

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ГЕОДЕЗІЇ, ЗЕМЛЕУСТРОЮ ТА АГРОІНЖЕНЕРІЇ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

д.т.н., професор

_____ Костянтин ДЯДЮРА

«__» _____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття другого (магістерського) рівня вищої освіти

Освітньої програми «Агроінженерія»

За спеціальністю 208 «Агроінженерія»

ОДНОРІДНІСТЬ ЗМІШУВАННЯ КОМПОНЕНТІВ КОМБІКОРМІВ РІЗНОГО ГРАНУЛОМЕТРИЧНОГО СКЛАДУ З ОПТИМІЗАЦІЄЮ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ УТВОРЕННЯ СУМІШІ

Науковий керівник: доцент, к.т.н.

_____ Ігор ДУДАРЕВ

Рецензент: гол. інженер, к.т.н.

_____ Денис СТОЙКОВ

Виконав здобувач денної форми навчання

Федір ЛАМБОВ

*Засвідчую, що кваліфікаційна робота містить
результати власних досліджень.*

Використання

*ідей і текстів інших авторів має посилання
на відповідне джерело.*

_____ **Федір ЛАМБОВ**

ОДЕСА – 2025

РЕФЕРАТ

Дана кваліфікаційна робота зосереджена на дослідженні та вдосконаленні технологічних процесів виробництва комбікормів. Основна мета полягає у покращенні етапу змішування компонентів, що сприятиме підвищенню однорідності кінцевого продукту. Увага приділяється формуванню якісної суміші з урахуванням гранулометричних показників, що є надзвичайно актуальною задачею у контексті сучасних потреб галузі кормовиробництва. У рамках роботи проведено ретельний аналіз економічного стану підприємства за останні три роки для виявлення ключових факторів, які впливають на ефективність його діяльності. Це дозволило сформулювати рекомендації щодо усунення недоліків та підвищення продуктивності. Особливий акцент зроблено на порівняльному аналізі між роботою існуючого змішувача та нового запропонованого технологічного рішення. У ході проведеного аналізу було розглянуто різноманітні показники розміру компонентів, що беруть участь у змішуванні, із врахуванням значень коефіцієнта варіації. Це дозволило всебічно оцінити вплив зазначених параметрів на процеси змішування. На основі отриманих результатів зроблено детальні висновки, які акцентують увагу на потенційних шляхах підвищення ефективності розробленої методики змішування. Особливу увагу у роботі приділено розділу, що стосується охорони праці. У ньому сформульовано комплексні рекомендації, спрямовані на поліпшення умов роботи персоналу, із особливим акцентом на підвищення рівня безпеки у всіх стадіях робочого процесу. Як важлива складова дослідження, у проєкті представлено детально опрацьований бізнес-план. Цей план не лише демонструє економічну обґрунтованість запровадження запропонованих технічних рішень, але й обґрунтовує доцільність їх практичного використання у виробничій діяльності підприємства, забезпечуючи фінансову та технологічну вигоду для подальшого розвитку.

Ключові слова: КОМБІКОРМ, ТЕХНОЛОГІЯ, ПОДРІБНЕННЯ, ЗМІШУВАННЯ, ВАРІАЦІЯ,

ЗМІСТ

Реферат.....	
ВСТУП.....	
1.ЕКОНОМІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ГОСПОДАРСТВА.....	
2.ХАРАКТЕРИСТИКА КОРМОВРІ БАЗИ.....	
2.1 Види кормів та їх характеристики.....	
2.2 Поживні компоненти комбкормів та їх класифікація.....	
2.3 Білкові компоненти комбікормів та рецептура.....	
3. ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРИНЦИПИ ОБРОБКИ СИРОВИНИ.....	
3.1 Загальні вимоги.....	
3.2 Основні виробничі процеси.....	
3.3 Опис операцій.....	
4. АНАЛІЗ ЗМІШУВАННЯ.....	
4.1 Опис технологічного процесу	
4.2 Результати досліджень.....	
5. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	
6, БІЗНЕС-ПЛАН.....	
ВИСНОВКИ.....	
Список літератури.....	

ВСТУП

Механізація виробничих ланок та впровадження індустріальних підходів у сферу виготовлення кормів спричинили докорінні трансформації, відчинивши шлях до цілого спектру зисків, котрі забезпечують піднесення динаміки роботи та виходу продукції. Серед ключових здобутків виокремлюється вдосконалений нагляд за термінами виконання робіт, що дає змогу підприємствам гнучко впорядковувати операції та зменшувати ймовірність прорахунків. До того ж, це посприяло уніфікації кінцевих виробів, завдяки чому налагодився суттєво кращий моніторинг якості, що гарантує відповідність жорстким галузевим стандартам. Сьогодні суб'єкти господарювання мусять неухильно пристосовуватися до ринкових коливань та запитів, впроваджуючи передові рішення, модернізуючи наявні технічні засоби та організаційні методи з метою оптимізації виробничої віддачі. Успішний розвиток ринкових відносин, котрий особливо загострився протягом останніх десятиліть, та зростаюча конкурентна боротьба ставлять перед виробництвом кормів завдання розширювати асортимент, паралельно займаючись комбінаціями інгредієнтів, що стають дедалі заплутанішими. Базові вимоги до сучасних кормів тепер конче мусять включати гарантування їхньої безпеки та високої поживності, а також орієнтацію на мінімізацію залишків після переробки. Це багатогранне завдання виходить за межі суто технічних аспектів — воно охоплює стратегічне планування створення раціонів, що ідеально відповідають біологічним потребам тварин різних груп та вікових станів. Поряд з цим, галузь дедалі рішучіше схиляється до принципів екологічної стійкості, що тягне за собою відповідальне використання природних ресурсів. Отже, акцент зміщується не лише на формування високорезультативного харчування для худоби, а й на збереження довкілля, що набуває критично важливої ваги у світовій економіці [3,7,11].

Аби виробити найбільш підходящі раціони, нинішні виробничі системи спрямовують зусилля на покращення хімічного складу, фізичних параметрів

та харчової цінності кормових сумішей. Подібний вектор розвитку має багато у спільному із практиками, що впроваджуються у харчовій індустрії. На додачу до базових механічних дій, як-от просіювання, помел чи зневоднення, заводи частіше інтегрують більш комплексні технологічні етапи. Першочергова задача таких кроків, подовжити період використання продукту, підвищити ступінь його засвоєння організмом та зробити його більш привабливим на смак. Період придатності, це часовий проміжок, упродовж якого кормова продукція зберігає свої характеристики щодо мікробіології, сприйняття (сенсорики) та харчової цінності, якщо умови зберігання відповідають нормативним вимогам. Для збереження цих важливих параметрів залучається низка технологічних рішень. До них належить: ідентифікація критичних точок контролю (КТК), термічна обробка високими температурами, спеціалізовані методи консервації, запровадження передових пакувальних рішень, а також застосування захисних або стримуючих речовин. Виконання цих кроків гарантує збереження доброякісності та високої якості кормів протягом усього відведеного їм строку зберігання. Далі буде детально проаналізовано головні стадії виробничої лінії на підприємстві з виготовлення комбікормів, а також ключові технології, що застосовуються для обробки кормів [3,7].

Ці операції спрямовані на досягнення оптимальних фізичних і хімічних властивостей продукту, максимально пристосованих до харчових і поведінкових потреб тварин, незалежно від того, чи це сільськогосподарські тварини, чи домашні улюбленці.

2.ХАРАКТЕРИСТИКА КОРМОВОЇ БАЗИ

2.1 Види кормів та їх характеристики

Раціон для худоби , це значно більше, аніж просто мікс різних складників; це продукт доволі заплутаного виробництва, де критично важливим є суворий нагляд за якістю кінцевого товару. Функціонування сектору виробництва кормів надзвичайно сильно спирається на залучення побічних продуктів, що виникають після переробки харчових продуктів. З огляду на це, ідеологія циклічної економіки стає наріжним каменем усієї цієї діяльності. У світлі зазначеного, галузь тваринного харчування зобов'язана керуватися етичними нормами, запроваджуючи практики, які гармоніюють із завданнями сталого розвитку, економічної доцільності, екологічної обачності та соціальної відповідальності. Термін "корм" у його розширеному розумінні охоплює будь-яку їжу або окремі елементи, що слугують для живлення тварин. Цей опис включає надзвичайно широкий спектр продукції: від первинної сировини, придатної до використання безпосередньо (як-от кормові культури), аж до цілісних комбікормів, розроблених спеціально для задоволення унікальних дієтичних вимог.

Змішані корми – це спеціально сконструйовані поживні суміші, які складаються із щонайменше двох різновидів складників. Такі сукупності можуть бути збагачені специфічними добавками або обходитися без них. З огляду на їхній склад і призначення, змішані корми класифікують на декілька основних груп:

1. Корми-добавки. Це особлива група харчів, що вирізняється винятково високим вмістом певних життєво важливих елементів або субстанцій. Однак, вони самі по собі не здатні забезпечити повний спектр усього необхідного для життєдіяльності, отже, їхня роль є лише допоміжною. Зазвичай, такі корми комбінують із іншими типами харчування, зокрема з об'ємними кормами чи зерном. При цьому процес змішування має відбуватися під наглядом експерта-дієтолога та відповідно до його приписів, щоб раціон відповідав потребам конкретної групи чи вікової категорії тварин. Як приклад такої групи можна навести мінеральні підживлення, які вносять для задоволення специфічних потреб у мікро- та макроелементах.[3]

2. Збалансовані (повноцінні) корми. Корми даного типу розробляються з метою цілкового та гармонійного задоволення всіх потреб організму тварини в нутрієнтах, відповідно до її виду, віку та етапу дорослішання чи відгодівлі. Шляхом точного розрахунку харчових складових можливо створити рецептуру, яка охоплюватиме абсолютно все необхідне – від протеїнів та ліпідів до вітамінних комплексів та мінеральних солей. Це дозволяє максимально зменшити потребу у додаткових преміксах чи інших кормах, суттєво спрощуючи організацію харчування великих стад.

3. Лікувально-профілактичні корми. До цієї категорії належать як корми-добавки, так і повнораційні суміші, що містять у своєму складі лікарські субстанції або препарати з профілактичною дією. Такі корми нерідко застосовуються у сфері ветеринарії для терапії чи запобігання різноманітним недугам у тваринного населення. Їхнє використання має відбуватися лише під неухильним контролем відповідних фахівців або ветеринарних лікарів.

Таким чином, варіативність кормів та коректна їхня класифікація дозволяють не просто покрити базові потреби тварин у харчуванні, але й ефективно контролювати їхній загальний фізичний стан та продуктивні якості, зважаючи на особливості індивідуального розвитку та умови утримання у кожному конкретному випадку.

Виготовлення збалансованих кормів для тварин посідає центральне місце у продовольчому циклі сільського господарства, безпосередньо впливаючи на якість кінцевої продукції, призначеної для споживання людьми. З огляду на це, сектор виробництва кормів, подібно до інших ланок харчової індустрії, мусить суворо дотримуватися усіх норм чинного законодавства, що стосуються безпеки харчових продуктів та охорони здоров'я населення. Ключова мета застосування таких кормів полягає у зміцненні гарантій безпеки харчових товарів та суттєвому підвищенні якісних характеристик продукції тваринництва.

Нормативно-правова база встановлює критерії для розмежування та категоризації різноманітних типів кормів, беручи до уваги велику кількість параметрів. До таких належить забезпечення тварин необхідним запасом енергії та нутрієнтів, виконання спеціальних призначень, а також унікальні властивості сировинних компонентів, що входять до складу суміші чи залучаються під час технологічної обробки.

Ці параметри слугують досягненню головної мети: гарантування благополуччя худоби та сприяння сталому, здоровому процесу продукування. Сировина, що походить із рослин чи тварин і призначена для годування худоби, відповідно до чинних норм права, має офіційну класифікацію або як корм, або як прямий продукт. Окрім того, правове регулювання передбачає систему класифікації, метою якої є якнайкраще задоволення щоденних нутритивних запитів тварин.

Добовий раціон конкретної тварини формується на основі середньої порції певного корму, яка потрібна для покриття її енергетичних та нутрієнтних запитів протягом доби. При цьому береться до уваги порода, вік, умови утримання та ступінь фізичної активності тварини, що допомагає

гарантувати надходження в її організм усіх необхідних елементів. Щодо джерел сировини для кормів або окремих складових раціону це, як правило, продукти рослинного чи тваринного походження, призначені для покриття харчових потреб тварин. Вони можуть постачатися як у первинному, свіжому чи законсервованому вигляді, так і після проходження певних етапів промислової обробки.

