні процесу (наведено у таблиці 3.1).

Об'єктом досліджень став технологічний процес змішування сухих мікродобавок та отримання премікса з достатньою нерівномірністю.

Основними показниками роботи обладнання є кількісні, енергетичні та якісні. Кількісними показниками роботи змішувача є його продуктивність технічна (кг/с) та експлуатаційна (т/год) [2, 23].

					КРМ.133ГМмз_21.04.000 ПЗ	Аркуш
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

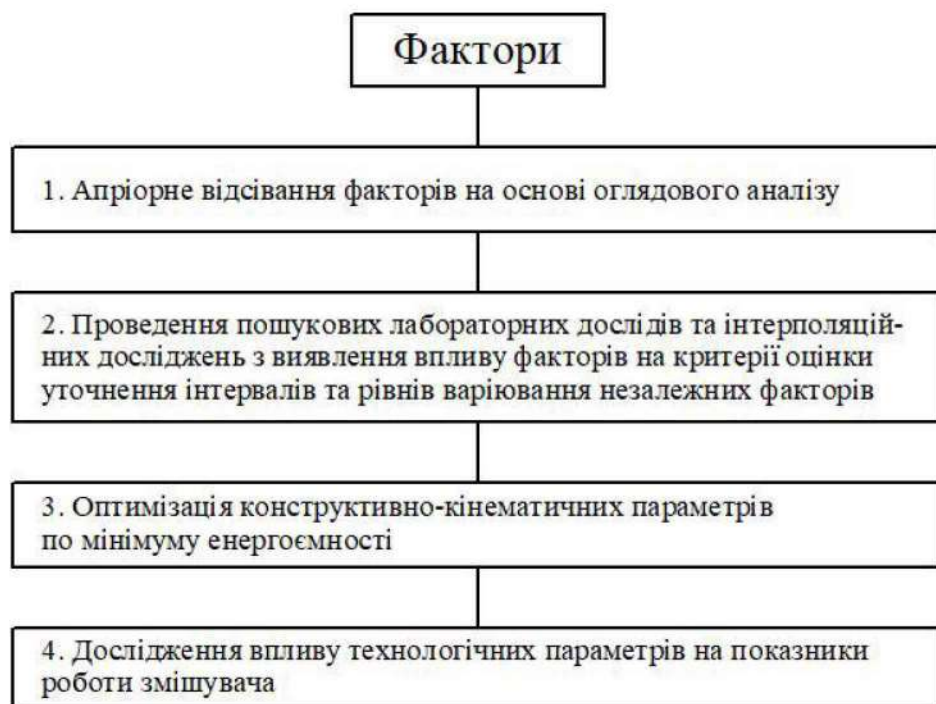


Рисунок 3.1 – Структурна схема експериментальних досліджень
Технічна продуктивність змішувача на змішуванні визначається [22] за формулою

$$Q = \frac{M}{\sum_{i=1}^n T_{cm}}, \quad (3.1)$$

де M – сумарна маса компонентів, що змішуються, кг;

T_{cm} – час змішування компонентів премікса в i -ої ємності, с.

Час (змішування, завантаження та вивантаження премікса) контролювався секундоміром. Точність виміру часу становила – 0,1 с. Маса компонентів замірялася на лабораторних вагах з точністю виміру 5 г, маса контрольованого компонента – 0,02 р. Для виключення промахів приймали триразову повторність дослідів [23, 24].

Енергетичними показниками є енергоємність змішування та потужність, що витрачається на роботу змішувача (кВт), що складається з потужності на змішування компонентів корму та потужності на роботу змішувача, без урахування витрат потужності на переміщення корму (холостого ходу).

Потужність, яку споживає електропривод лабораторної установки, замірялася комплектом КІ-50. Її величина, що витрачається на робочий процес, визначається з виразу

$$N_{np} = N_{xx} + \sum_{i=1} N_1, \quad (3.2)$$

де N_1 – потужність, що витрачається на процес перемішування компонентів в i -ої ємності, кВт;

N_{xx} – потужність, що витрачається на привід конструкції за відсутності корму (холостий перебіг), кВт.

Енергоємність перемішування залежить від продуктивності змішувача та величини витрат потужності N на його роботу, та визначається за формулою, (Дж/кг або кВт·год/т) [25]

$$Y = \frac{\sum_{i=1} N_1 \cdot T_{cm}}{M}. \quad (3.3)$$

Основним критерієм якості процесу змішування використовується коефіцієнт варіації v змісту контрольного компонента в пробах премікса (нерівномірність премікса). Використовувалася 3-х кратна повторність проведення дослідів [25].

Нерівномірність премікса [25] визначається

$$v = \frac{100 \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_{m_i} - X)^2}{n-1}}}{\bar{X}}, \quad (3.4)$$

де X_{m_i} – фактичний зміст контрольного компонента та його значення у i -ої проби, шт.;

X – середньоарифметичне значення контрольного компонента у всіх взятих пробах, шт.;

n – загальна кількість проб, $n = 20$ шт.

Якість змішування кормів визначали за розподілом контрольованого або контрольного компонента в 20 пробах, відібраних з усього об'єму змішувальної

ємності лабораторної установки відповідним пробовідбірником. Маса проби становила 5 гр [25]. Як контрольний компонент нами використані насіння конюшини, що вводиться в кількості 1% до маси готової суміші з урахуванням рекомендацій [25] за кількістю одиниць виміру, більше 20 шт. у пробі.

Як наповнювач премікса застосовувалася суміш пшеничної та ячмінної дерті при співвідношенні 1:1 з модулем помелу корму 1,1 мм, щільністю вороху 647 кг/м³.

Рівномірність суміші [24, 25] знаходиться за формулою (3.5)

$$V_p = 100 - v. \quad (3.5)$$

В силу статистичної непостійності показника нерівномірності премікса (коефіцієнт варіації вмісту контрольного компонента в пробах для однієї і тієї ж суміші може істотно змінюватися при повторних вимірах), в яких використовували значення нерівномірності отримували на основі визначення коефіцієнта варіації при тривалості змішування 3, 6, 9, 12 та 15 хв для отримання розрахункового значення відповідного 15 хв. Отриманий результат використовувався як вихідні значення при проведенні досліджень з пошуку раціональних та оптимальних значень показників процесу.

Відтворюваність досвіду перевіряли за *G*-критерієм Кохрена. За *F*-критерієм Фішера звіряли адекватність отриманої моделі. Значимість коефіцієнта у рівнянні регресії перевіряли за *t*-критерієм Стюдента. Оскільки використовували автоматизований розрахунок рівнянь регресії, то для значення факторів використовували натуральні, що одразу дозволило отримати як рівняння регресії, так і графічне зображення поверхні, отриманої моделі в натуральних значеннях [26].

Обробка отриманих результатів проводилася за допомогою комп'ютерних програм Statistika 5.5 [27], підготовка даних до статистичної обробки за допомогою програми Excel. Побудова двовимірних перерізів поверхні відгукує отримання регресійних моделей при числі факторів більше двох здійснювали математичним пакетом MathCAD 200.

					КРМ.133ГМмз_21.04.000 ПЗ	Аркуш
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При обробці результатів середнє значення показника визначалося

$$Y_{cp_i} = \frac{\sum_{jj} y_{i,jj}}{k}, \quad (3.6)$$

де k – кількість повторів досліду.

Дисперсія кожного досвіду визначалася

$$S_i^2 = \frac{1}{N' - 1} \cdot \sum_{jj} (y_{i,jj} - Y_{cp_i})^2, \quad (3.7)$$

де N' – кількість факторів.

Найбільше значення дисперсії

$$S_{\max}^2 = \max(S^2). \quad (3.8)$$

Кількість ступенів свободи визначається

$$v_1 = k - 1, \quad (3.9)$$

$$v_2 = N' - 1. \quad (3.10)$$

Значення G -критерію Кохрена

$$G = \frac{S_{\max}^2}{\sum_i S_i^2}. \quad (3.11)$$

Проводилася перевірка на відтворюваність за критерієм Кохрена. Дисперсія відтворюваності експерименту

$$S_y^2 = \frac{\sum_i S_i^2}{N'}. \quad (3.12)$$

Для полінома першого порядку за F -критерієм Фішера розрахункове значення визначають за формулою

$$F = \frac{S_{LF}^2}{S_y^2}, \quad (3.13)$$

де S_{LF}^2 – дисперсія адекватності;

S_y^2 – дисперсія, що характеризує помилку досвіду.

Під час перевірки адекватності подання результатів експерименту поліномами другого порядку також використовується F -критерій Фішера

					КРМ.133ГМмз_21.04.000 ПЗ	Аркуш
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F = \frac{S_{ag}^2}{\sigma_{vidm}^2}, \quad (3.14)$$

де S_{ag}^2 – залишкова дисперсія;

σ_{vidm}^2 – дисперсія відтворюваності.

Середньоквадратичне (стандартне) відхилення результатів вимірювань визначали за формулою

$$S = \sqrt{\frac{1}{k \cdot (k - 1)} \cdot \sum_{i=1}^k (x_i - x_{cp})}. \quad (3.15)$$

Вимірювальне обладнання представлено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Обладнання, що застосовується для вимірювань

Параметр вимірювання	Найменування приладу, обладнання	Стандарт на прилад, обладнання	Точність вимірювань
Лінійні розміри	Штангенциркуль ШЦ-2	ГОСТ 166-80	0,1 мм
	Рулетка металева РЗ-10	ГОСТ 7502-80	1,0 мм
Кутові розміри	Рівень будівельний Транспортер	ГОСТ 9416-76	$\pm 2,0\%$ $\pm 1,0^\circ$
Час	Секундомір	ГОСТ 5072-79В	$\pm 1,0$ с
Температура	Мультиметр електронний DT-266	ГОСТ 7502-93	1°C
Частота обертів	Тахометр вартового типу ТЧ-10-Р	ГОСТ 21339-75	$\pm 1,0$ хв ⁻¹
Маса	Ваги аналітичні ВЛКТ-500	ТУ 25.06.575-77	$\pm 0,02$ г
	Ваги РН-10Ц13У		$\pm 5,0$ г
	Динамометр ДПУ-0,02/2-1	ГОСТ 13837-93	$\pm 0,1$ кг
Потужність	Вимірювальний комплект КІ-50	ГОСТ 7502-93	$\pm 0,5\%$

Абсолютна похибка приладу [26]

$$\Delta\alpha = \frac{\Delta}{2}, \quad (3.16)$$

де Δ – ціна поділу приладу (точність виміру).