Дані речовини можуть бути як природного походження, так і синтетичними, містити чи не містити харчові підсилювачі. Ці продукти застосовуються для орального споживання тваринами, будь то у незміненому стані чи після певної підготовки. Вони також можуть слугувати складовими частинами для виробництва змішаних кормів або основою для введення добавок у складі попередніх сумішей.

З'єднання, що складаються принаймні з двох різних кормових складових, незалежно від того, чи є у них харчові покращувачі, призначені для орального споживання тваринами як основний або додатковий раціон. До цієї категорії також відносять молочні замінники, які надають молодняку (у сухому чи рідкому вигляді) заміну або доповнення до материнського молока. Повнораціонні комбіновані корми покривають усі щоденні потреби тварини завдяки точно вивіреному складу. Додаткові комбікорми мають підвищений вміст окремих компонентів, тому для забезпечення повної добової потреби їх необхідно комбінувати з іншими типами кормів.

Сюди ж, зокрема, входять корми мінерального походження, у яких частка сухого залишку після спалювання (неорганічної складової вихідної сировини) становить мінімум сорок відсотків. Важливо звернути пильну увагу на раціони, розроблені для задоволення специфічних нутрієнтних запитів. Ветеринарні дієтичні корми покликані задовольняти особливі харчові потреби тварин, чиї процеси засвоєння, всмоктування чи обміну речовин порушені або змінені незалежно від того, чи є це стан тимчасовим, чи вже незворотнім. Ці продукти є критично важливими для збереження добробуту тварин, оскільки їхній склад ретельно підібраний відповідно до унікальних вимог організму. Існує велике розмаїття таких раціонів,

призначених як для худоби, що використовується у сільському господарстві, так і для улюбленців-компаньйонів. Спектр їхнього застосування охоплює підтримку роботи серцево-судинної системи, нирок, печінки або стану шкірного покриву, вирішення проблем із системою травлення, зменшення ймовірності виникнення кетозу або ж допомогу в регулюванні маси тіла. Окрім того, вони сприяють регенерації функціонального стану та загальному поліпшенню здоров'я після збоїв у збалансованості живлення.

Дієтичні корми, які можуть бути як основними, так і додатковими, не містять у своєму складі медичних компонентів. Лікувальні корми, натомість, є особливим засобом введення ветеринарних препаратів для лікування тварин. Такі корми виготовляються виключно на основі рецепта, який видає ветеринар після ретельного огляду окремої тварини або групи тварин у господарстві. Виробництвом лікувальних кормів займаються лише спеціалізовані компанії, що мають відповідну ліцензію. Процес відбувається з дотриманням суворих норм, які забезпечують точне дозування та однорідну структуру продукту. Ветеринарний рецепт містить детальні інструкції щодо застосування, зокрема інформацію про дозування, тривалість лікування та періоди каренції перед використанням продукції тваринництва в харчовій сфері. Такі вимоги спрямовані на попередження залишків лікарських засобів у продуктах харчування, а також на забезпечення добробуту тварин і охорону навколишнього середовища. Створення лікувальних, збалансованих або допоміжних раціонів є значущою послугою, яку виробники надають аграріям, як правило, після консультації з фахівцем-ветеринаром. Ключова відмінність цього напрямку полягає у розробці кормів із заданими характеристиками, аби максимально точно їх адаптувати до потреб тварин. Такі властивості можуть бути націлені як на зміцнення здоров'я худоби чи птиці, так і зумовлені винятковими якостями та походженням використаних складників. Комбінація обраної сировини, разом із такими ознаками готового продукту, як рівень гідратації, консистенція чи фізична структура, уможливорює

формування широкого спектра видів кормів. Це, у свою чергу, детермінує їхню значимість стосовно забезпечення харчових вимог, привабливості для споживання тваринами, візуальної якості або економічної ефективності. Крім того, нормативно-правова база встановлює обмеження щодо застосування окремих компонентів та виробництва кормів, враховуючи специфічні умови, включаючи доступність необхідного постачання сировини, особливо рослинного походження, на ринку.

Вимоги, що стосуються органічних кормів, охоплюють як підходи до виробничих процесів, так і критерії до сировини, котра може бути отримана як із рослинних, так і з тваринних джерел, а також будь-яких домішок. Увесь етап формування органічних раціонів підлягає скрупульозному аудиту з боку незалежних структур, відповідальних за сертифікацію продукції відповідно до актуальних правових актів і державних стандартів. Дана процедура поширюється також на імпортні поставки з держав, що не входять до ЄС, моніторинг яких здійснюється призначеними компетентними органами. Такі кормові продукти зобов'язані відповідати жорстким нормам, закріпленим у відповідних регуляторних документах. Окрім того, значної уваги заслуговує питання маркування: воно мусить відповідати встановленим правилам, аби забезпечити кінцевого споживача правдивою та повною відомістю щодо складу. Корми, які містять дозволені до застосування у Європейському Союзі генетично-модифіковані організми, допускаються до використання як у харчовій промисловості для людей, так і у виробництві тваринницької продукції. Перш ніж стати допущеними, кожна ГМО проходить глибоку наукову оцінку від Європейського органу з безпеки харчових продуктів (EFSA), яка підтверджує їхню нешкідливість та визначає обов'язкові параметри для подальшого екологічного нагляду.

Виготовлення фуражу, до складу якого входять ГМО або продукти, отримані з їх використанням, зобов'язане відповідати нормам, встановленим Регламентами Євросоюзу, і обов'язково мати чітке маркування. Рішення щодо застосування генетично модифікованої сировини як правило

диктується специфічними потребами. Для тварин, залучених у харчовій промисловості, корми здебільшого виготовляються у сухому стані, представлені чи то у вигляді помелу, чи то у формі гранул або кришених фракцій. Натомість, різноманітністю текстури, яка залежить від вмісту вологи, і представлені широким спектром конфігурацій: це можуть бути гранули, м'ясна маса (паштети), спеціальні смаколики, закуски, рідкі страви (супи), вироби для тривалого жування, випічка або пластівці. Їхня категоризація здійснюється відповідно до рівня вологості, поділяючи їх на сухі, напіввологі та рідкі продукти.

Пелети харчування для звірів становлять значну складову раціону. Як правило, вологість у них не більша за 12 відсотків, інколи й менше. Це наслідок як вроджених властивостей рослинної основи, так і методів виробництва. Такі раціони також вельми поширені серед їжі для улюбленців. Водночас, для певних тварин сухий тип корму, виконаний як гранули, крекери чи маленькі закуски, є найбільш типовим через специфіку виробничих етапів.

Консервований раціон, це розроблене спеціально харчування для домашніх тварин, що постачається у вигляді продуктів, законсервованих у тарі. Зазвичай це жерстяні банки, невеликі пакети чи невеликі ємності. Цей варіант корму характеризується значною кількістю води, сягаючи приблизно 70-80 відсотків, що особливо імponує живим істотам. У складі консервованого корму інколи можна зустріти як сирі, так і ті, що пройшли певну обробку, складові рослинного походження. Проте, домінуючу частку таких раціонів займають складові тваринного походження, котрі є джерелом життєво важливих нутрієнтів для видів, що є суто м'ясоїдними, наприклад, котів. Окрім харчової значущості, цей тип корму пропонує й інші позитиви: він покращує апетитність меню тварини та дарує більше насолоди від споживання їжі завдяки варіативності консистенції та запаху. Рідкий корм це специфічний тип харчування, розроблений головним чином для задоволення унікальних потреб молодих тварин, як-от телята чи ягнята, а також домашні компаньйони, скажімо, собаки. Зазвичай, рідкі корми

застосовуються як заміна материнському молоку, коли воно недоступне або його обсягу бракує. Через свою високу енергетичну цінність, ці корми створюються за ретельно вивіреними рецептурами для стимулювання здорового набору ваги та правильного становлення організму тварини. Суттю такого харчування є гармонійне поєднання протеїнів, ліпідів, що легко засвоюються, та вітамінних комплексів, котрі точно відповідають вимогам певного таксону та стадії розвитку.

2.2 Поживні компоненти комбикормів та їх класифікація

Розведення свиней посідає домінантне місце серед напрямків тваринництва, адже постачає людям важливі продукти харчування: м'ясо, смалець та внутрішні органи. Ефективність одержання свинини значною мірою залежить від раціонального засвоєння нутрієнтів, які входять до складу повнораціонних комбінованих кормів. Нинішні раціони для свиней вимагають точного балансування щодо енергетичного потенціалу, концентрації протеїнів, амінокислотних складників, вітамінів і мінеральних сполук, з метою досягнення найвищих показників продуктивності худоби. Нутрієнтні складові комбикормів поділяються на первинні групи: енергетичні, протеїнові, мінеральні, вітамінні та біологічно активні агенти. До енергетичних компонентів зараховують вуглеводи, ліпіди та певною мірою білки, котрі забезпечують організм енергетичним потенціалом, життєво необхідним для збільшення маси та репродуктивної функції. Протеїни слугують головним джерелом амінокислот, які є будівельними елементами клітин організму та задіяні у процесах створення ензимів і гормональних речовин. Мінеральні речовини як ті, що потрібні у великих, так і у малих кількостях регулюють водний та електролітний гомеостаз, сприяють мінералізації скелета та підтримують загальний обмін речовин. Життєво важливі речовини, відомі як вітаміни, є ключовими для належної роботи ферментних комплексів та зміцнення захисних сил організму худоби. Основу енергетичного забезпечення свинячих раціонів, що складаються із комбикормів, становлять злакові культури, зокрема ячмінь, маїс (кукурудза), пшениця, овес та тритикале. Кукурудза виділяється

найбільшим вмістом засвоюваної енергії (орієнтовно 13,5 мегаджоулів на кілограм) та відмінною засвоюваністю поживних речовин. Ячмінь та пшениця не лише надають енергію, але й вносять значний вклад протеїновими елементами, маючи при цьому вигідну структуру своїх крохмалів. Застосування вівса є дещо стриманим через високий відсоток клітковини, проте він усе одно вважається цінним інгредієнтом для годівлі молодих свиней.

\

Таблиця 1. Хімічний склад основних зернових культур (на 1 кг сухої речовини):

Культура	Обмінна енергія, МДж	Сирий білок, %	Клітковина, %	Крохмаль, %
Кукурудза	13.5	9	2	70
Ячмінь	12.1	11	5	60
Пшениця	13.0	12	3	65
Овес	11.0	10	10	45
Тритикале	12.5	13	4	60

3. Білкові компоненти комбікормів та рецептура.

Протеїни складають основу для постачання свиням незамінних амінокислот, зокрема лізину, метіоніну, треоніну та триптофану, які мають першочергове

значення. Головними постачальниками протеїну слугують шроти (отримані з сої, соняшника, ріпаку), макухи, борошно рибного чи м'ясо-кісткового походження, а також дріжджові культури.

Таблиця 2. Поживна цінність білкових компонентів комбікормів:

Компонент	Сирий білок, %	Обмінна енергія, МДж/кг	Особливості
Соевий шрот	44	12.5	Високий вміст лізину, добре засвоюється
Соняшниковий шрот	36	10.8	Високий вміст клітковини
Ріпаковий шрот	34	11.0	Містить глюкозинолати, обмежують введення
Рибне борошно	60	13.0	Джерело метіоніну, підвищує прирости

Таблиця 3. Рецепт комбікорму для поросят (до 30 кг живої маси):

Компонент	Вміст, %
Кукурудза	40

Ячмінь	25
Пшениця	10
Соевий шрот	15
Рибне борошно	5
Мінерально-вітамінна добавка	5

Таблиця 4. Рецептūra універсального комбікорму:

Компонент	Вміст, %
Ячмінь	40
Кукурудза	35
Пшениця	10
Соняшниковий шрот	10
Мінерально-вітамінна добавка	5

Таблиця 5. Рецептūra комбікорму для супоросних свиноматок:

Компонент	Вміст, %
Ячмінь	30
Пшениця	25
Овес	15
Соняшниковий шрот	15
Крейда, сіль, премікс	5
Борошно трав'яне	10

--	--

\

3. ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРИНЦИПИ ОБРОБКИ СИРОВИНИ

3.1 Загальні вимоги

Виготовлення харчу для худоби та свійської птиці – це вкрай нетривіальне, ретельно продумане й багатоступеневе залучення, що виходить далеко за межі простого механічного змішування компонентів. Відправною точкою служить скрупульозна фаза формування рецептури. Тут беруться до уваги не лише фундаментальні основи нутриціології, а й накопичена роками експертиза компанії у цій сфері. Саме на цьому етапі залучаються профільні ветеринарні дієтологи, які розробляють раціон, спроможний повністю забезпечити усі життєві потреби організму у вітамінних комплексах та необхідних нутрієнтах. Спираючись на передові наукові здобутки та результати останніх експериментальних досліджень, експерти створюють ідеально зважену формулу, яка враховує специфічні фізіологічні вимоги певної групи тварин. Формула дієти модифікується відповідно до таксономічної приналежності, вікового періоду, рівня активності та навіть

етапу життєдіяльності, чи то період інтенсивного росту, чи фаза підвищеної віддачі, або ж спрямування на довготривале збереження життєздатності.

Приділяється максимальна значущість тому, щоб кінцевий продукт відповідав чинним харчовим стандартам та неухильно дотримувався встановлених нормативами. Більше того, увесь цикл виробничого процесу протікає згідно з жорсткими протоколами щодо запровадження конкретних видів сировини та функціональних добавок. Це запорука того, що будуть враховані унікальні потреби кожної зоологічної одиниці та їм гарантується найвища якість харчування. Подібна розбудова системи є критично важливою, оскільки вона не лише сприяє підтримці відмінного стану здоров'я, але й допомагає досягти пікових показників продуктивності без жодних негативних наслідків для фізіології. Завдяки впровадженій комплексній системі моніторингу та коригування, гарантується, що фінальний продукт стане життєдайним джерелом енергії, стійкості та загального добробуту для відповідної популяції тварин.

Невід'ємною частиною цього механізму є придбання складників, які мають вирішальне значення для виробництва корму, що відповідає стандартам якості та безпеки. На спеціалізовані заводи з виробництва комбікормів щоденно прибуває спектр елементів: починаючи від основної сировини, до преміксів та різноманітних домішок. Доставка здійснюється автотранспортом чи залізничним шляхом, причому матеріали надходять як навалом, так і у великій фасовці, мішках чи герметично запакованих ємностях різної місткості. Компоненти, доставлені насипом, вивантажують у спеціальні приймальні ємності, а звідти вони переміщуються у сховища (силоси) за допомогою передових механізмів або завдяки пневматичному транспортуванню. Подібний методичний завантажувальний процес гарантує збереження матеріалів у належному стані до моменту їх наступної переробки. Водночас, домішки та інші допоміжні компоненти утримуються окремо, переважно у мішковій тарі, на спеціально облаштованих складських ділянках. По прибутті кожної партії сировинного матеріалу, вона підлягає ретельній інспекції. Першим етапом є точне вимірювання ваги партії, а

потім і відбір показових проб, що виконується за допомогою автоматизованих приладів для забору проб чи вручну. Ці зразки направляються для аналізу у режимі реального часу, що дозволяє визначити якість продукту та забезпечити відповідність встановленим вимогам здоров'я і безпеки. Таким чином, весь процес ретельно контролюється на кожному етапі задля створення продукту найвищої якості.

3.2 Основні виробничі процеси.

Виробничий процес охоплює низку основних фаз, протягом яких усі складові проходять процедури попереднього оброблення, точного дозування та комбінування. Кінцева ціль, досягнення абсолютно гомогенного кінцевого продукту, який потім зможе бути підданий механічному або температурному впливу для оптимізації характеристик корму. Критичне значення має етап подрібнення, що забезпечує формування в кормі частинок однакового калібру. Це, у свою чергу, гарантує рівномірність утвореної суміші на подальших кроках та підвищує зчеплення гранул, одночасно оптимізуючи витрати електроенергії млина. Подрібнюються виключно гранульовані складники; інші компоненти вводяться безпосередньо під час етапу змішування. Найчастіше для цього задіюється дробарка ударної дії (молотковий млин), число яких варіюється відповідно до потужності виробничого вузла. Першочергово, вихідна сировина прямує із сховища (силосу) через шнековий транспортер, розміщений у нижній частині. До того, як потрапити у робочу зону помелу, ці матеріали проходять етап очищення від сторонніх включень: феромагнітні забруднення усуваються за допомогою магнітних сепараторів, а значні предмети, як-от каміння, виводяться за допомогою спеціального повітряного сепаратора для каменю.

Подрібнення відбувається завдяки зворотно-обертовим молоткам, зафіксованим на роторних дисках, котрі крутяться зі швидкістю від півтори до трьох тисяч обертів за хвилину. Саме ця швидкість визначає ступінь інтенсивності подрібнення. Можливе також використання зустрічних молотків, розташованих між основними молотками та диском. Завдяки

потужному повітряному напору, що формується у камері млина, відбувається виведення твердих включень та транспортування подрібнених фракцій із зони подрібнення, щойно вони досягнуть потрібного розміру. Захоплене повітря відокремлюється від частинок шляхом проходження через фільтр під молотками та очищується за допомогою системи подачі стисненого повітря під тиском шість-вісім бар. В нижній частині агрегату інтегровано шнекове обладнання для виведення відходів подрібнення. Безпеку додатково підсилюють роторні запірні елементи, які регулюють циркуляцію повітря в системі, не допускаючи небажаного змішування чи відриву робочого матеріалу.

Процедура дозування являє собою відрегульовану подачу та розподіл сировинних мас, що відбувається з огляду на габарити початкового матеріалу та дані, отримані з тензометричних датчиків. Метою цього процесу є кристалево точне зіставлення необхідної кількості кожного компонента, що зумовлено специфічною формулою живлення, розробленою для певної категорії тварин. У процесі компаундування сумішей, котрі містять різнорідні субстанції та відмінності у розмірності часток (наприклад, основні інгредієнти, напівфабрикати чи добавки), вимоги до точності відмірювання значно різняться. Це обумовлено суттю компонента, що підлягає зважуванню чи є він основним (макроеlement), чи другорядним (мікроеlement). З огляду на ці варіації, застосовується різноманіття зважувального обладнання, кожне з яких володіє унікальними характеристиками щодо швидкості роботи та чутливості вимірювання. За методом визначення маси, зважувальні системи поділяються на ті, що працюють за об'ємом, та гравіметричні.

Завдання змішування полягає у формуванні абсолютно однорідної структури фінального продукту, де рівномірність розподілу усіх складових є ключовим індикатором високої якості. Це, своєю чергою, забезпечує, що раціон, призначений для споживання худобою, містить повний спектр життєво важливих нутрієнтів, що й визначає його поживну вартість.

Аби втілити це завдання, застосовують мішалки двох різновидів: ті, що працюють вертукально, і ті, що працюють горизонтально, причому останні набули найбільшого поширення на практиці. Критично важливими для досягнення належної ефективності змішування є такі моменти, як час, відведений на процес, та темп завантаження матеріалів. Ці аспекти чинять прямий вплив на виробничу спроможність компанії, особливо беручи до уваги те обставину, що зазвичай в роботу залучається лише одна одиниця змішувального обладнання.

3.3 Опис операцій

Процедури технологічної обробки застосовні як на етапі попередньої підготовки вихідної сировини перед її змішуванням, так і для оброблення вже отриманої маси після цього етапу. Способи оброблення кормів варіюються за рівнем технологічної насиченості від елементарних до доволі заплутаних, що визначається поставленою фінальною метою. Основні цілі застосування таких методик можуть включати вдосконалення санітарно-гігієнічних показників, збільшення рівня харчової корисності чи покращення органолептичних якостей продукту для споживання тваринами. Процес екструзії є одним із видів гідротермічної обробки, під час якої відбувається зростання тиску до рівня 20-40 барів, а температурні показники можуть сягати 80-130 градусів Цельсія. Вся ця операція займає лічені секунди, що свідчить про її високу швидкість та продуктивність. Як правило, цей підхід використовується як попередній етап перед гранулюванням. Сушіння це процес вилучення вологи з вихідного матеріалу, що здійснюється завдяки природній дії або за допомогою штучних пристроїв, завдяки чому вміст води у кінцевому продукті суттєво знижується. Це, у свою чергу, кардинально продовжує термін придатності та допомагає зберегти первинну якість.

Екструдкування: це термічна обробка, яка протікає за ще більш інтенсивних температурних умов та тиску, ніж розпирання. Волога, присутня в шихті, миттєво перетворюється на пару під впливом тепла, спричиняючи розширення маси, що формується у певний профіль, проштовхуючись крізь

невеликий калібр (матрицю). Екструдувannya здобуло широке застосування у сфері виготовлення кормів для худоби та птиці, сприяючи підвищенню доступності крохмалю для травлення.

Кондиціювання (або пластівцювання): сировинні рослинні компоненти, такі як кукурудза, ячмінь, чи овес, піддаються дії підвищених температур і вологості з метою формування пластівців. Дана методика включає стадію первинного очищення (або, за потреби, видалення лушпиння), насичення зерна парою тривалістю від п'ятнадцяти до сорока хвилин при тепловому режимі вісімдесят-сто градусів Цельсія, подальше розплющення (інтенсивне пресування зерен для формування пластівцевої текстури) та фінальне осушіння продукту до рівня вологості у межах дванадцяти-тринадцяти відсотків.

Пелетування: це агротехнічна операція, сутність якої полягає у формуванні з обробленої кормової маси ущільненої, гомогенної субстанції, котру називають пелетами. Як правило, ці продукти набувають вигляду стрижнів циліндричної конфігурації, габарити яких вар'юються залежно від категорії та вікової групи худоби, для якої вони призначені. Подібна трансформація дає низку вагомих плюсів. А саме, процес пелетування забезпечує ущільнення корму орієнтовно на сорок відсотків, що суттєво оптимізує логістику та мінімізує транспортні витрати. Окрім того, зменшується пилоутворення при експлуатації, та покращуються умови зберігання кінцевого продукту. Етапність пелетування складається з кількох послідовних кроків. Насамперед, компоненти корму утримуються у невеликих ємностях (силосах) до моменту їх застосування. Далі, вони транспортуються за допомогою гвинтового механізму (шнека), який контролює обсяг подачі сировини і рівномірно відправляє її до пресуючого обладнання (гранулятора).

Наступним кроком є зведення компонентів купи разом, обробляючи їх парою у спеціалізованому обладнанні, а саме циліндричному змішувачі, котрий також іменують кондиціонером. Опісля, сформована маса перетікає до гранулятора для надання їй гранульованої форми. Варто зазначити, що

безпосередньо перед надходженням матеріалу до кондиціонера застосовують пристрій, що контролює інтенсивність потоку, який працює синхронно з частотою обертання двигуна подрібнювача.

Основоположною стадією є термічна обробка кормового складу парою, яку вводять безперервно у вигляді сухої пари. Завдяки автоматизованій системі контролю, що містить температурні датчики, підтримується необхідний температурний режим у діапазоні 40-95°C, відповідно до технологічної потреби конкретного етапу. Далі волога суміш проходить через магнітний фільтр, який усуває будь-які сторонні металеві включення, і прямує до перфорованого металевого кільця або обертючих робочих елементів (матриць), що надають майбутнім гранулам потрібний профіль.

Етап формування завершується прошиванням суміші під тиском крізь отвори цих матриць, завдяки чому отримуються циліндричні подовжені вироби. Наприкінці цього етапу гранули перерізаються двома ріжучими елементами на відміряну довжину, що гарантує отримання частинок однакового розміру.