Середньоквадратичне відхилення похибки приладу

$$S_a = \frac{\Delta\alpha}{\sqrt{K}}, \quad (3.17)$$

де K – кількість повторів вимірів.

Відносна похибка вимірювань розраховувалася за такою формулою

$$\delta = \frac{100 \cdot \Delta x}{x_{cp}}, \quad (3.18)$$

де Δx – абсолютна похибка вимірювань.

Абсолютна похибка вимірів визначалася

$$\Delta x = t_{\varepsilon} \cdot S_{\varepsilon}, \quad (3.19)$$

де S_{ε} – середньоквадратичне відхилення.

3.2 Методика дослідження фізико-механічних властивостей сухих кормів

Необхідно знати основні фізико-механічні властивості досліджуваних матеріалів, щоб досліджувати та оцінити процеси, що проходять у змішувальних пристроях [25].

При проведенні експериментальних досліджень визначаються фізико-механічні властивості кормів, що впливають на якісні та технологічні характеристики роботи змішувача. Уточнені значення даних величин застосовуються у виразах, написаних у другому розділі. Фізико-механічні властивостей матеріалів визначали за існуючими ГОСТами та методиками [24, 25].

До фізико-механічних властивостей сухих матеріалів, що визначають закономірності його руху відносяться: діаметр частинок (модуль помелу M , мм), насипна щільність вороху ρ (кг/м³), середня щільність матеріалу суміші $\rho_{см}$ (кг/м), кути зовнішнього φ_e і внутрішнього ψ тертя, вологість корму. Довідкові дані цих величин мають широкий інтервал розподілу та потребують уточнення.

Середня щільність матеріалу суміші визначається за допомогою мірної ємності, попередньо наповненої водою. Засипаємо матеріал, що досліджується, змішуємо з рідиною і визначаємо обсяг отриманої суміші. Щільність матеріалу визначається за формулою, кг/м³

$$\rho = \frac{m_1}{(V_{см} - V_{ж})}, \quad (3.20)$$

де m_1 – маса досліджуваного матеріалу, г;

$V_{см}$ – обсяг отриманої суміші, мл;

$V_{ж}$ – вихідна рідина, мл.

					КРМ.133ГМмз_21.04.000 ПЗ	Аркуш
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Насипна щільність (об'ємна маса) кормів визначається заповненням ємності 10 дм³ при вільному падінні корму з висоти 20 см від верхніх країв ємності. Зважену масу корму перераховують на 1 м³.

Вологість корму визначають за ГОСТ 13496.3-92 ГОСТ «Комбікорми, сировина. Методи визначення вологості» шляхом висушування кормів. Вміст води у відсотках визначається за формулою

$$W_b = \frac{100 \cdot (m - m_b)}{m}, \quad (3.21)$$

де m – маса навішування до сушіння, г;

m_b – маса навішування після сушіння, г.

Для визначення вологості корму відбирають проби вагою 100 г досліджуваного матеріалу з точністю до 0,02 г. Проводять висушування навішування протягом 24 годин, потім зважують і визначають відносну вологість за формулою 3.2 [24]. При визначенні відносної вологості комбікормів використовується сушильна шафа СНОЛ.

Гранулометричний склад кормів визначався відповідно до ГОСТ 13496.8-72 «Комбікорми». Методи визначення крупності розмелювання та вмісту не розмеленого насіння культурних і дикорослих рослин» за допомогою ситового класифікатора.

Для визначення гранулометричного складу (модуля помелу) беруть наважку досліджуваного концентрованого корму 100 г і просіюють її через набір сит з круглими отворами 1, 2, 3 та 5 мм. Тривалість просіювання становить 5 хвилин, сход з сита зважують на аналітичних вагах ВЛКТ-500 з точністю до 0,02 г. За отриманими результатами ситового аналізу обчислюють середньозважений діаметр (модуль помелу M) частинок за формулою, мм

$$M = \frac{0,5 \cdot P_0 + 1,5 \cdot P_1 + 2,5 \cdot P_2 + 3,5 \cdot P_3}{100}, \quad (3.22)$$

де P_0 – залишок на збірному дні, г;

P_1, P_2, P_3 – сход з сит з отворами 1, 2 та 3 мм, г.

Масу тисячі насіння визначають відповідно до вимог ГОСТ 10842-89, в такий спосіб. З середньої проби одночасно з виділенням наважок для визначення маси 1000 насінин відбирають дві для визначення вологості насіння. З навішування вибирають цілі насіння, а залишок зважують з точністю до другого десяткового знака. Визначають масу цілого насіння шляхом вирахування з маси навішування маси залишку. Вибрані з навішування цілі насіння підраховують за допомогою лічильника за інструкцією, що додається до пристрою, або вручну. Кожне визначення виконують за двома паралельними наважками.

Масу 1000 зернин або насіння (m_ϕ) у грамах при фактичній вологості насіння обчислюють за формулою (3.4)

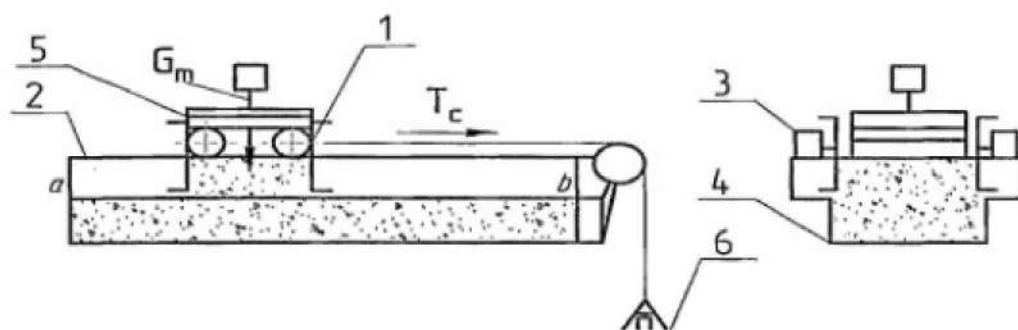
$$m_\phi = \frac{m_o - 1000}{n_c}, \quad (3.23)$$

де m_o – маса цілого насіння, г;

n_c – кількість цілого насіння в масі m_o , шт.

За остаточний результат приймають середнє арифметичне двох результатів визначення маси 1000 насінин.

При експлуатаційних та конструкторських розрахунках коефіцієнт тертя є так само одним із головних параметрів фізико-механічних властивостей кормів [21]. Значення якого залежить як від властивостей самого вантажу, його вологості, але і властивостей матеріалу, з яким перебуває в контакті вантаж. Для визначення коефіцієнта тертя кормів різної вологості застосовується установка зображена на рис. 3.1. Як матеріал використовувалися корми із вологістю до 17%.



1 – рамка; 2 – направляючі; 3 – ковзанки; 4 – жолоб; 5 – притискні пластини;
6 – вантаж

					КРМ.133ГМмз_21.04.000 ПЗ	Аркуш
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рисунок 3.1 – Установка визначення коефіцієнта тертя матеріалу

Працює пристрій таким чином: жолоб 4 і рамку 1 заповнюють вантажем; порцію матеріалу, що лежить у рамці 1 притискають до матеріалу в жолобі 4 притискними пластинами 5, рамка котками 3 спирається на напрямні 2, вона з'єднана з вантажною чашкою 6 шнуром, перекинутим через блок, що відхиляє. На вантажну чашку ставлять гирі, за допомогою динамометра визначають зусилля, необхідне для пересування рамки з матеріалом та вантажем. При однаковій масі вантажу досліджуваного матеріалу дослід проводили з триразовою повторюваністю при різному значенні вологості суміші через певний проміжок часу.

За отриманими даними визначають необхідні для побудови графіка граничні дотичні та нормальні напруження за формулами

$$\tau = \frac{(N_1 - N_2)}{S}, \quad (3.24)$$

$$\sigma = 9,81 \cdot \frac{(G_1 + G_2)}{S}, \quad (3.25)$$

де N_1 – зусилля, необхідне для зсуву рамки з матеріалом і вантажем, Н;

N_2 – опір рухомої рамки, Н;

S – площа поперечного перерізу рамки, м²;

G_1, G_2 – маса досліджуваного матеріалу в рухомій рамці та маса притискних пластин відповідно, кг.

Для ідеально сипких вантажів кут внутрішнього тертя дорівнює куту природного відкосу α_o , який визначається наступним чином, показаним на рис. 3.2. Циліндр 1 ставлять на площину 2 і заповнюють доверху вантажем, потім циліндр повільно піднімають, при цьому вантаж, що знаходиться в ньому, розташовується під кутом природного укосу α_o .

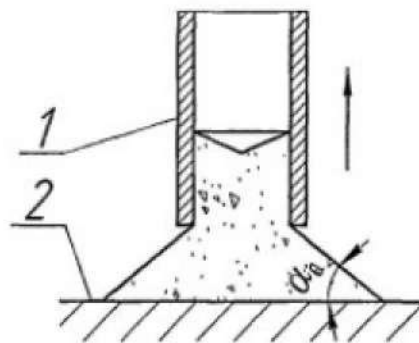


Рисунок 3.2 – Визначення кута природного укосу α_o матеріалу

Коефіцієнт зовнішнього тертя визначається на тому ж приладі (рис.3.2), як і коефіцієнт внутрішнього тертя. На поверхню $a - b$ укладається смуга зі сталі або іншого матеріалу та на неї встановлюється рамка 1 і заповнюють її досліджуваним насипним вантажем. Потім на вантажну чашку 6 додають вантаж доти, доки пластина не почне рухатися [22].

Коефіцієнт зовнішнього тертя знаходять за такою формулою:

$$f_b = \frac{N_1 - N_2}{G_1 + G_2}. \quad (3.26)$$

3.3 Методика лабораторних досліджень змішувача кормів

У ході досліджень визначили вплив конструктивно-кінематичних параметрів змішувача та тривалість змішування на нерівномірність премікса, модуль помелу, температуру премікса, продуктивність змішувача та енергоємність процесу.

Дослідження змішувача мікродобавок здійснювалося відповідно до вимог норм РД 10.19.2.-90, НТП-АПК 1.10.16.002.-03, М29.055-87 [23].

За раніше вказаними методиками (продуктивність, нерівномірність змішування, модуль помелу, потужність приводу, що витрачається, енергоємність процесу) визначалися значення показників роботи змішувача.