Виготовлений товар, керований законами гравітації, прямує до спеціалізованого охолоджувального пристрою, де його скрупульозно висушують і планомірно охолоджують до необхідного градусу. У випадках, коли технологічний регламент того вимагає, гранули можуть пройти додаткове подрібнення за допомогою потужних спеціальних пристроїв, після чого продукцію пропускають крізь каліброване сито, щоб відокремити занадто дрібні фракції. Частинки, які не пройшли контроль за розміром, повертаються у виробничий цикл для повторного формування гранул, що мінімізує відходи та забезпечує найповніше використання первинної сировини. Теплова дія є ключовим елементом у загальній санації кормів, оскільки вона не тільки дезінфікує продукт від можливих загрозливих мікроорганізмів, але й суттєво зменшує концентрацію небажаних речовин, що перешкоджають засвоєнню, котрі часто присутні у рослинних

компонентах. Ці речовини можуть бути природними складовими певних рослинних складників раціону. Приміром, у сфері теплової обробки можна згадати термообробку насіння з високим вмістом олії, яка покращує як їхні харчові властивості, так і фізичні параметри. Специфіка температурних умов ретельно підбирається, беручи до уваги тип корму, його походження (чи це рослинна, чи тваринна основа), а також конкретні завдання, які стоять перед обробкою. Цей процес може бути реалізований у безперервному режимі, що гарантує високу продуктивність та швидкість, або у порційному (партійному) режимі для більш точного та індивідуалізованого опрацювання.

Останнім важливим кроком, який слідує за процесом грануляції, є охолодження фінального кормового продукту. Завдяки цьому етапу забезпечується довготривале зберігання, стійкість та зручність логістики готової продукції, що відповідає усім встановленим нормам якості та вимогам до технологічної досконалості.

Здрібнення та просіювання. Головна задача стадії подрібнення – це зменшення розміру великих гранул до дрібнішої фракції, що є більш зручним для споживання молодняком чи малими тваринами. Зазвичай для цього залучають дробарки, обладнані двома рифленими валками, що обертаються назустріч один одному. Ключовим моментом є коректне юстування обладнання на завершенні операції, щоб не допустити непотрібного повторного опрацювання маси. Відділення дрібних часток відбувається переважно шляхом проходження через сито.

Наповнювачи. На останньому етапі до корму вводяться рідкі компоненти, як-от жири, олії чи ензими, котрі рівномірно розподіляються по поверхні шляхом розпилення. Саме тут кристалізується остаточна рецептура кормової суміші.

Фасування та логістика. Після завершення виробничого циклу готова продукція готується до відвантаження та подальшої дистрибуції. Щодо

сипучих матеріалів, це включає пакування, обгортання та підготовку до зберігання. У цьому задіюються спеціалізовані ємності для тимчасового зберігання, лінії для завантаження продукції у мішки та механізми для укладання на піддони.

Розсипні корми тримають у спеціалізованих сховищах (силосах), з яких потім завантажують у вантажівки або цистерни для відправлення до господарств чи кінцевих споживачів. Проєкт резервуарів передбачає наявність роздільних секцій, що дає змогу зберігати й транспортувати різні партії товару незалежно одна від одної. На тих таки фермах цей корм механізованим способом вивантажують у призначені для нього ємності чи сховища, після чого він іде на годування худоби.

Щодо продукції, яку фасують, то комбікормовий завод має модернізований відділ пакування, де відбувається точне дозування та формування кінцевого продукту у відповідну тару. Пакувальна лінія гарантує, що порції продукту будуть завжди однакового об'єму. Товари, розфасовані різними обсягами, розміщують на піддонах (палетах), що значно спрощує їхнє складування та подальше транспортування до роздрібних мереж чи реалізаторів.

Сировина може доставлятися як у фасованому вигляді в мішках, так і насипом у вантажівках, які перед розвантаженням проходять процедуру зважування. Тверді сипучі матеріали, такі як зерно, перевозяться до підприємства у закритих транспортних засобах і спрямовуються до приймальних бункерів, звідки вони переміщуються до силосів чи резервуарів для зберігання. Інші порошкові сипучі сировини, до яких належать такі мінерали, як карбонат кальцію, монодикальційфосфат або хлорид натрію, доставляються цистернами та переважно через спеціалізовані шланги переміщуються безпосередньо до призначених силосів для подальшого зберігання. Рідкі сипучі матеріали, серед яких меласа, соєва олія, рослинні жири та амінокислоти, транспортуються також у цистернах і перекачуються до відповідних резервуарів для зберігання.

Упаковану тверду та рідку сировину утримують на складі заводу первинного пакування до моменту її використання у виробничих процесах. Розвантаженням матеріалів на об'єкті виробництва опікуються три основні техніки, причому вибір конкретної залежить від властивостей та агрегатного стану речовини. Якщо мова йде про матеріал, доставлений у тарі (мішках), його спочатку акуратно штабелюють для короткочасного зберігання, а потім робітники вручну пересипають вміст у робочі лійки (бункери), керуючись потребами поточного технологічного етапу. Щодо речей, що перевозяться насипом, метод вивантаження диктується їх фізичними властивостями. Наприклад, речовини твердої або подрібненої консистенції злакові чи відходи виробництва (мелені продукти) направляються у спеціально обладнані приймальні ями. У випадках, коли такі матеріали транспортуються автотранспортом із силосними надбудовами, застосовується пряме перекачування у зовнішні сховища-силоси для подальшої обробки. Окремий підхід застосовується до рідинних субстанцій: для них передбачено зливання безпосередньо у відповідні ємності для зберігання.

Стосовно логістики переміщення, то весь технологічний ланцюжок обладнано інтегрованими апаратами для руху сировини між різними стадіями циклу виробництва. Деякі з цих механізмів розроблені та відкалібровані відповідно до унікальних вимог даного виробництва. Практично на кожному пункті транспортування встановлено системи аспірації, які здійснюють очищення повітря за допомогою фільтруючих елементів. Це неабияк знижує обсяги шкідливих викидів в атмосферу та підтримує належну санітарію робочої зони.

Для переміщення сировинних ресурсів надзвичайно затребуваним є використання ковшових підіймачів, які спроможні ефективно доставляти матеріал вертикально вгору. Сировина може прибувати як у фасованому стані (у мішковій упаковці), так і без неї насипом. Перед початком вивантаження всі транспортні одиниці зобов'язані пройти процес

зважування. Це забезпечує коректний облік маси отриманої партії та унеможлиблює похибки при подальшому дозуванні чи обробці.

Сипка тверда сировина, така як зерно, доставляється на виробничий майданчик за допомогою закритого транспорту, після чого спрямовується до приймальних бункерів. Звідси вона надходить до силосів або резервуарів, призначених для її подальшого зберігання. Сипкі порошкові матеріали, на кшталт мінералів (кальцій-карбонату, монодикальційфосфату чи натрій-хлориду), транспортуються в цистернах і подаються через шланги безпосередньо в окремі силоси, пристосовані до їхнього зберігання. Рідка сировина, така як меласа, соєва або рослинна олія, а також амінокислоти, надходить в автоцистернах і перекачується в спеціальні резервуари для зберігання. Упакована тверда і рідка сировина зберігається на складі первинного пакування до її залучення у виробничий процес. Розвантаження сировини здійснюється трьома основними методами. Якщо постачання відбувається в мішках, сировину спочатку розміщують на складі, а згодом вручну переміщують у приймальні бункери залежно від виробничих потреб. Сипучі сухі інгредієнти, які є у формі помелу зернових культур або побічних продуктів, наприклад, борошна, зазвичай зсипаються у приймальні бункери. Якщо ж доставка здійснюється спеціалізованим транспортним засобом для перевезення сухих вантажів у автоцистернах, то ці матеріали одразу спрямовуються у зовнішні ємності для тривалого зберігання. Рідкі субстанції перекачуються насосами у спеціально обладнані резервуари, де вони чекають на своє використання. Усі складові надходять на стадію точного дозування згідно із заздалегідь визначеним рецептом.

Додаткові речовини, які застосовуються у виробництві, зокрема ветеринарні лікарські засоби, розроблені з урахуванням вимог ринку та побажань споживачів, доставляються у мішках та утримуються на складі з обмеженим доступом. Їхня порційна видача відбувається відповідно до технологічної інструкції. Рідкі аддитиви, у фінальній точці їхнього введення, проходять автоматичне очищення за допомогою води. Ця вода, що утворилася після

промивання, не втрачається, а спрямовується на наступний етап виробничого циклу змішування, стаючи частиною кінцевого складу.

Стадія змішування передбачає ретельне об'єднання зважених елементів у спеціалізованих змішувачах, що працюють періодично. Аби мінімізувати небезпеку небажаного контакту різних речовин та гарантувати дотримання виробничих норм, на об'єкті впроваджено принцип використання окремих змішувальних установок для кожного типу кінцевого продукту. Після завершення цього етапу, залежно від призначення товару, ми отримуємо або вже готовий виріб, що вирушає на фасування, або ж сировинний матеріал для подальшого процесу утворення гранул.

Якщо вироблений товар готовий до відвантаження, після змішування його оперативно переміщують зі змішувача до спеціальних ємностей або ж безпосередньо до автоматизованої лінії пакування. Там виріб належним чином готується до відправки клієнту, забезпечуючи дотримання всіх критеріїв якості протягом усього виробничого ланцюжка.

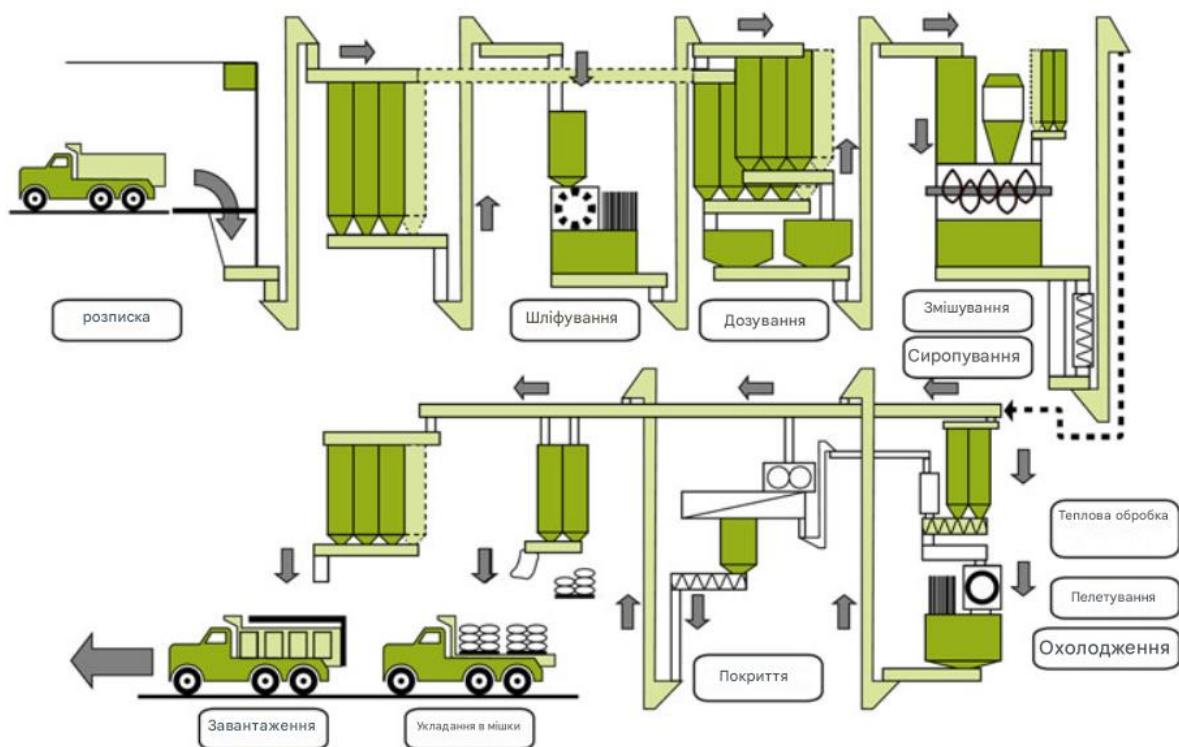


Рисунок 3.1- Технологічна схема виробництва кормів

Виробнича течія, що охоплює усі стадії , від первинної живильної обробки до випуску фінального товару, демонструє значну заплутаність організаційного устрою та вимагає колосальних витрат ресурсів. Для отримання однієї тонни кормової суміші потрібне залучення великих обсягів енергії: приблизно двадцять кіловат-годин електричної потужності та близько п'ятдесяти п'яти кіловат-годин теплової енергії. Ці цифри наочно свідчать про серйозний тиск на інженерне забезпечення установ та їхні енергетичні можливості, яке підтримується протягом усього технологічного ланцюжка роботи.

Умовно увесь виробничий відтинок часу можна розбити на вісім головних кроків. Перший етап — це прийом та огляд вхідного матеріалу, а далі йдуть дії з підготовки: очищення і відкладення на зберігання, перед тим як розпочнеться власне технологічна обробка. Фінальні кроки включають змішування інгредієнтів, етапи ущільнення для утворення гранул, зменшення розміру речовини до заданих параметрів, і завершуються все це введенням допоміжних складових перед фінальним пакуванням виробленого товару. Кожна з цих фаз є життєво важливою для гарантування належної кондиції корму, а міра їхньої точності напрямку впливає на стійкість кінцевого ефекту. Проте, найбільш інтенсивне споживання енергії зафіксовано саме у фазах гранулювання та подрібнення. Саме ці операції вимагають найбільшої кількості ресурсів і складають левову частку затраченої енергії з-поміж усіх технологічних процедур у секторі

тваринництва.



Рисунок 3.2-Технологічна послідовність виготовлення розсипних комбикормів для свиней.



Рисунок 3.3- Розширена лінія (з пелетуванням, екструзією та контролем)

Побудова міцного фундаменту для випуску високоякісних виробів неможлива без досягнення значної точності під час зважування, дозування й міксування компонентів. Центральним елементом успіху тут виступає скрупульозне встановлення пропорцій між окремими складовими, адже лише правильне співвідношення гарантує отримання очікуваного кінцевого ефекту. Ці операції потребують найвищої пильності та ретельності, бо від них прямо залежить, чи відповідатиме вироблений товар заданим

нормативам і технічним специфікаціям. Не меншого значення набуває процедура помелу або подрібнення початкових речовин, яка спрямована на зменшення фракції частинок і має вирішальне значення у підготовці сировини для наступних етапів виробництва. Подрібнення забезпечує надання продукту потрібної структури, що є критично важливим для оптимального перебігу подальших робочих стадій.

На етапі виробничого циклу першорядне значення здобуває операція змішування, котра відіграє одну з визначальних ролей у цілісному ланцюзі технологічних заходів. Саме тоді здійснюється скрупульозна інтеграція різнотипної вихідної сировини, куди входять основні складники, додаткові речовини та рідкі фракції. За допомогою передового високоточного апарату для змішування гарантується повне та злагоджене з'єднання усіх складових у заздалегідь визначеному порядку. Завдання цієї стадії полягає у досягненні абсолютно рівномірної консистенції кінцевого матеріалу, що слугує фундаментом для формування високоякісного та придатного до вживання корму. Як наслідок, цей кінцевий продукт задовольняє абсолютно всі вимоги щодо безпеки та функціональності, ідеально підходячи для раціону сільськогосподарських тварин. Успішна злагодженість кожного вузла технологічного шляху гарантує не лише належну якість, а й відповідність очікуваним експлуатаційним критеріям фінального виробу.

Далі у технологічній послідовності ключовим етапом є кондиціонування. У ході цього процесу сировинний матеріал, що здебільшого має вигляд подрібненої маси, піддається термічному впливу через подачу пари до спеціального апарату – кондиціонера. Така технологічна дія проводиться не лише з метою удосконалення фізико-механічних характеристик маси, але й для створення оптимального підґрунтя для подальшого формування гранул із розробленої суміші (пелетизації). Це дозволяє досягти формування стійкої структури та потрібних властивостей корму, що дає змогу отримати збалансований і тривалий у зберіганні продукт, який відповідає найсуворішим нормативам кормовиробництва. Порції кормів зберігаються у спеціально обладнаних сховищах (силосах), які є ключовими як для

тимчасового збору сировини перед головною переробкою, так і після завершення випуску кінцевого продукту. Подібне структуроване розміщення допомагає підтримувати безперервність та логічну впорядкованість функціонування комбікормового підприємства. Істотним моментом для зростання виробітної потужності служить інтеграція систем автоматичного керування у технологічний цикл, що суттєво покращує контроль на усіх без винятку стадіях виготовлення. Автоматизація дає змогу не лише здійснювати невинний та детальний нагляд за кожним кроком, але й гарантує раціональне залучення апаратури, що тягне за собою досягнення високих показників випуску та підтвердження найвищої якості фінальних кормів. Завод з виробництва комбікормів, що активно оперує передовими автоматизованими комплексами, відповідає найсучаснішим вимогам інноваційного виробництва, сприяючи ощадливому використанню матеріалів, скороченню часових витрат та відчутному збільшенню загальної віддачі усього технологічного циклу.

4. АНАЛІЗ ЗМІШУВАННЯ

4.1 Опис технологічного процесу

У процесі технологічної обробки кормових складників усі компоненти подаються до спеціалізованих бункерів за допомогою норії 1, яка забезпечує їх надійну та безперебійну передачу. Кожен інгредієнт проходить послідовну та ретельно налаштовану обробку на виробничій лінії, що відповідає затвердженій рецептурі і стандартам якості. Наприклад, пшениця, перш ніж потрапити на наступні етапи, направляється до сепаратора 2, де її очищають від різноманітних сторонніх домішок. Після цієї процедури зерно проходить через магнітну колонку 6, яка служить для вилучення будь-яких металевих частинок. З метою забезпечення багаторівневої безпеки процесу, магнітні колонки розміщуються як перед дробаркою 3, так і після неї. Що стосується ячменю та вівса, ці зернові обробляються в луцильній машині перед дробленням у дробарці 3. Цей етап дозволяє ефективно видалити квіткову плівку і підготувати сировину до подальшого використання. Лінія помелу оснащена сучасною системою магнітного захисту, яка додатково сприяє очищенню від небажаних домішок і підвищенню рівня безпечності продукції. Для просіювання трав'яного борошна та висівок використовують ситову машину 7, продуктивність якої залежить від структури відповідного матеріалу. Що стосується мінеральних добавок і шроту, їх спершу подрібнюють у спеціалізованому млині 5. Подрібнена маса проходить подальше просіювання через ситову машину 7, що дозволяє досягти необхідної консистенції готового продукту. Заключним етапом є перевірка магнітним захистом у колонці 6, що забезпечує кінцевий контроль якості обробленої сировини та виключає можливість потрапляння у виріб металевих фрагментів. Таким чином, кожний етап технологічного процесу ретельно продуманий і спрямований на досягнення максимальної ефективності та безпеки виробництва кормів.

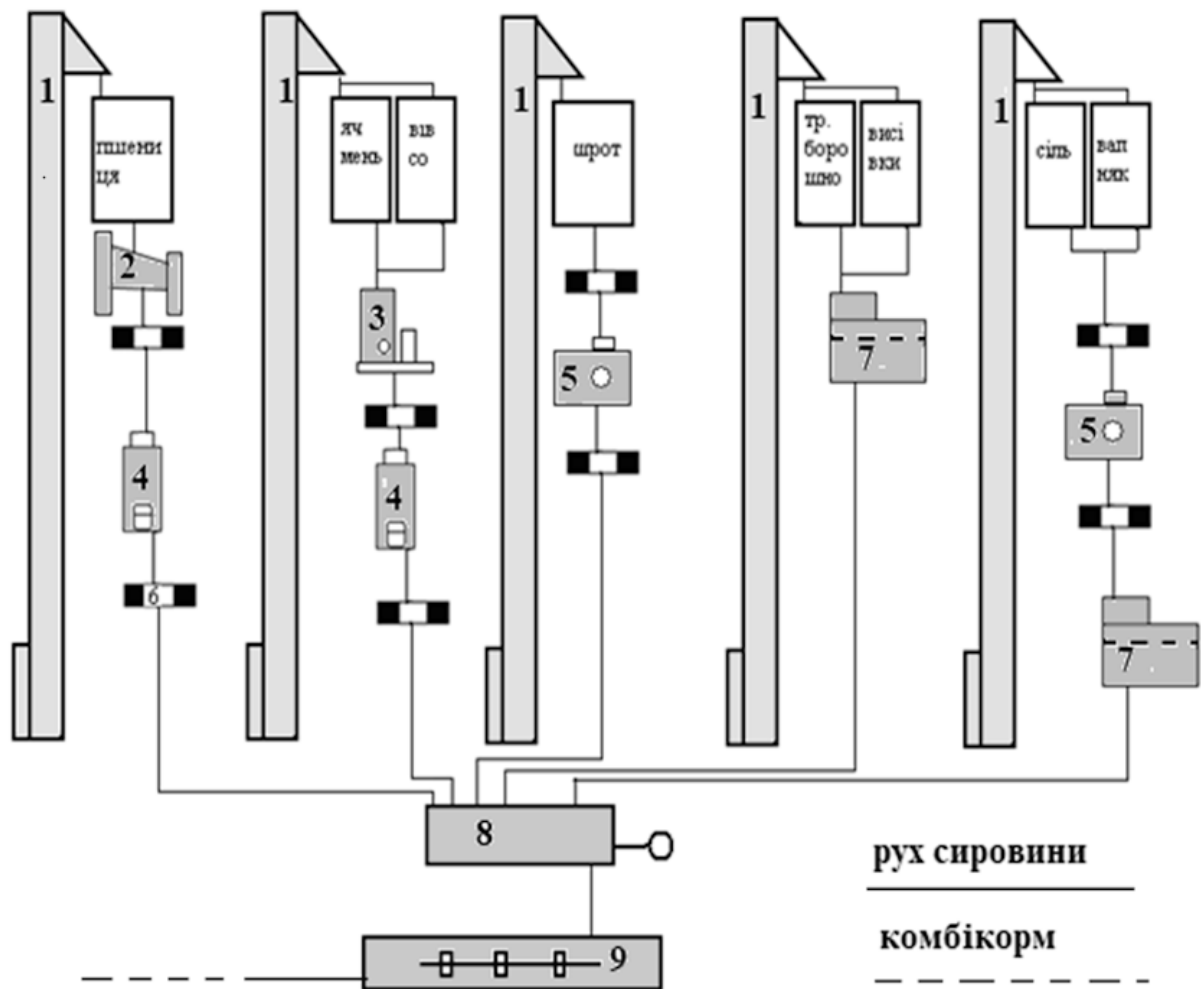


Рисунок 4.3- Технологічна схема виготовлення комбікормів : 1-елеватор; 2- сепаратор; 3- луцильна машина; 4- дробарна вальцева машина; 5- дробарна машина шроту; 6- магнітна колонка; 7- просіювальна машина ; 8- дозуючий пристрій; 9 –змішувач;

4.2 Результати досліджень.

Модель змішування поєднує дві прості компоненти:

- модель однорідності (з використанням коефіцієнта варіації CV) та модель сегрегації (індекс S). Це дозволяє аналізувати як швидко змішувальна система наближається до однорідності;
- та рівень сегрегації виникає через різницю в розмірах частинок.

Однорідність (CV):

$$CV(t) = CV_0 \exp(-k_{mix} \cdot t),$$

де $k_{mix} = k_0 / (1 + \alpha \cdot Var)$,

CV_0 -початковий CV,

k_0 – коефіцієнт базової константи змішування,

α - чутливість до дисперсії розмірів, mu^2

Сегрегація (S):

$$S(t) = 1 - \exp(-k_{seg} \cdot j \cdot t),$$

де k_{seg} - константа швидкості сегрегації,

J- середня різниця розмірів частинок у суміші.

Рух частинок у змішувачах обумовлений взаємодією гравітаційних, контактних, аеродинамічних та міжчастинкових сил. Вивчення цих процесів є ключовим для оцінки рівня однорідності сумішей, запобігання сегрегації та мінімізації зносу обладнання.

Для поведінки частинки записуються рівняння трансляційного і обертального руху :

$$m_i \cdot dv_i/dt = F_{ig} + F_{idrag} + \sum_j F_{ij} \{contact\} + F_i \{adh\},$$

$$I_i \cdot d\omega_i/dt = M_i \{contact\} + M_i \{rolling\},$$

де m_i - маса, кг

v_i - швидкість, м/с

I_i -момент інерції, $kg \cdot m^2$

ω_i - кутова швидкість, рад/с

Компоненти сил:

$$F_g = m_i g$$

g - гравітаційна сила, Н

Контактна модель (лінійна пружина-демпфер):

$$F_n = k_n \cdot \delta_n + \xi_t \cdot v_n, \text{ (нормальна складова)}$$

$$F_t = \min(k_t \xi_t + \xi_t \cdot v_n - \mu \cdot F_n) \text{ (тангенціальна, із критерієм Кулона),}$$

де δ_n -нормальна деформація, %

v_n -нормальна відносна швидкість, м/с

ξ_t -тангенціальна деформація,

μ - коефіцієнт тертя.