План та рівні розподілу факторів у проведених серіях дослідів, а також використовувані показники роботи змішувача при вивченні процесів наведено у таблиці 3.1.

При визначенні нерівномірності змішування корму додавали 1% контрольного компонента (насіння конюшини) від усього об'єму компонентів засипаних в змішувальну ємність. Після закінчення заданого часу змішування відбирали 20 проб суміші по 5 гр. У цьому повторність дослідів була 3-х кратна.

Тривалість змішування замірялася секундоміром. Після закінчення перемішування відкривали заслінки і вивантажували змішані компоненти із змішувача в накопичувальну ємність. За допомогою лабораторних ваг РН-10Ц13У зважували вивантажену суміш, враховуючи масу накопичувальної ємності. Застосовуючи описану вище формулу (3.1) визначали технічну продуктивність змішувача [23].

У процесі експериментальних досліджень визначалася величина поправок коефіцієнтів довжини k_L та діаметра k_d лопаті [25].

Коефіцієнт довжини лопаті визначається

$$k_L = \frac{L}{R_{em}}, \quad (3.27)$$

де L – довжина лопаті мішалки змішувача, мм;

$R_{em} = D/2$ – радіус змішувальної ємності, мм.

Коефіцієнт діаметра лопаті визначається

$$k_d = \frac{d}{2 \cdot R_{em}}, \quad (3.28)$$

де d – діаметр лопаті мішалки змішувача.

Дослідження процесу змішування проводилися на лабораторній установці (рис.3.3), що відповідає запропонованій конструктивно-технологічній схемі змішувача мікродобавок (рис. 2.2). Вона складається з рами, на якій встановлений корпус, всередині якого послідовно закріплені три циліндричні ємності (рис.3.7). Через них проходить центральний вал із закріпленими на ньому мішалками з лопатями (рис.3.4; 3.5; 3.8), лопаті яких виконані з прутка круглого перерізу та мають T -подібну форму (рис. 3.4). Всі ємності мають вивантажувальні вікна, забезпечені заслінкою, відкриваються за допомогою рукояток. Корпус забезпечений також вивантажним вікном з заслінкою та лотком для відвантаження

					КРМ.133ГМмз_21.04.000 ПЗ	Аркуш
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

готової суміші. Привід лабораторної установки змішувача мікродобавок здійснюється за допомогою клинопасової передачі від електродвигуна потужністю $P = 1,5$ кВт та частотою обертання $n = 1000$ хв⁻¹.

Таблиця 3.2 – Фактори, рівні їх варіювання, показники роботи лабораторного змішувача

Вид досвіду	Конструктивно-кінематичні параметри	Рівні варіювання факторів	Критерії оцінки
Пошукові лабораторні дослідження та інтерполяційні дослідження	Тривалість змішування T , хв.; (T , с)	3, 6, 9, 12, 15 хв. (180, 360, 540, 720, 900 с)	Нерівномірність суміші v , %;
	Ступінь заповнення ємності σ , % Тривалість змішування T , хв.; (T , с)	25, 50, 75 9, 12, 15 хв. (540, 720, 900 с)	
	Частота обертання валу n , хв ⁻¹	830, 950, 1000, 1100, 1230, 1500	Нерівномірність суміші v , %; температура суміші t , °С; модуль помелу M , мм; енергоємність Y , кДж/кг
	Довжина лопатей L , (Коефіцієнт довжини лопатей k_L)	132, 192, 252 (0,75; 0,9; 1,3; 1,7; 1,9)	
	Кількість лопат z_M , шт. Діаметр лопатей d , мм (Коефіцієнт діаметра лопаті k_d)	3, 4, 6 7; 10; 12 (0,04; 0,034; 0,024)	
	Об'єм змішувальної ємності V_0 , л Діаметр лопаті d , мм Тривалість змішування (T , хв.)	0,5; 2,5; 9; 30 4; 5; 6; 7 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 9; 12; 15;	Нерівномірність суміші v , %; температура суміші t , °С; потужність N , кВт; енергоємність Y , кДж/кг
Оптимізація процесу	Частота обертання валу n , хв ⁻¹ Кількість лопат z_M , шт. Коефіцієнт довжини лопатей k_L	950; 1000; 1100; 1230; 1500 4, 6, 8 0,75; 0,89; 1,3	Енергоємність Y , (кДж/кг) досягнення нерівномірності $v = 10$ та $v = 5\%$
Виробничі технології	Об'єм змішувальної ємності V_0 , л Частка контрольного компонента D_k , % Тривалість змішування T , хв.	0,5; 2,5; 9,0; 30,0 0,5; 1,0; 3,0; 10,0 0,5; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 9;	Нерівномірність суміші v , %;

		12; 15.	
Об'єм змішувальної ємності V_0 , л		0,5; 2,5; 9,0; 30,0	Приріст температури суміші t' , °C
Тривалість змішування T , хв.		0,5; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 9; 12; 15	
Об'єм змішувальної ємності V_0 , л		0,5; 2,5; 9; 30	Тривалість змішування T , хв.,
Частка контрольованого компонента D_k , %		0,5; 1,0; 3,0; 10,0	енергоємність Y , кДж/кг та продуктивність Q , кг/год для $v = 10$ $v = 5\%$;

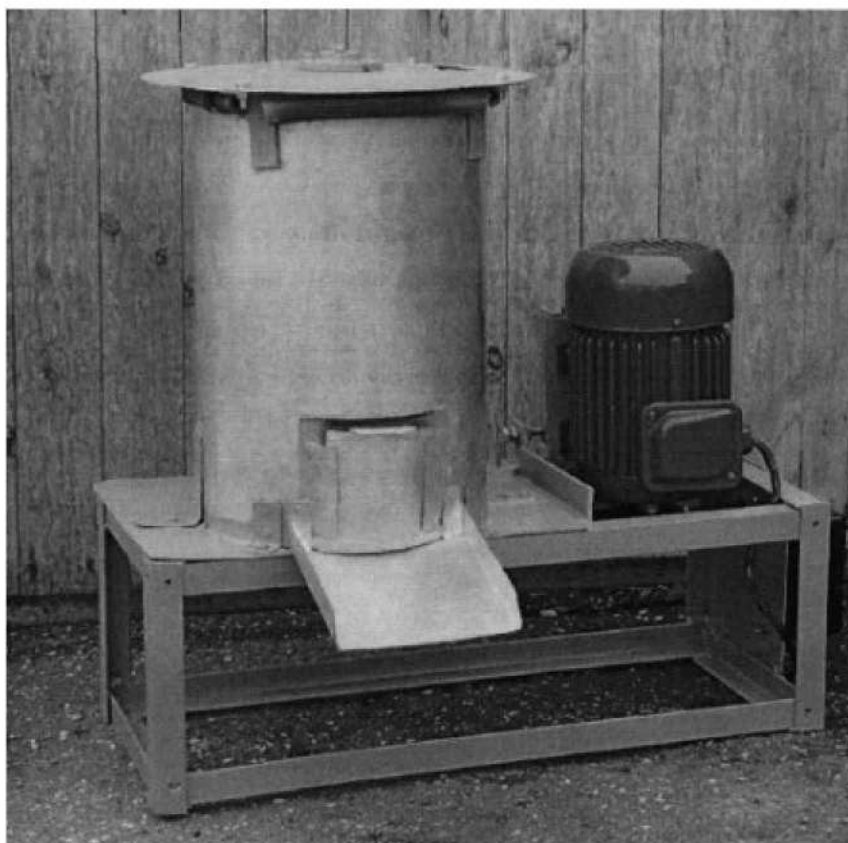


Рисунок 3.3 – Змішува кормів, дослідний зразок об'ємом 30 літрів

Вимірювальна апаратура відповідала методиці досвіду (таб. 3.2). Частота обертання змінювалася через зміну передатного відношення шківів різного діаметра (рис.3.6). Робочі органи з лопатями різної довжини наведено рис. 3.4 і 3.5.