Аеродинамічні сили часто описують як:

$$F_d = 1/2 \cdot C_d \cdot \rho_f \cdot A_p \cdot (u_f - v_p) \cdot (u_f - v_p),$$

де C_d -коефіцієнт опору (функція Re),

ρ_f - густина фази, кг/м^3

A_p - площа проєкції частинки, мм^2

У режимі низького Re ($Re \ll 1$) застосовують Стоксівський опір:

$$F_d = 6\pi\mu r(u_f - v_p)$$

Кутова динаміка частинки враховується через моменти від контактних сил:

$$I_i d\omega_i/dt = \sum r_c \cdot F_t - C_r \omega_i,$$

де r_c - радіус-вектор від центру до точки контакту, мм ,

C_r -момент демпферу при коченні обертанні, Н м

При великому числі частинок зручно використовувати континуальні підходи. Розподіл концентрації $\partial c/\partial t$ описується рівнянням адвекції-дифузії:

$$\partial c/\partial t + \nabla \cdot (uc) = \nabla \cdot (D_{eff} \nabla c) + S,$$

де u - полеві швидкості (наприклад, циркуляційні потоки у змішувачі)

D_{eff} -ефективний коефіцієнт масопереносу (залежить від гранулометрії і режиму змішування),

S -джерела/поглинання, од

У ході дослідження були розглянуті три умовні компоненти з різним розподілом частинок за розміром. Однорідність оцінювалася на основі коефіцієнта варіації (CV) у вибірках, які відбиралися в різні часові інтервали. Стан сегрегації визначався через аналіз різниці середніх розмірів частинок як функціональної залежності.

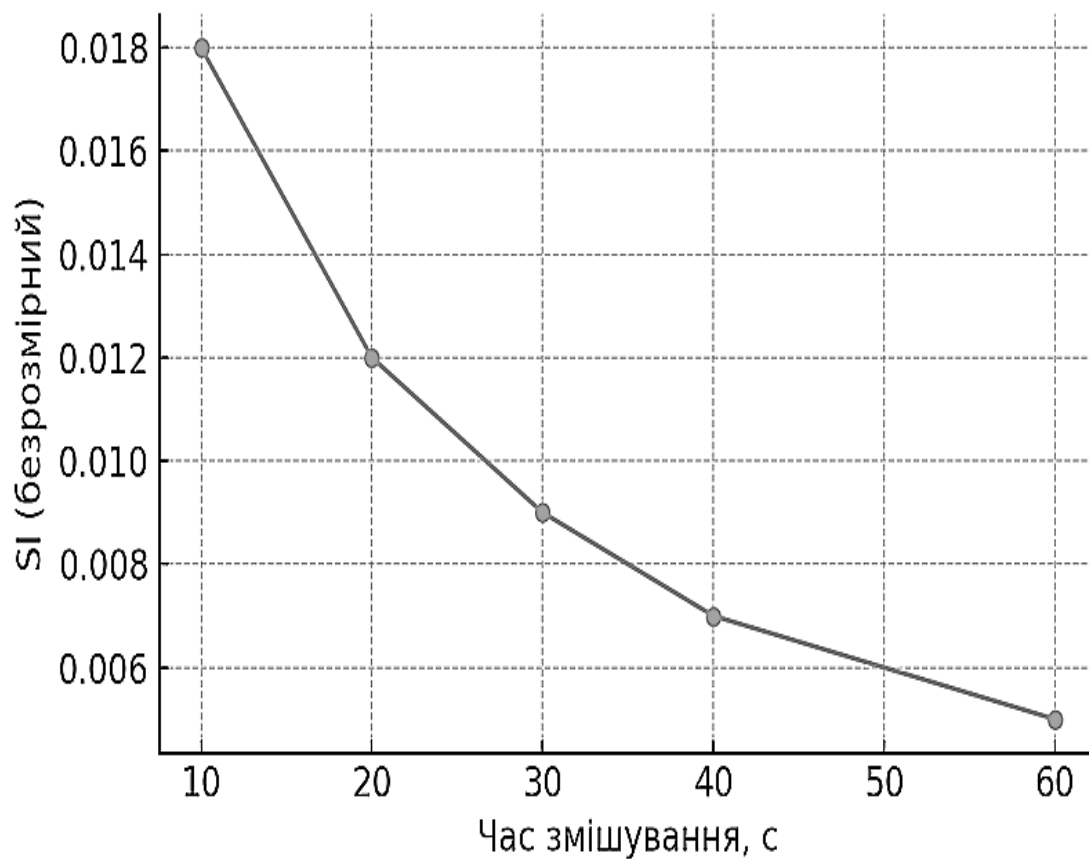


Рисунок 4.5 - залежність індексу сегрегації SI від часу змішування

Для аналізу значення індексу SI важливо враховувати, що його нижчий показник свідчить про вищий ступінь однорідності суміші. Індекс S із величиною 1.02 та значеннями, що перевищують одиницю, демонструє підвищений рівень дисперсії, який не відповідає характеристикам випадково сформованого змішування. Це вказує на присутність процесів сегрегації в досліджуваній системі.

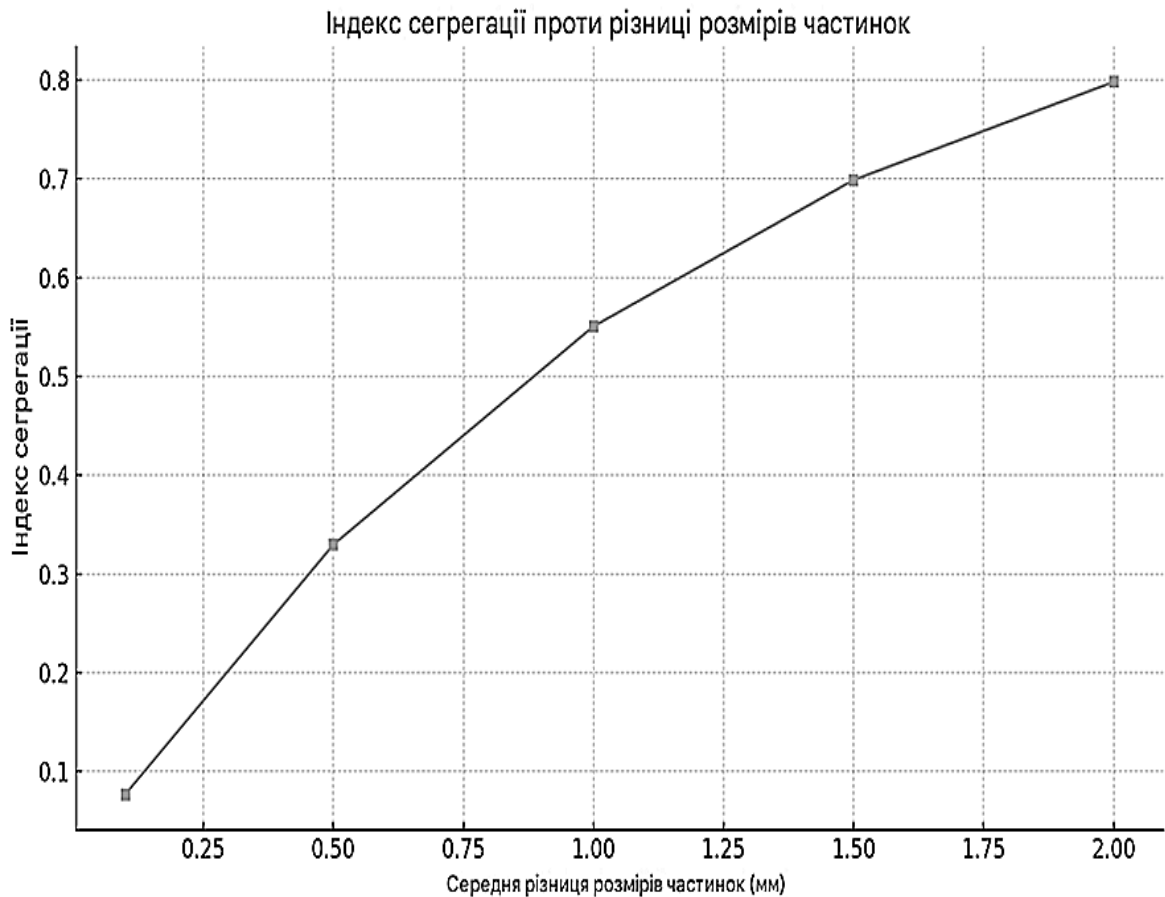


Рисунок 4.7- Індекс сегрегації залежно від різниці середніх розмірів частинок.

Виробничий процес створення комбікормів спрямований на забезпечення рівномірного розподілу компонентів із різноманітними гранулометричними характеристиками, що необхідно для досягнення однорідності кінцевої суміші. Однак навіть після завершення стадії змішування суміш може підпадати під вплив сегрегаційного розшарування, яке суттєво знижує її якісні показники. Для кількісної оцінки інтенсивності цього явища застосовують коефіцієнт сегрегації, що є чисельним маркером рівня неоднорідності сформованого матеріалу. Обчислення коефіцієнта сегрегації (S) проводиться за формулою, яка визначає співвідношення різниці між найбільшими та найменшими концентраційними значеннями окремого компонента в пробах, узятих із різних регіонів суміші, до середньої концентрації цього компонента. Формулювання для розрахунку виглядає наступним чином:

$$S = (C_{\max} - C_{\min}) / C_{\text{avg}},$$

де: $C_{\max}$ - найбільша концентрація компонента,

$C_{\min}$ - найменша концентрація компонента,

C_{avg} - середнє значення концентрації в суміші.

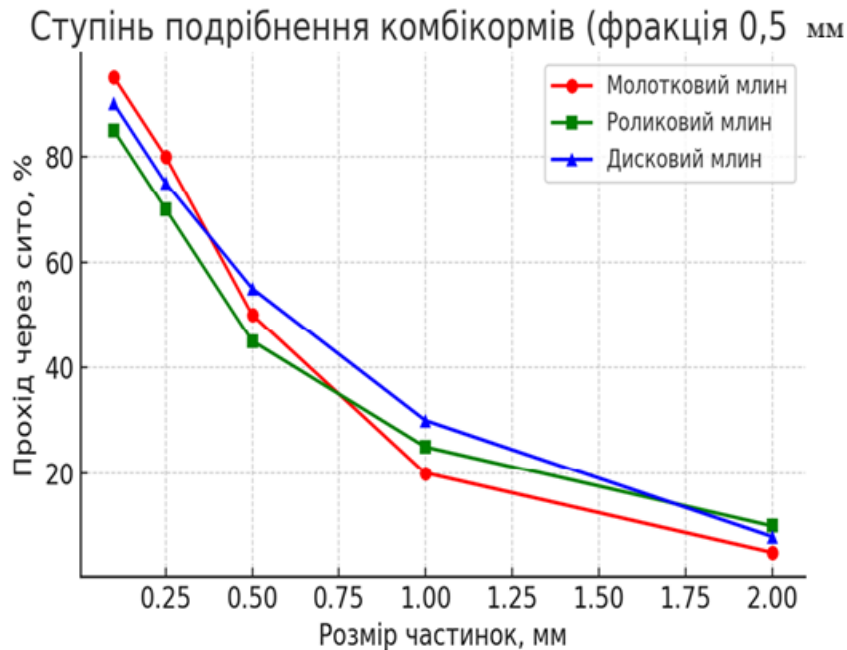


Рисунок 4.1- подрібнення частинок 0,5 мм

Таблиця 1- Характеристика подрібнення для частинок ~0,5 мм

Тип машини	Частка $\geq 0,5$ мм, %	Частка $< 0,5$ мм, %
Молотковий млин	35	65
Роликовий млин	55	45
Дисковий млин	45	55

Як видно з графіка, роликові млини забезпечують більш рівномірне подрібнення із збереженням більшої частки частинок 0,5 мм, тоді як молоткові дають значну частку дрібного пилу.

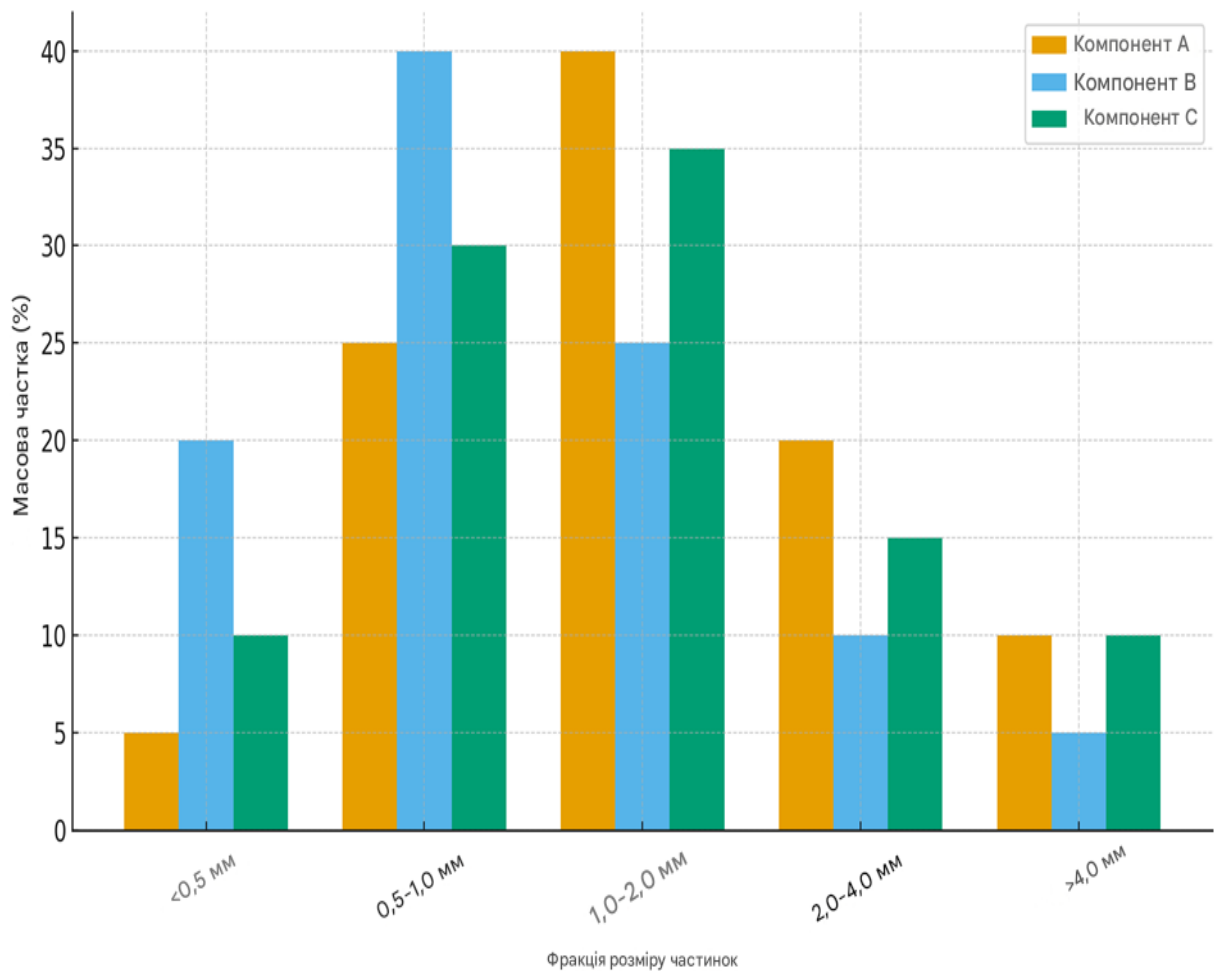


Рисунок 4.2-Гранулометричний склад компонентів.

Для дослідження була обрана розсипна кормова суміш, призначена для свиней. Основними показниками для оцінки якості змішування були коефіцієнт варіації, індекс сегрегації, час роботи змішувача, кількість обертів робочого органу. Якість отриманої суміші аналізували за допомогою коефіцієнта варіації. Цей коефіцієнт (v_c), який відображає ступінь неоднорідності, є важливим показником для оцінки рівня однорідності складу кормової суміші. Для його розрахунку враховували кількість вимірювань (n) і мінімальний відсоток складових раціону за прийнятою формулою.

$$V_c = \frac{100}{\bar{c}} \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (c_i - \bar{c})^2}, \quad (4.30)$$

де V_c – коефіцієнт неоднорідності суміші, %;

c - середнє значення концентрації головного компонента в усіх n пробах суміші, г;

c_i - концентрація головного компонента в i -й пробі суміші, г.

З врахуванням наступних показників:

якщо V_c менш 3% – якість суміші відмінна;

якщо $3\% < V_c < 7\%$ – гарне;

якщо $7\% < V_c < 15\%$ – задовільне;

якщо $V_c > 15\%$ – погане.

Результати виконаних вимірювань та отриманих даних були внесені до таблиць аналізу змішування.



Рисунок 4.3 - Лабораторний змішувач

Таблиця 4.1 Аналіз змішування компонентів залежно від розміру часток з використанням в технологічному процесі молоткового млина (Розмір частинок 0,6 -1 мм)

№, п/п	Час змішування компонентів комбікормів (τ), с	Коефіцієнт варіації (V_c), %	Розмір частинок 0,6 -1 мм	Індекс сегрегації залежно від різниці розмірів	Вологість комбікорму, %,
1	0	40	0,6-1,0	0,01	12-14,5
2	50	25	0,6-1,0	0.05	12-14,5
3	100	14	0,6-1,0	0.11	12-14,5
4	150	9	0,6-1,0	0,14	12-14,5
5	200	7	0,6-1,0	0,15	12-14,5
6	250	6	0,6-1,0	0,17	12-14,5
7	300	8	0,6-1,0	0,40	12-14,5

Таблиця 4.2 Аналіз змішування компонентів залежно від розміру часток з використанням в технологічному процесі молоткового млина (Розмір частинок 0,5 мм)

№, п/п	Час змішування компонентів комбікормів (τ), с	Коефіцієнт варіації (V_c), %	Розмір частинок, мм	Індекс сегрегації залежно від різниці розмірів	Вологость комбікорму, %,
1	0	40	0,5	0,01	12-14,5
2	50	24	0,5	0.03	12-14,5
3	100	13	0,5	0.10	12-14,5
4	150	8	0,5	0,12	12-14,5
5	200	7	0,5	0,13	12-14,5
6	250	5	0,5	0,16	12-14,5
7	300	7	0,5	0,39	12-14,5

Таблиця 4.3 Аналіз змішування компонентів залежно від розміру часток з використанням в технологічному процесі роликового млина SPRM1224 (розмір частинок 0,6 -1 мм)

№, п/п	Час змішування компонентів комбікормів (τ), с	Коефіцієнт варіації (V_c), %	Розмір частинок 0,6 -1 мм	Індекс сегрегації залежно від різниці розмірів	Вологість комбікорму, %,
1	0	40	0,6-1,0	0,01	12-14,5
2	50	23	0,6-1,0	0.05	12-14,5
3	100	13	0,6-1,0	0.11	12-14,5
4	150	8	0,6-1,0	0,14	12-14,5
5	200	6	0,6-1,0	0,15	12-14,5
6	250	5	0,6-1,0	0,17	12-14,5
7	300	7	0,6-1,0	0,40	12-14,5

Таблиця 4.4 Аналіз змішування компонентів залежно від розміру часток з використанням в технологічному процесі роликового млина SPRM1224 (розмір частинок 0,5 мм)

№, п/п	Час змішування компонентів комбікормів (τ), с	Коефіцієнт варіації (V_c), %	Розмір частинок ,мм	Індекс сегрегації залежно від різниці розмірів	Вологість комбікорму , %,
1	0	40	0,5	0,01	12-14,5
2	50	22	0,5	0.02	12-14,5
3	100	11	0,5	0.09	12-14,5
4	150	5	0,5-	0,10	12-14,5
5	200	4	0,5	0,11	12-14,5
6	250	3	0,5	0,15	12-14,5
7	300	5	0,5	0,35	12-14,5



Рисунок 4.4- роликовий млин SPRM1224

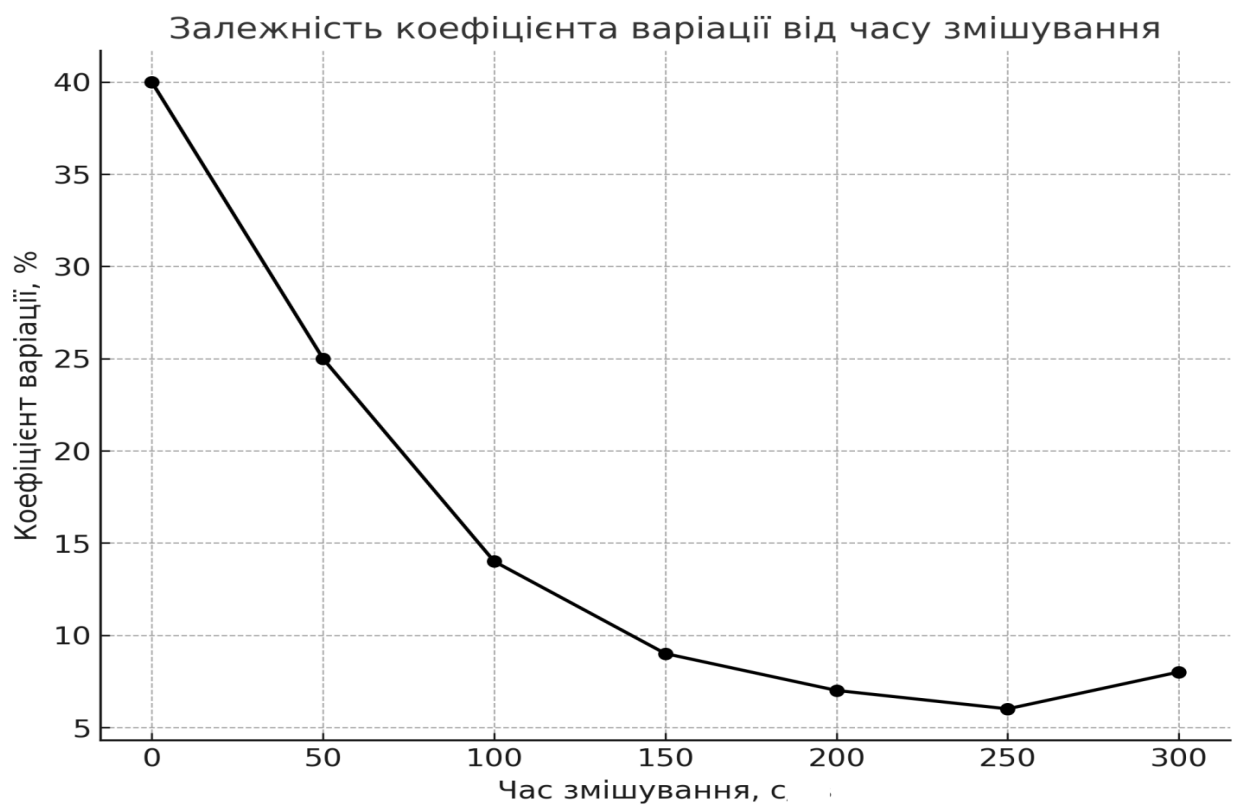


Рисунок 4.5- Змішування компонентів залежно від розміру часток з використанням в технологічному процесі молоткового млина (Розмір частинок 0,6 -1 мм)