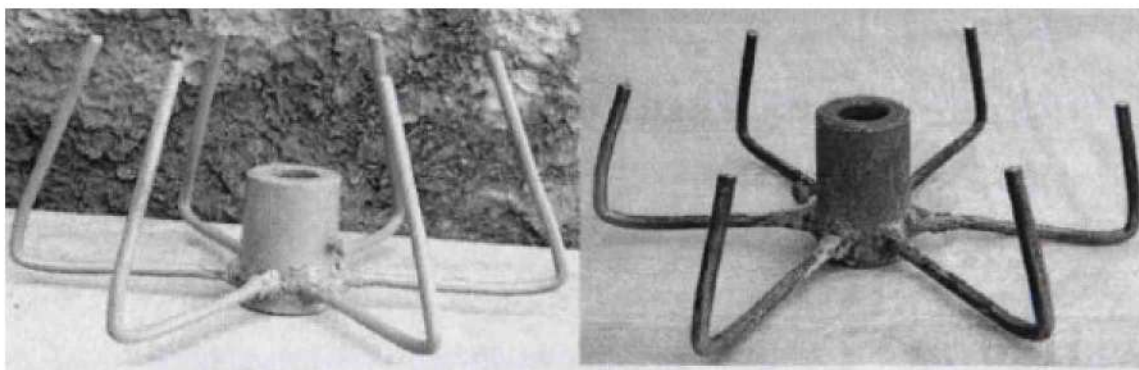


Рисунок 3.4 – Набір мішалок для дослідження довжини лопаті змішувача

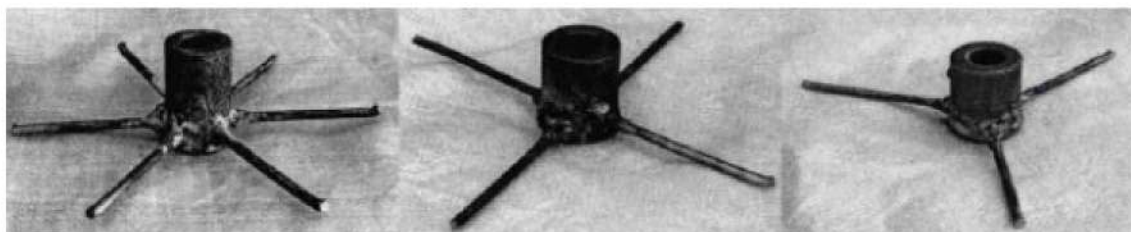


Рисунок 3.5 – Набір мішалок для дослідження діаметра лопаті та їх кількості

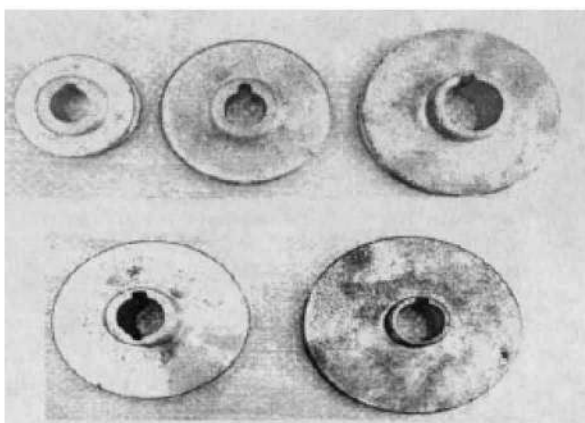


Рисунок 3.6 – Набір шківів для зміни частоти обертання мішалки

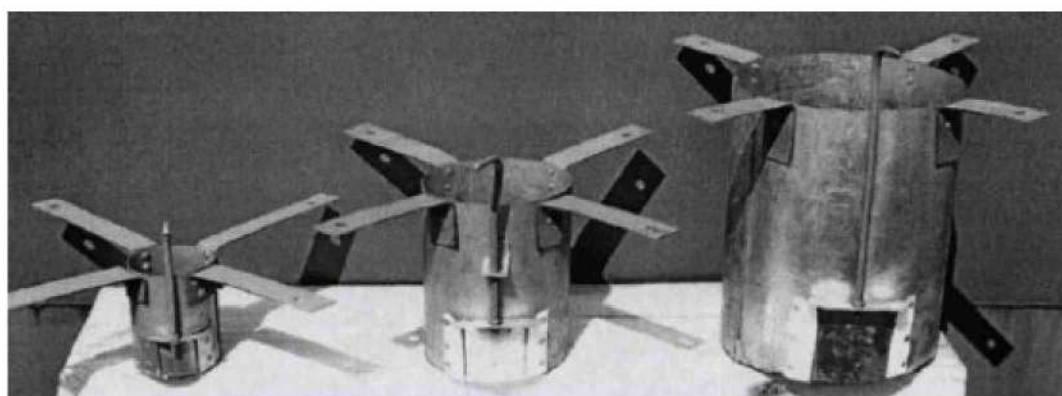
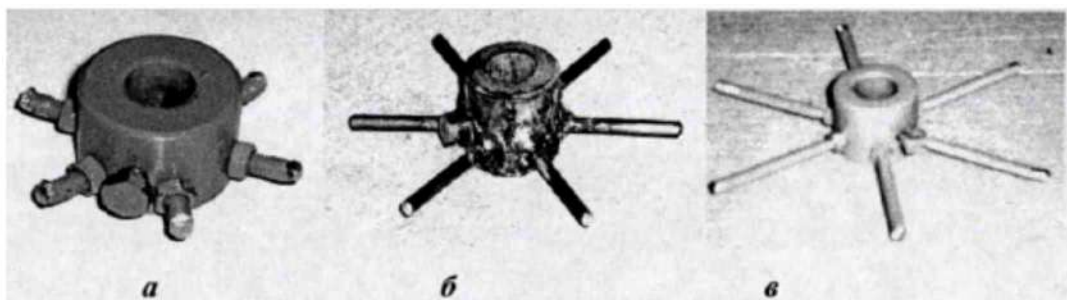


Рисунок 3.7 – Ємності змішувача об'ємом 0,5; 2,5; 9 літрів

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



а – ємності $V_o = 0,5$ л; *б* – ємності $V_o = 2,5$ л; *в* – ємності $V_o = 9$ л.

Рисунок 3.8 – Набір мішалок для додаткових ємностей

3.4 Методика виробничих досліджень змішувача комбікормів

Дослідження та визначення раціональних значень пристрою що змішує, здійснювалося відповідно до вимог норм РД 10.19.2.-90, НТП-АПК 1.10.16.002.-03, М 29.055-87 [23].

Досліджувався вплив технологічних параметрів на нерівномірність премікса та продуктивність змішувача. Визначення чисельних значень параметрів роботи змішувача проводилося за вказаними раніше методиками.

План, рівні зміни факторів у виробничих серіях дослідів, а також критерії оцінки, що використовуються при вивченні процесів наведені у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Фактори, рівні їх змін та критерії оцінки дослідного зразка змішувача комбікорму

Вид досліджу	Конструктивно-кінематичні параметри	Рівні варіювання параметрів	Критерії оцінювання
Дослідження дослідного зразка	Рівномірність попередньої суміші, %	60; 80; 95	Нерівномірність суміші v , %; Продуктивність Q , кг/год;
	Тривалість змішування кінцевої суміші T , с	120; 240; 360	
	Ступені змішування Рівномірність попередньої суміші, %	№ 1, 2, 3, 4 80; 90; 95	

Дослідження нерівномірності змішування та продуктивність змішувача, енергоємність перемішування проводилося за раніше описаними методиками в пункті 3.1.

Обладнання та апаратура для досліджень.

На дослідному змішувачі (рис. 3.9, 3.10), проводили обґрунтування раціональних технологічних прийомів. Вимірювальна апаратура відповідала методиці досвіду.



Рисунок 3.9 – Зовнішній вигляд дослідного змішувача

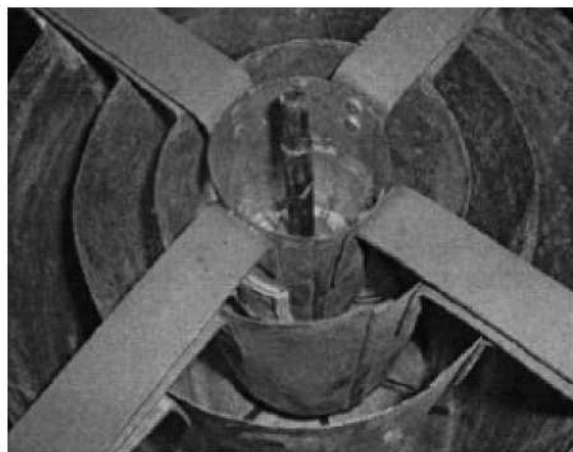


Рисунок 3.10 – Внутрішній пристрій дослідного змішувача

4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Результати досліджень фізико-механічних властивості кормів

При проведенні досліджень фізико-механічних властивостей концентрованих кормів (суміш пшеничного, ячмінної дерті при співвідношенні 1:1) були отримано такі результати: середньозважений розмір частинок (модуль помелу): $d_{cp} = 1,1$ мм; вологість корму становила $W = 13,2\%$; об'ємна маса 647 кг/м^3 ; маса тисячі насіння контрольного компонента $m_k = 1,83$ гр.; середня щільність частинок корму 1040 кг/м^3 .

Дослідження гранулометричного складу представлені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Гранулометричний склад дерті

Розмір частин, не менше	Розмір фракції, d_i , мм	Маса фракції, m_i , гр
0-0,25	0,125	32,5
0,25-0,5	0,375	30,9
0,5-1,0	0,75	28,5
1,0-2,0	1,5	58,5
2,0-3,0	2,5	16,3
3,0-5,0	4,0	6,4
5,0-7,0	6,0	0

Результати з вимірювання коефіцієнтів тертя (внутрішнього та зовнішнього по сталі) та кута природного укусу представлені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Результати досліджень матеріалу

Матеріали	Дерть пшенично-ячмінна
Кут внутрішнього тертя, град.	34
Коефіцієнт внутрішнього тертя	0,68
Кут внутрішнього тертя по металу, град.	23
Коефіцієнт внутрішнього тертя по сталі	0,43
Кут природного укусу, град.	20,85
Кут воронки, що утворилася	35

4.2 Обґрунтування частоти обертання і довжини лопастей робочого органу змішувача

При обґрунтуванні частоти обертання та довжини лопатей робочого органу змішувача використовувалася вже зазначена дослідна установка змішувача (рис. 3,5). У процесі дослідження змішувача в якості наповнювача застосовувалася суміш з дерти пшеничного та ячмінного, а контрольний компонент-насіння конюшини в кількості 1% від маси суміші. Змінними шківками змінювали частоту обертання в межах $n = 830, 950, 1000, 1100, 1230, 1500 \text{ хв}^{-1}$, а заміною мішалок - довжину лопатей змішувача $L = 132, 192, 252 \text{ мм}$ (і відповідні їм значення $k_L = 0,89; 1,30; 1,71$). Довжина лопатей обмежується з одного боку - наявністю мертвої зони в кутах ємності (не промішуванням маси надмірно короткими лопатями), з іншого - виходом кінця лопат з кормової маси. Інтервал зміни частоти обертання визначається з однієї сторони - забезпеченням швидкохідного режиму змішування, з іншого - обмеженням по подрібненню частинок корму. Визначався вплив зазначених параметрів на нерівномірність суміші $v \%$, повної потужності на робочий процес і на перемішування N і N_{CM} кВт; енергоємність приготування суміші Y кДж/кг, температуру матеріалу t °С, модуль помелу суміші M мм та коефіцієнт його зміни k_m од. за методиками розділу 3.

Результати досліджень впливу тривалості змішування та частоти обертання змішуючого органу на нерівномірність суміші наведено у вигляді виразів

- при $L = 252 \text{ мм}$

$$v = 49,25 - 0,25051 \cdot T - 0,07278 \cdot n + 0,00164 \cdot T^2 + 3,67 \cdot 10^{-5} \cdot n^2 - 0,00027 \cdot T \cdot n. \quad (4.1)$$

Множинний коефіцієнт кореляції становить $R = 0,96886$; дані F -тесту = 0,907436.

- при $L = 192 \text{ мм}$

					КРМ.133ГМмз_21.04.000 ПЗ	Аркуш
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$v = 208,30 - 0,24475 \cdot T - 0,41917 \cdot n + 0,021376 \cdot T^2 + 0,000225 \cdot 10^2 \cdot n^2 - 0,00106 \cdot T \cdot n. \quad (4.2)$$

Множинний коефіцієнт кореляції становить $R = 0,95527$; дані F -тесту $= 0,866466$.

- при $L = 132$ мм

$$v = 22 - 0,562 \cdot T - 0,0068 \cdot n + 0,0109 \cdot T^2. \quad (4.3)$$

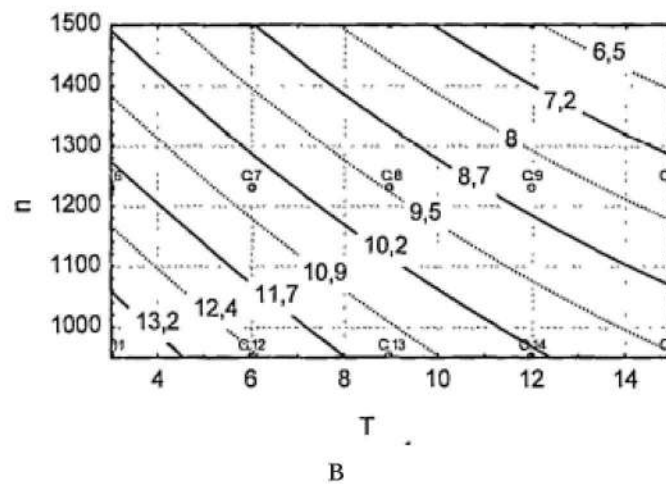
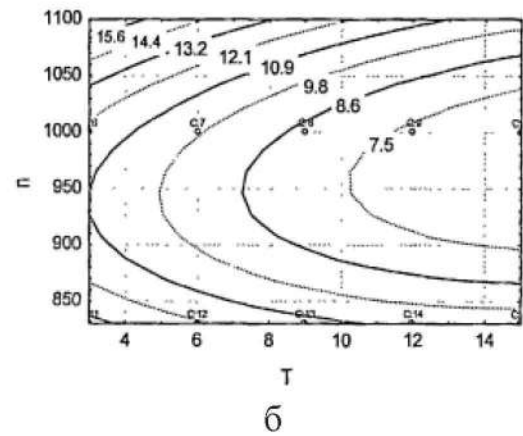
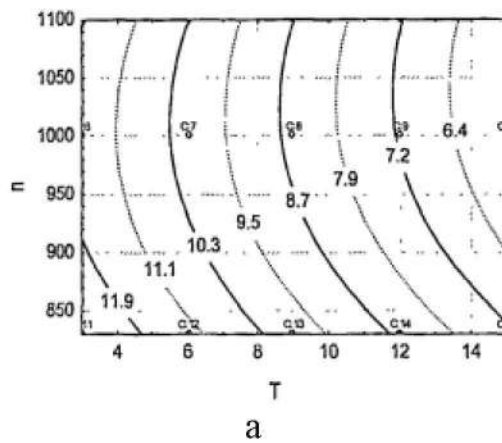
Множинний коефіцієнт кореляції становить $R = 0,98570$; дані F -тесту $= 0,957771$.

Отримані результати коефіцієнта кореляції R та F -тесту говорять про адекватність моделей.

Як видно з рисунку 4.1 збільшення частоти обертання робочого органу змішувача та тривалості змішування T благотворно позначається на якості суміші (коефіцієнт варіації зменшується). При довжині лопаті $L = 252$ мм. Рисунок 4.1, а) незалежно від частоти обертання робочого органу змішувача та тривалості змішування $T = 12...15$ хв виходить суміш хорошої якості ($v = 7,2...6,4\%$), що задовольняє зоотехнологічних вимог. Однак із зменшенням довжини лопаті до $L = 192$ мм таку ж суміш отримуємо лише за частоті обертання мішалки $n = 900...1000$ хв⁻¹ і тривалості змішування $T = 13...15$ хв (рис. 4.1 б).

Однак через перегрівання і утворення спечених грудочок корму збільшення частоти обертання (більше $n = 1200$ хв⁻¹) обмежується. Використовуючи мішалку з короткими лопатями ($L = 132$ мм) зазначені значення нерівномірності виходять на частоті $n = 1200...1500$ хв⁻¹ і часу змішування $T = 11...15$ хв (рис. 4.1).

Тобто мінімальна тривалість змішування спостерігається при коротких лопатях ($k_L = 0,89$) [144].



а – при $L = 252$ мм; б – при $L = 192$ мм; в – при $L = 132$ мм

Рисунок 4.1 – Вплив частоти обертання n хв⁻¹ і тривалості змішування T хв на нерівномірність суміші v %

Отримано модель нерівномірності суміші в залежності від частоти обертання та коефіцієнта довжини лопатей при тривалості змішування $T = 15$ хв

$$v = -16,45 + 0,0015 \cdot n + 32,4 \cdot \kappa_L - 0,000002 \cdot n^2 - 8,37 \cdot \kappa_L^2 - 0,0115 \cdot n \cdot \kappa_L. \quad (4.4)$$

Множинний коефіцієнт кореляції становить $R = 0,69635927$, дані F -Теста = 0,326104. Тобто представлена модель відображає наявні тенденції, проте зовсім адекватно визначає досвідчені дані.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

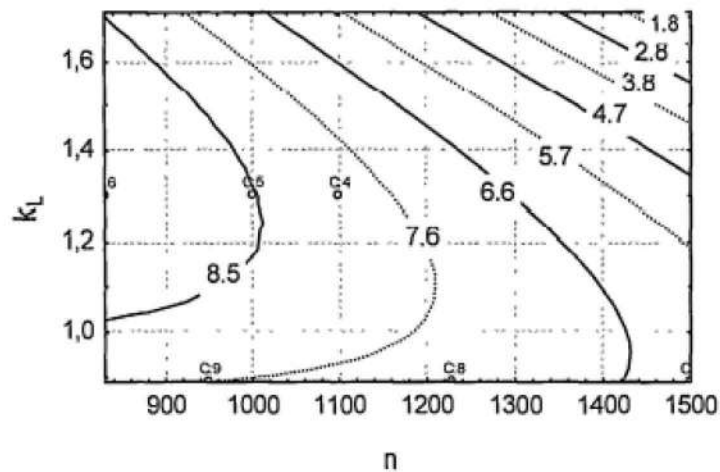


Рисунок 4.4 – Вплив частоти обертання n хв^{-1} та коефіцієнта довжини лопаті κ_L на нерівномірність суміші ν %

Зміна частоти обертання до 1000 хв^{-1} незалежно від коефіцієнта довжини лопаті не істотно впливає на нерівномірність суміші. Подальше збільшення частоти обертання підвищує якість суміші. Зростання коефіцієнта довжини κ_L (відповідно і довжини лопатей L) також знижує нерівномірність суміші, покращуючи змішування. При частоті обертання $n = 1500 \text{ хв}^{-1}$ і коефіцієнт довжини $\kappa_L = 0,89 \dots 1,0$ коефіцієнт варіації ν становить $6,0 \dots 6,5\%$, а при $\kappa_L = 1,7$ прагне до $\nu = 1,7 \%$. Тим самим зростання частоти обертання і довжини лопатей позитивно впливає на якість суміші ν .

Після закінчення часу змішування в контрольних точках робили замір температури суміші та відбір проб для визначення модуля помелу частинок корму (рис. 4.2, 4.3). Зі зростанням частоти обертання і тривалості змішування відбувається інтенсивне зростання температури і додаткове збільшення матеріалу суміші.

Температура суміші описується виразами

- при $L = 252 \text{ мм}$

$$\nu = 30,6465 + 5,182 \cdot T + 0,062 \cdot n - 0,0162 \cdot T^2. \quad (4.4)$$

Множинний коефіцієнт кореляції становить $R = 0,99295$; дані F -тесту $= 0,979267$.

- при $L = 192 \text{ мм}$

$$v = -5,884 + 5,395 \cdot T + 0,356 \cdot n - 0,17196 \cdot T^2. \quad (4.5)$$

Множинний коефіцієнт кореляції становить $R = 0,99194$; дані F -тесту $= 0,976278$.

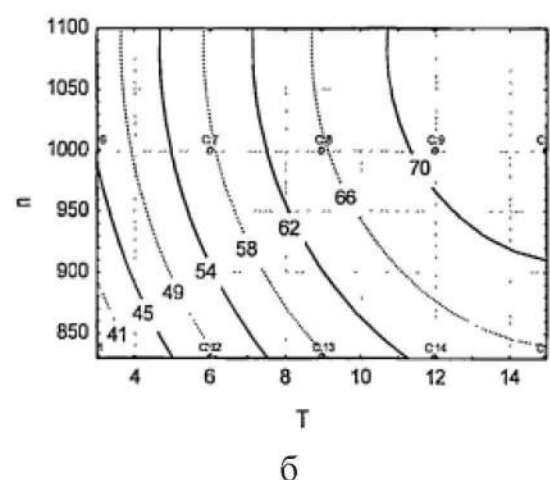
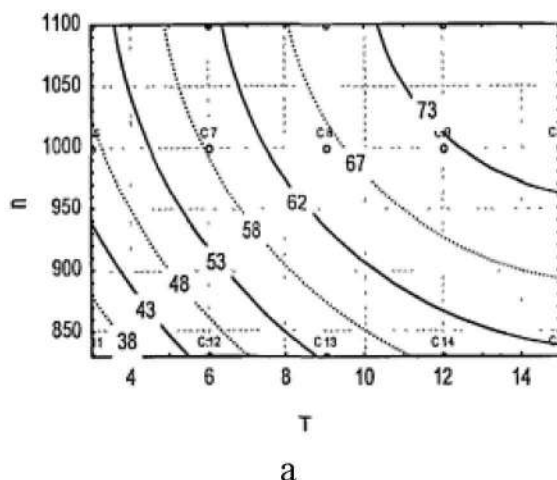
- при $L = 132$ мм

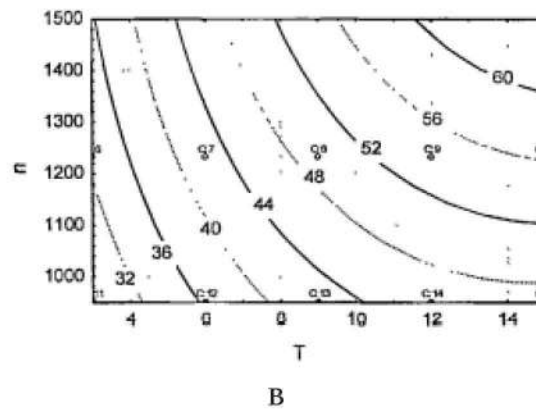
$$t = 8,7 + 2,63 \cdot T + 0,095 \cdot n - 0,137 \cdot T^2 + 0,0145 \cdot T \cdot n \quad (4.6)$$

Множинний коефіцієнт кореляції становить $R = 0,99381$; дані F -тесту $= 0,981804$.

Такі дані коефіцієнта кореляції R і F -тесту свідчать про адекватність моделей.

Збільшення температури викликане тертям і впливом мішалки про корм, та корми об стінки змішувача. Зростання температури негативно впливає як на ефективність використання енергії для змішування, так і на збереження поживних і лікарських речовин у складі суміші. При температурі нагріву вище 65°C відбувається утворення спечених грудочок корму. При довжині лопаті $L = 252$ мм тривалості змішування $T = 12 \dots 15$ хв та частоті обертання мішалки $n = 900 \dots 1100$ хв⁻¹ (рис. 4.2, а) відбувається псування суміші з огляду на підйом температури до $t = 67 \dots 73^\circ\text{C}$. Такі самі значення температури спостерігаються при довжині лопаті мішалки $L = 192$ мм на всьому інтервалі варіювання частот обертання, при тривалості змішування $T = 12 \dots 15$ хв (рис. 4.2, б). Не настільки інтенсивно зростає температура при довжині лопаті мішалки $L = 132$ мм ($\kappa_L = 0,89$, рис. 4.2, в).





а – при $L = 252$ мм; б – при $L = 192$ мм; в – при $L = 132$ мм

Рисунок 4.2 – Вплив частоти обертання n хв^{-1} і тривалості змішування T хв на нерівномірність суміші t %

При частоті $n = 1200 \dots 1500$ хв^{-1} та тривалості змішування $T = 11 \dots 15$ хв температура не піднімалася вище $t = 56 \dots 60$ $^{\circ}\text{C}$, що не призводить до псування суміші.

Найбільш інтенсивно впливає на температуру тривалість змішування, ніж збільшення частоти обертання.

Використовуючи дані отримана, модель температури нагрівання суміші залежно від частоти обертання та коефіцієнта довжини лопатей при тривалості змішування $T = 15$ хв

$$t = 92,52 + 0,024 \cdot n + 173,86 \cdot \kappa_L - 0,00001 \cdot n^2 - 67,1 \cdot \kappa_L^2 + 0,028 \cdot n \cdot \kappa_L. \quad (4.8)$$

Множинний коефіцієнт кореляції становить $R = 0,99184638$, дані F-Теста = 0,982092, що говорить про адекватність моделі.

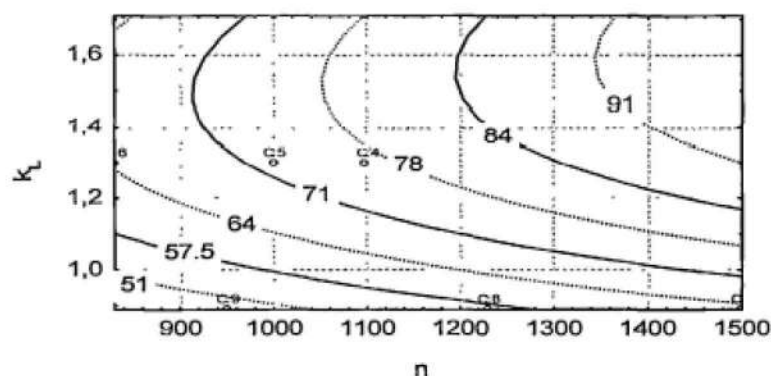


Рисунок 4.3 – Вплив частоти обертання n хв^{-1} та коефіцієнта довжини лопаті κ_L мішалки на температуру нагрівання суміші t $^{\circ}\text{C}$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Найбільш інтенсивно зростання температури впливає довжина лопатей (рис. 4.3). При $k_L = 1,7$ корм нагрівається понад 90°C . Тому, для поліпшення якості суміші бажано збільшувати частоту обертання, а не довжину лопатей. При $k_L = 0,89$ та $n = 1500 \text{ хв}^{-1}$ температура досягає лише 60°C . Тим самим зазначені параметри є найбільш раціональними з точки зору мінімального нагріву.

Додаткове подрібнення корму в змішувачі небажано через підвищення частки пилоподібних частинок і збільшення втрат суміші від пилення.

4.3 Оптимізація конструктивно-кінематичних параметрів з мінімуму енергоємності

Результату досліджень енергоємності в залежності від частоти та довжини лопатей показали наявність двох зон передбачуваного розташування мінімуму енергоємності. Для остаточного вибору рекомендованої зони мінімуму і відповідно режиму змішування план досвіду розширено, включенням додаткових точок $k_L = 0,75$ і $k_L = 1,9$.

Отримано моделі енергоємності Y_{10} та Y_5 суміші залежно від частоти обертання n та коефіцієнта довжини лопаті k_L до досягнення нерівномірності суміші $v = 10\%$ та 5% (рис. 4.4).

$$Y_{10} = 5487,1 - 0,323 \cdot n - 17332,6 \cdot k_L + 20926,6 \cdot k_L^2 + 0,23 \cdot n \cdot k_L + 2027,76 \cdot k_L^4 - 10864 \cdot k_L^3, \quad (4.9)$$

$$Y_5 = 7488,5 - 1,5 \cdot n - 22696,7 \cdot k_L + 0,001 \cdot n^2 + 29879,2 \cdot k_L^2 - 1,4 \cdot n \cdot k_L + 3102,99 \cdot k_L^4 - 16309 \cdot k_L^3 + 0,7182 \cdot k_L^2 \cdot n. \quad (4.10)$$

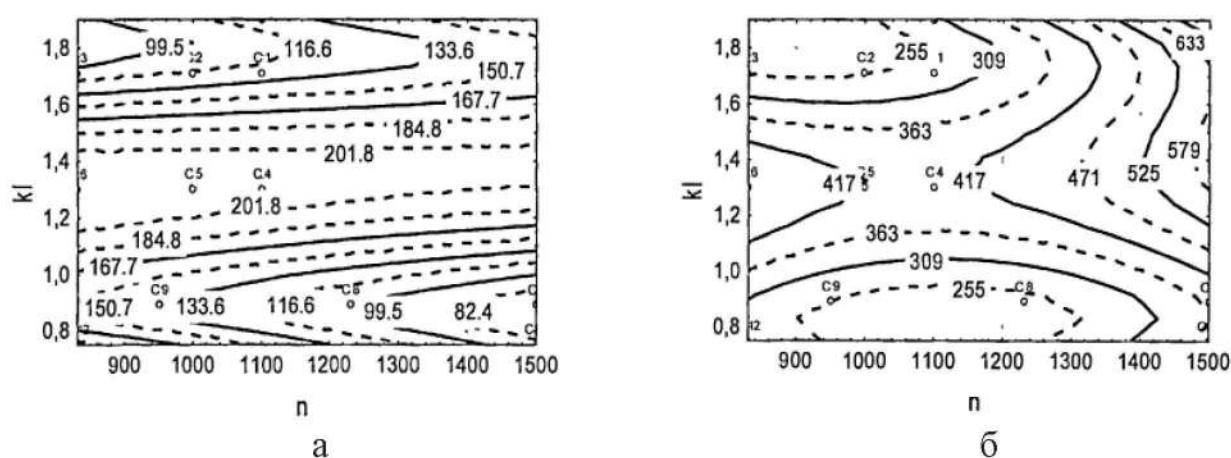
Множинний коефіцієнт кореляції для Y_{10} і Y_5 складає $R=0,79949$; $0,83364$ дані F -Теста = $0,469914$; $0,556292$ відповідно. Представлена модель відображає лише наявні тенденції, проте не адекватно описує досвідчені дані.

Енергоємності змішування, що відповідають нерівномірності $v = 10\%$ і $v = 5\%$ (рис. 4.4. а, б) показують її складну просторову зміну. Найбільша енергоємність спостерігається при коефіцієнті довжини лопаті $k_L = 1,2 \dots 1,4$

					КРМ.133ГМмз_21.04.000 ПЗ	Аркуш
						65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

незалежно від частоти обертання на досліджуваному інтервалі. Мабуть, це пов'язано зі зміною характеру руху компонентів у змішувачі. При коефіцієнті довжини лопаті $k_L \leq 1$ робота змішувача відповідає прямим радіальним лопатям і режиму горизонтального турбулентного змішування. Більше $k_L = 1,6$ - наявність вертикальних ділянок лопаті забезпечує стійку вертикальну циркуляцію корму за рахунок його підйому та ссипання до центру з поєднанням горизонтального турбулентного руху.

У проміжку між двома вказаними режимами руху знаходиться перехідний ділянка ($k_L = 1,1 \dots 1,5$), на якій корм притискається вертикальною частиною лопатей до стінці бункера, але мала довжина вертикальної частини лопаті ще не забезпечує стійкої вертикальної циркуляції матеріалу. У результаті корм як би заклинюється в районі нижнього кута, збільшуючи тертя і ущільнюючись, тим самим, погіршуючи якість суміші і збільшуючи витрати енергії [152].



$= 1,7...1,8$; для $v = 5\%$ $n = 1000...1300 \text{ хв}^{-1}$ при $k_L = 0,9$ та $n = 800...1000 \text{ хв}^{-1}$ $k_L = 1,7...1,8$. Однак, з урахуванням нагріву корму та доподрібнення частинок слід рекомендувати при $v = 10\%$ – $v = 1500 \text{ хв}^{-1}$ та $k_L = 0,9$; при $v = 5\%$ – $n = 1000...1300 \text{ хв}^{-1}$ та $k_L = 0,9$.

Тим самим, потрібна якість суміші (її нерівномірність) впливає на оптимальну частоту робочого органу. Для рівномірності суміші 90% ($v=10\%$) бажана частота обертання $n = 1500 \text{ хв}^{-1}$ для рівномірності 95% ($v = 5\%$) - $n = 1000...1300 \text{ хв}^{-1}$.

Довжина лопаті має становити 132 мм ($k_L = 0,9$). При рекомендованих параметрах для $v = 10\%$ корм змішують $T = 4 \text{ хв}$, для $v = 5\%$ час $T = 16 \text{ хв}$. Витрати енергії, відповідно, 65 і 250 кДж/кг, відсутній перегрів матеріалу і спостерігається незначне до подрібнення.

Для реалізації екстремального трифакторного плану передбачається використовувати рекомендовану ділянку, при цьому в дослідях $k_L = 0,75; 0,89; 1,3$; частота обертання робочого органу $n = 1500; 1230; 1100 \text{ хв}^{-1}$; кількість лопатей $z_m = 4; 6; 8$ шт. Була використано матрицю некомпозиційного плану другого порядку для трьох факторів (Вибірка з плану експерименту типу 3³).

Отримано моделі енергоємності Y_{10} та Y_5 суміші залежно від частоти обертання п коефіцієнта довжини лопаті k_L та кількості лопатей z_m до досягнення нерівномірності суміші $v = 10\%$ і 5% (рис. 4.5).

$$Y_{10} = 3710 - 1207,04 \cdot k_L - 180,143 \cdot z_m - 3,5288 \cdot n + 537,5711 \cdot k_L^2 + 7,71068 \cdot k_m^2 + 0,000974 \cdot n^2 - 39,5561 \cdot k_L \cdot z_m + 0,355028 \cdot k_L \cdot n + 0,075014 \cdot z_m \cdot n, \quad (4.11)$$

$$Y_5 = 3677,718 - 951,571 \cdot k_L - 362,278 \cdot z_m - 3,05909 \cdot n + 907,8770 \cdot k_L^2 + 21,680 \cdot k_m^2 + 0,0001312 \cdot n^2 + 8,888021 \cdot k_L \cdot z_m - 0,478079 \cdot k_L \cdot n + 0,046719 \cdot z_m \cdot n. \quad (4.12)$$

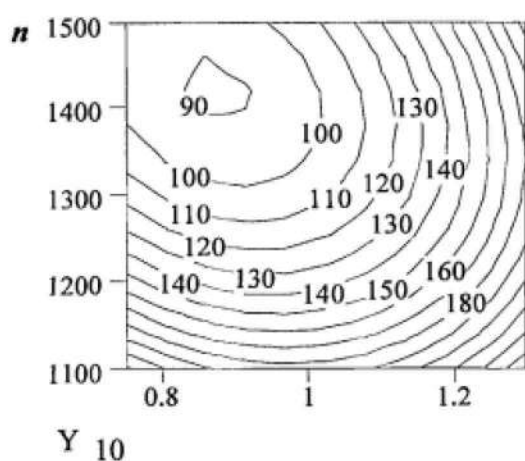
Множинний коефіцієнт кореляції для Y_{10} і Y_5 складає $R=0,97414; 0,99536$ дані F -Теста = $0,923282; 0,986361$ відповідно. Подана модель адекватно описує досвідчені дані.

Наведено двомірні перерізи поверхонь (рис. 4.5), що дозволяють зробити такі висновки. Для отримання нерівномірності суміші $v = 10\%$ мінімальні витрати

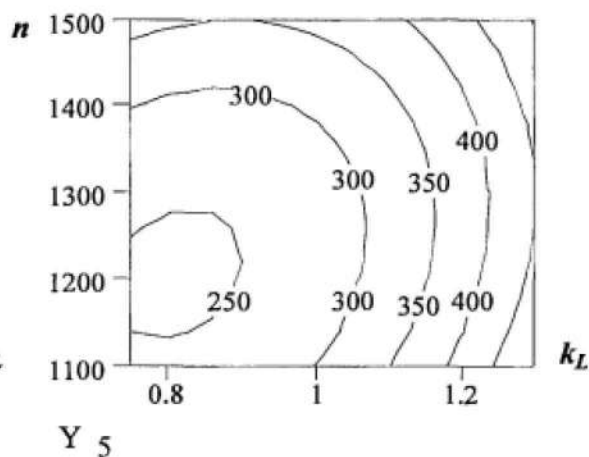
					КРМ.133ГМмз_21.04.000 ПЗ	Аркуш
						67
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

енергії (рис. 4.4, а) спостерігаються при збільшенні частоти обертання мішалки змішувача $n = 1500 \dots 1400 \text{ хв}^{-1}$ і коефіцієнт довжини лопаті $k_L = 0,9$ ($Y_{10} = 90 \text{ кДж/кг}$).

При впливі частоти обертання робочого органу n та кількості лопатей z_M (рис. 4.5, в) збільшення яких зменшує енергоємність до $Y_{10} = 100 \text{ кДж/кг}$, при $n = 1400 \dots 1500 \text{ хв}^{-1}$ та $z_M = 6 \dots 7$ шт. Якщо ж розглянути вплив коефіцієнта довжини k_L та кількості лопатей z_M (рис. 4.5, д) можна сказати що мінімум енергоємності є за кількості лопатей $z_M = 6 \dots 8$ шт. і коефіцієнт довжини лопаті $k_L = 0,9$. При отриманні нерівномірності суміші $v = 5\%$ мінімум енергоємності $Y_5 = 250 \text{ кДж/кг}$ (рис. 4.5 б) спостерігається при коефіцієнті довжини лопаті $k_L = 0,89$ та зменшення частоти обертання мішалки змішувача до $n = 1230 \text{ хв}^{-1}$. Мінімальне значення енергоємності $Y_5 = 250 \text{ кДж/кг}$ (рис. 4.22, г) знаходиться при кількості лопатей $z_M = 6 \dots 8$ шт. з тією самою частотою обертання. При впливі на енергоємність змішування коефіцієнта довжини k_L та кількості лопатей z_M (рис. 4.5, д) видно чітке зменшення енергоємності при $z_M = 6 \dots 7$ шт. та $k_L = 0,89$.

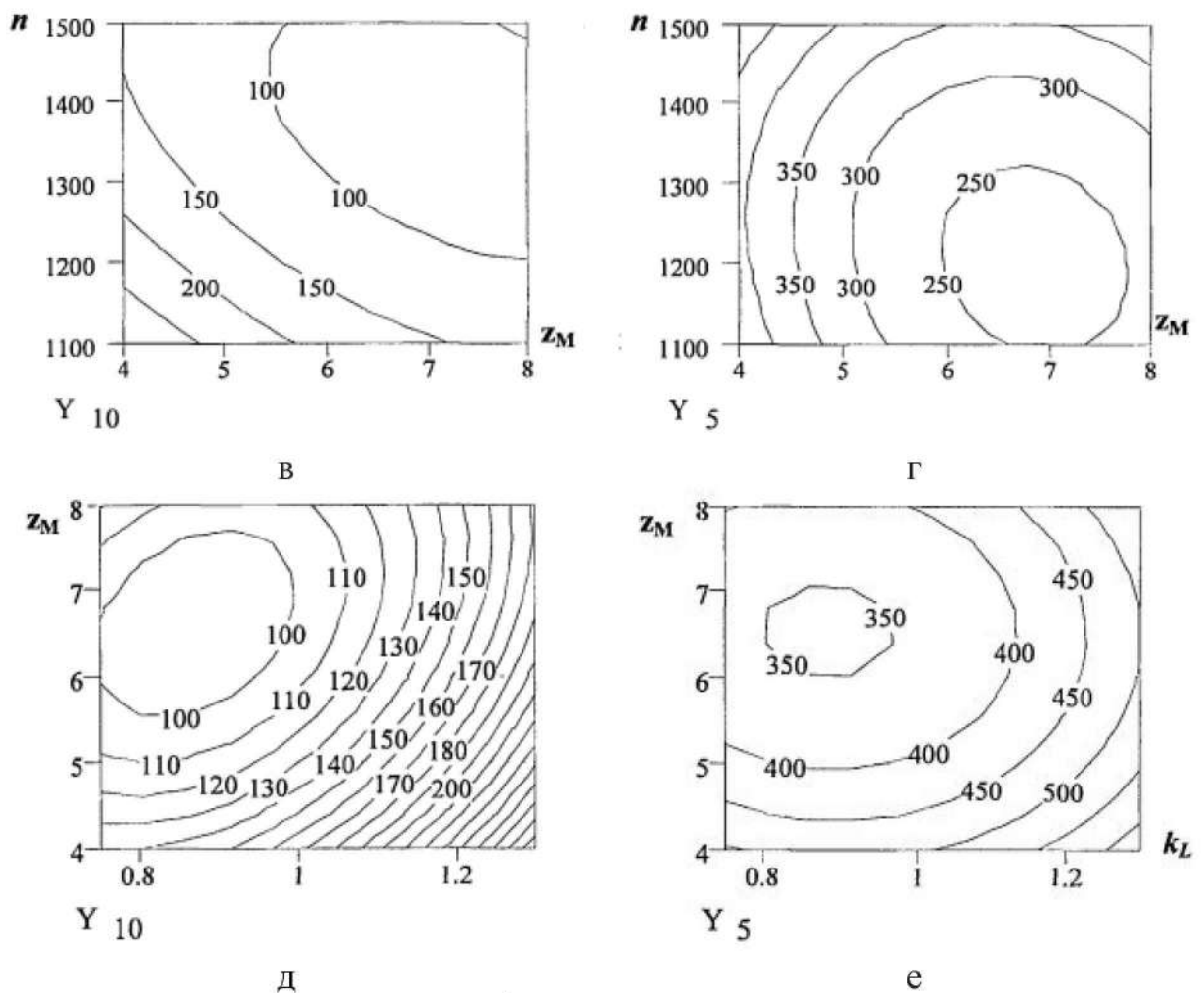


а



б

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



а, б – частоти обертання n хв^{-1} та коефіцієнта довжини k_L при $z_M = 6$ шт.; в, г – частоти обертання n хв^{-1} та кількості лопатей z_M шт. при $k_L = 0,9$; д, е – кількості лопатей z_M шт. та коефіцієнта довжини k_L при $n = 1500$ та $n = 1230$ хв^{-1} відповідно

Рисунок 4.5 – Графік впливу конструктивно-кінематичних параметрів мішалки змішувача на енергоємність змішування Y_{10} та Y_5 при нерівномірності суміші, відповідно $\nu = 10\%$ та 5%

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ

5.1 Актуальність проблеми безпеки людини у виробничому середовищі та при надзвичайних ситуаціях

В Україні виникають щорічно тисячі важких надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру, в наслідок яких гине велика кількість людей, а матеріальні збитки сягають кількох мільярдів гривень. Нині в багатьох

областях України у зв'язку з небезпечними природними явищами, аваріями і катастрофами обстановка характеризується як дуже складна [28].

Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях в умовах сільськогосподарського виробництва – важливе завдання, вирішення якого забезпечить нормальні умови праці працівниками сільського господарства. Це заходи по подальшому поліпшенню і оздоровленню умов праці, широкому впровадженню сучасних засобів безпеки, усуненню причин, що породжують травматизм, створенню на виробництві необхідних гігієнічних і санітарно-побутових умов.

Охорона праці в нашій країні охоплює заходи по подальшому полегшенні умов праці на основі механізації важких і шкідливих виробничих процесів, широкому впровадженню сучасних засобів охорони праці, усуненню причин, що породжують травматизм і професійні захворювання робітників. Вона тісно пов'язана з умовами праці [28].

Умови праці – характеризуються оціночними показниками мікроклімату, наявністю в робочій зоні шкідливих та небезпечних виробничих факторів, психофізичним та естетичними елементами діяльності працівників господарства

5.1.1 Небезпечні та шкідливі виробничі чинники

В процесі виробництва та змішування сипучих матеріалів в приміщеннях нагромаджується велика кількість пилу, який являє собою значну небезпеку відносно вибухів і пожеж, оскільки пило вітряна суміш в певній концентрації є дуже вибухонебезпечною. Найбільш вибухонебезпечною є суміш із розмірами частинок менше 70 мкм. Верхня межа вибухонебезпечної концентрації пилу, вище якої вибухи через недостатність кисню можливі, складає 2 кг/м^3 нижня межа, в залежності від виду пилу, складає $(7,6 \dots 271) \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$ [28, 29].

Тому при виробництві та змішування сипучих матеріалів важливе значення має процес знепилення, що виключає негативний вплив на працюючих. Для забезпечення знепилення при проектуванні виробництва комбікормів необхідно:

					КРМ.133ГМмз_21.04.000 ПЗ	Аркуш
						70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- встановити кожухи, що запобігають виходу пилу з простору машин;
- використати на стрічкових конвеєрах глибокі жолобчасті підпори;
- закрити отвори в норіях спеціальними кришками;
- за герметизувати всі тріщини, щілини і отвори в бункерах;
- на вагах, де зерно вивантажується партіями, використати внутрішній перетік, замість аспірації;
- горизонтальні поверхні й виступи в робочих приміщеннях, галереях й навісах, які накопичують пил, слід встановити під нахилом;
- вертикальні грубі стіни, на яких осідає пил, розгладити цементним розчином та пофарбувати емалевою чи епоксидною фарбою;
- підтримувати чистоту на робочому місці (товщина пилу не повинна перевищувати 0,3 мм – при цій товщині добре окреслюються відбитки взуття);
- встановити систему аспірації та інерційні циклони (тканинні фільтри), для вилучення пилу із повітря.

Також при виробництві та змішування сипучих матеріалів не менш негативним фактором для працюючих є шум та вібрація. Для виключення даних факторів, «шумні» машини необхідно:

- встановити на бетонному покритті з амортизованими опорами;
- розташувати на першому поверсі;
- використати гумові подушки;
- зробити канали мащення підшипників;
- постійно контролювати рівень мастила в редукторах.

При виробництві, в теплу пору року, утворюється значна кількість теплоти та вологи, яку необхідно вилучити із приміщення, для забезпечення необхідних санітарно-гігієнічних умов для працюючих. З цією метою необхідно скомпонувати вентиляційну систему в робочих приміщеннях.

Вібрація - загальнобіологічний шкідливий чинник, що призводить до фахових захворювань - віброзахворювань, лікування котрих можливо тільки на ранніх стадіях. Хвороба супроводжується стійкими порушеннями в організмі людини (опорно-руховий апарат, необоротні зміни в кістках і суглобах, зсуви в

					КРМ.133ГМмз_21.04.000 ПЗ	Аркуш
						71
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

черевній порожнині, нервово-психічній сфері). Людина частково або цілком утрачає працездатність. По способі передачі на людину вібрація підрозділяється на загальну і локальну. Загальна - діє через опорні поверхні ніг на весь організм у цілому. Локальна - на окремі ділянки тіла. Загальну поділяють по характері передачі на: транспортну (при прямуюванні машин); транспортно-технологічну (при виконанні роботи машиною прямуювання: кран, бульдозер); технологічну (при роботі механізмів і людина знаходиться поруч) [28, 29].

У автоматичних виробництвах захистом є дистанційне керування (виключає контакт). У неавтоматических виробництвах:

- Зниження вібрації в джерелах їхніх виникнень: підвищення точності опрацювання деталей; оптимізація технологічного процесу; поліпшення балансування.

- Відстрочка від режимів резонансу (збільшення жорсткості системи); вібродемпфірування (пружинні віброізолятори).

Поліпшення організації праці вібронебезпечних процесів: загальна кількість часу в контакті з віброобладнанням не повинно перевищувати зміни; одноразову дію не повинно перевищувати для локальної - 20 хвилин, для загальної - 40 хвилин.

5.2 Економічна ефективність

Показники економічної ефективності визначалися згідно з вимогами ГОСТ 23728-88, ГОСТ 23730-88, ГОСТ 23729-88, а також загальноприйнятими і галузевим методикам та нормативно-довідковим матеріалам [30]. Розрахунок економічних показників проводився для приготування сумішей на основі мікродобавок (вітамінів, мікро та макро компонентів), для подальшого внесення отриманої суміші до складу комбікормів-концентратів для великої рогатої худоби при обсязі стада сільськогосподарського підприємства у кількості 100 голів.

Економічні показники ефективності впровадження розробленого змішувач мікродобавок представлені в таблиці 5.1.

					КРМ.133ГМмз_21.04.000 ПЗ	Аркуш
						72
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.1 – Економічні показники ефективності від застосування змішувача мікродобавок

Показники	Базовий варіант змішувача	Запропонований варіант змішувача
Балансова вартість, тис. грн.	490000	365000
Кількість тварин, що обслуговуються, гол.	200	200
Маса машини, кг	62	45
Зниження матеріаломісткості, %	-	30,8
Експлуатаційна продуктивність, т/год	0,1	0,28
Збільшення продуктивності, %	-	34,6
Рівномірність змішування, %	92	96
Час змішування, хв	5	2
Частота обертання робочого органу, хв^{-1}	400	1500
Встановлена потужність електродвигунів, кВт	1,1	2,2
Енергоємність, кВт·год /т	11	14,3
Амортизація, грн.	61125,9	28130,3
Ремонт та технічне обслуговування, грн.	8820,9	4051,1
Заробітна плата, грн.	18520,1	12500
Річні експлуатаційні витрати, грн.	18539,1	8959,9
Зниження експлуатаційних витрат, %	-	51,7
Наведені витрати, грн.	22439,6	11210,4
Зниження наведених витрат, %	-	52,2
Річна економія, грн.	-	95798,3
Термін окупності, рік.	-	2,3

При порівнянні базового змішувача сипучих кормів з розробленим змішувачем мікродобавок, балансова вартість знижується на 125000 тис. грн., через що зменшуються витрати на амортизацію, технічне обслуговування та ремонт. Річні експлуатаційні витрати становлять 8959,8 грн. що в 2 рази менше ніж у змішувача базовий варіант. Маса змішувача мікродобавок на 17 кг нижче. Продуктивність проектного варіанта збільшується на 34,6% при рівномірності одержуваної суміші 96 %, а при рівномірності суміші 92% - 64% за рахунок зниження тривалості перемішування вихідних компонентів. Енергоємність проектного варіанта до досягнення нерівномірності суміші 10% скорочується на 5,6% з покращенням якості суміші тривалість змішування збільшується тим самим енергоємність перемішування зростає.

При використанні проектного змішувача мікродобавок у сільськогосподарському виробництві мікродобавок, лікарських препаратів, преміксу дозволяє отримати якісні продукти з рівномірністю суміші вище 95%, за порівняно короткий проміжок часу $T = 2$ хв. Експлуатаційні витрати зменшуються на 51,7%, наведені витрати порівняно із змішувачем СВ-10 знизяться на 52,2%, річна економія від використання змішувача мікродобавок становитиме 95798,3 грн. Термін окупності пропонованого змішувача складе 2,3 роки.

					КРМ.133ГМмз_21.04.000 ПЗ	Аркуш
						74
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Розроблена конструктивно-технологічна схема змішувача кормів та мікродобавок дозволяє за рахунок застосування ступінчастого змішування сухих компонентів в обсязі, що поступово збільшується, і швидкохідних робочих органів, порівняно з одноступеневим процесом перемішування, скоротити тривалість приготування суміші з 240-360 с до 80 с, зменшивши енергоємність перемішування на 56% при рівномірності суміші 92%.

Теоретично встановлено зусилля опору руху горизонтальної лопаті від матеріалу, що переміщається, мінімальні висота змішувальної ємності і кількість лопатей, а також енергоємність і тривалість перемішування порцій суміші. Аналітично виявлено вплив конструктивно-кінематичних параметрів на потужність приводу при перемішуванні матеріалу.

Поправочні коефіцієнти змінюються в межах: коефіцієнт гідравлічного опору ξ – 0,002 – 0,004; коефіцієнт параметру профілю окружної швидкості ψ_1 – від 1,43 до 1,73; коефіцієнт, що враховує рівномірність попередньої суміші K_v – від 0,14 до 1,0; K_e – від 41 до 378 (-103

Найменшу енергоємність та належну якість змішування забезпечують оптимальні конструктивно-кінематичні та раціональні технологічні параметри швидкохідного змішувача: частота обертання мішалки – 1400-1500 хв⁻¹, кількість лопатей – 6-7 шт., коефіцієнт довжини лопатей – 0,9; коефіцієнт діаметра лопатей – 0,024. Зменшення обсягу змішувальної ємності та зростання частки контрольного компонента скорочує тривалість перемішування. Приготування проміжної суміші з рівномірністю 80% та досягнення необхідної якості продукту на заключному етапі перемішування забезпечує зниження тривалості обробки у 2-3 рази.

Змішувач забезпечує приготування порції суміші 5-6 кг при внесенні добавок щонайменше 0,5% від маси порції з рівномірністю суміші 95%. Внесення добавок у кількості 1% для рівномірності суміші 95% вимагає тривалість циклу змішування 150 с при енергоємності приготування суміші – 14,3 кВт-год/т. Для досягнення

					КРМ.133ГМмз_21.04.000 ПЗ	Аркуш
						75
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

рівномірності суміші 92% змішування триває 80 с, при цьому продуктивність змішувача – 0,28 т/год, енергоємність змішування – 10,3 кВт-год/т

Застосування швидкохідного змішувача мікродобавок ступінчастого типу при внесенні контрольованого компонента у кількості 1% за масою забезпечує продуктивність 0,15 т/год при рівномірності суміші 95%, дозволяє при однаковій енергоємності покращити якість (підвищити рівномірність) суміші з 92% до 95% (на 3%) та скоротити тривалість приготування суміші з 240-360 до 150 с, знизивши наведені витрати на 52%. Термін окупності змішувача становить 2,3 роки.

					КРМ.133ГМмз_21.04.000 ПЗ	Аркуш
						76
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		