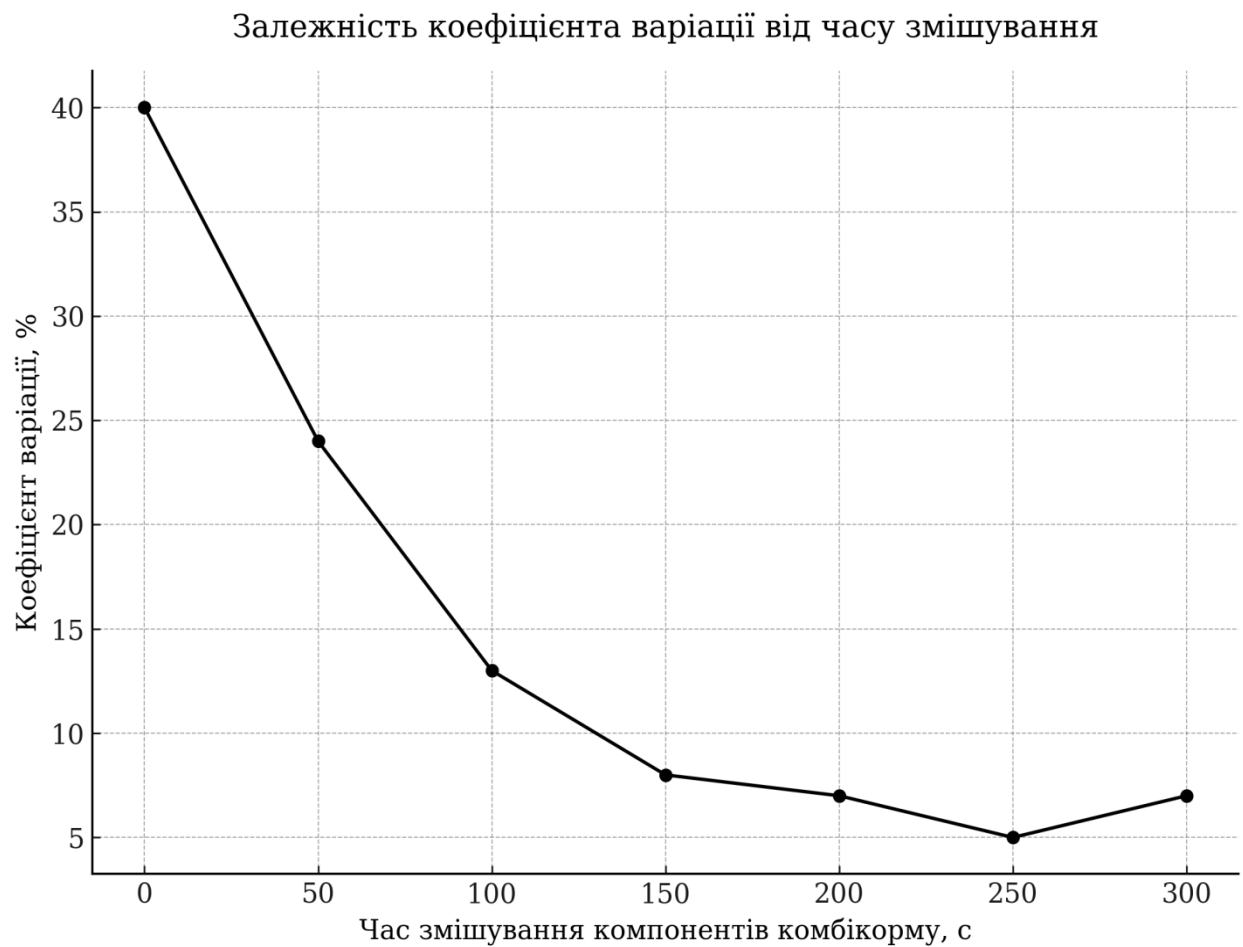


Рисунок 4.6- Аналіз змішування компонентів залежно від розміру часток з використанням в технологічному процесі молоткового млина (Розмір частинок 0,5 мм)

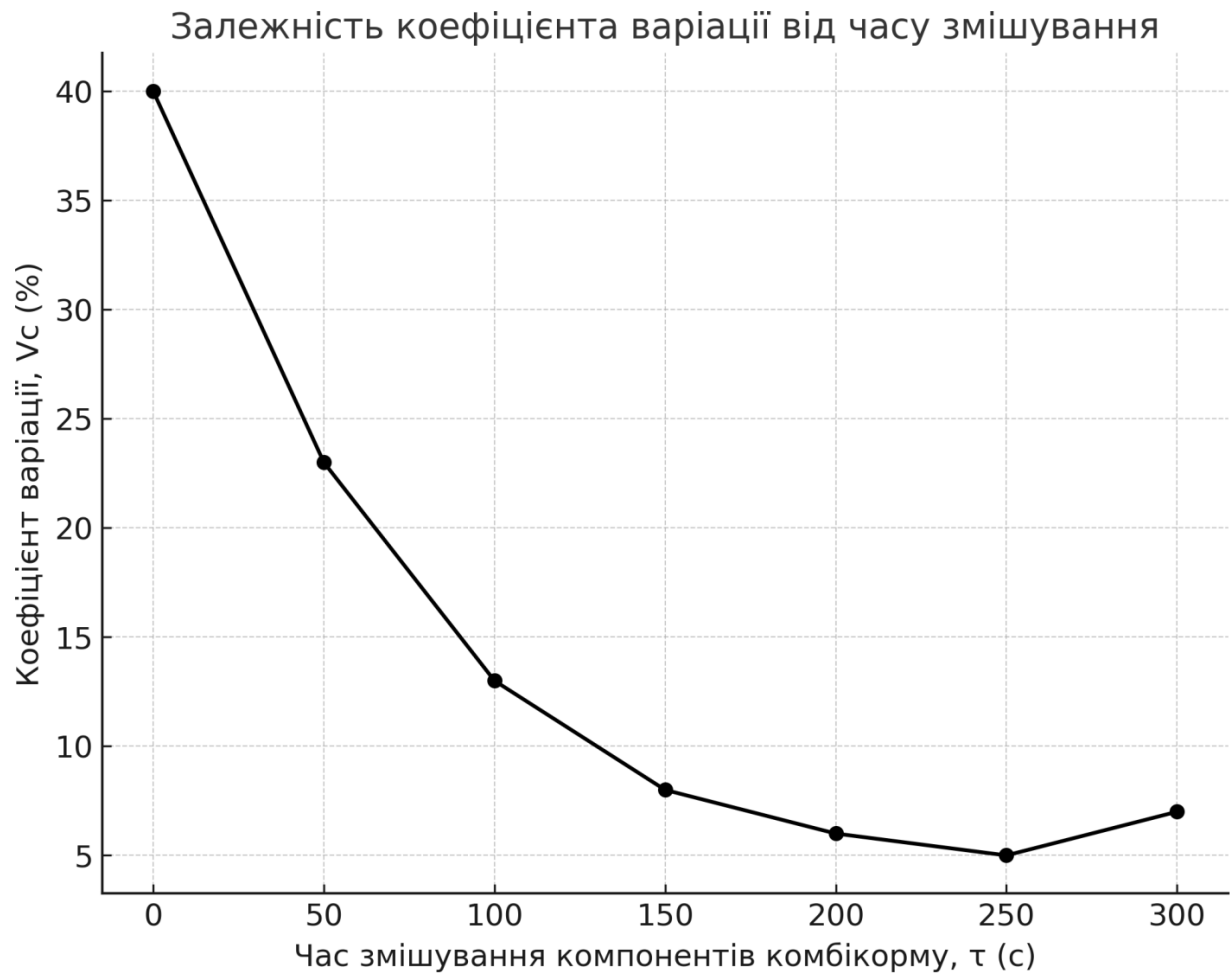


Рисунок 4.7- Змішування компонентів залежно від розміру часток з використанням в технологічному процесі роликового млина SPRM1224 (розмір частинок 0,6 -1 мм)

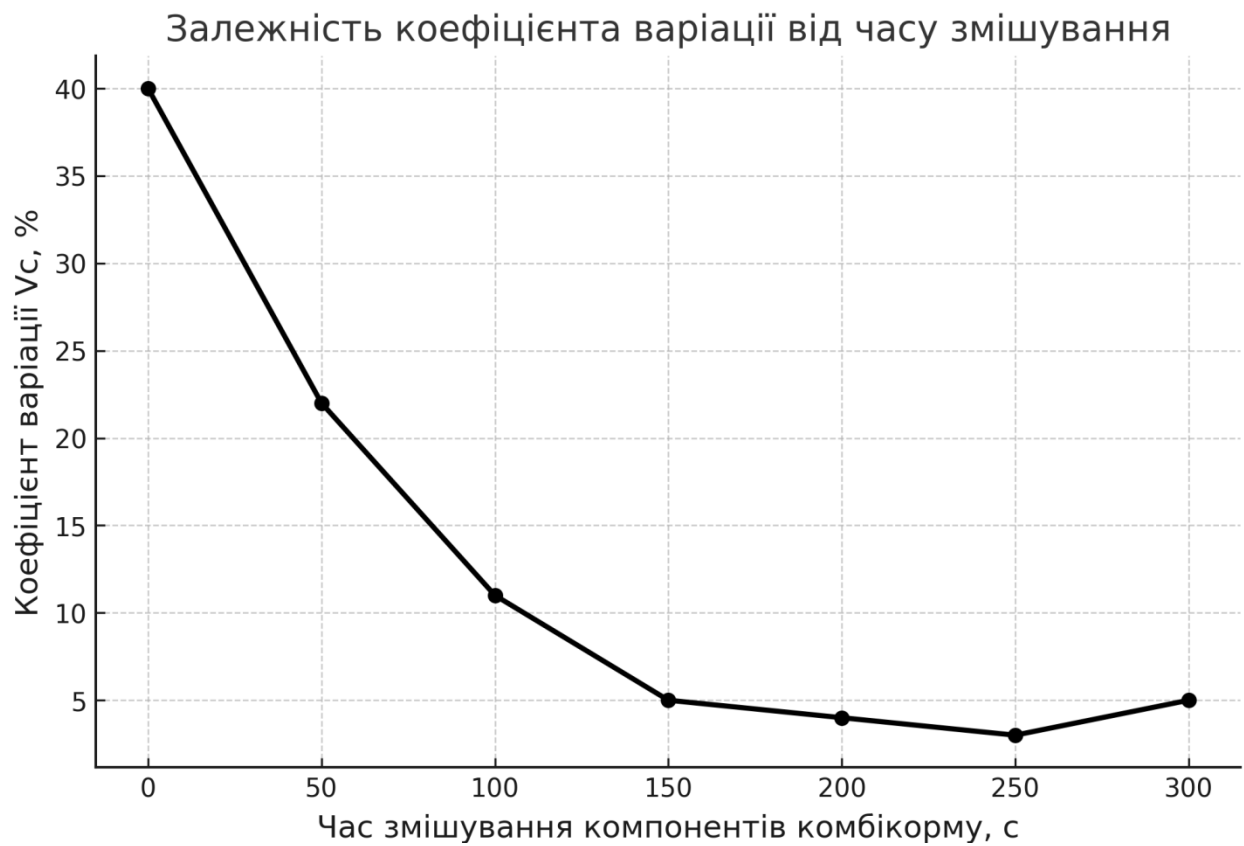


Рисунок 4.8- Змішування компонентів залежно від розміру часток з використанням в технологічному процесі роликового млина SPRM1224 (розмір частинок 0,5 мм)

ВИСНОВКИ

У процесі експлуатації роликового млина (Single Pair Roller Mill), за аналогічних технічних параметрів порівняно з молотковим млином, спостерігається поліпшення показників коефіцієнта сегрегації та коефіцієнта варіації. роликові млини забезпечують більш рівномірне подрібнення із збереженням більшої частки частинок 0,5 мм, тоді як молоткові дають значну частку дрібного пилу

Результати моделювання свідчать про те, що збільшення різниці в розмірах частинок суттєво уповільнює процес досягнення однорідності суміші.

Проведене дослідження виявило лінійну залежність індексу сегрегації від зростання дисперсності розмірів частинок, що свідчить про підвищення ризику розшаровування матеріалів у процесі їх транспортування.

Список літератури

- 1.Барел С. Огляд потреб і складу системи перевірки безпечності кормів і шкідливих речовин в ізраїльській VSAH. Бет Даган: Ізраїльська ветеринарна служба та охорона здоров'я тварин; 2013 рік; 154 стор
- 2.Бриндзя З. Ф. , Джула І. О. Система технологій в рослинництві. Навчальний посібник. Тернопіль: Консультаційний центр. – 2000, 188 с.
- 3.Дас, Н.Г.; Хуке, Канзас; Аманулла, С.М.; Harinder, PSM. Згодовування бикам оброблених рослинних відходів і їх потенційна користь для навколишнього середовища. *Анім. Nutr.* **2018** , 5 , 87–94.
- 4.Дробат В.И. Довідник з технології хлібопекарського виробництва Київ: Руслана 1998 – 415 с.
- 5.Дударев І.І., Бондар С.Н., Кудашев С.М. Аналіз процесу змішування в безперервних апаратах Аграрний вісник Причорномор'я. Збірник наукових праць. Технічні науки, випуск 34. Одеса,2006
- 6.Дударев І.І., Кормова база та відгодівля тварин Аграрний вісник Причорномор'я. Збірник наукових праць. Технічні науки, випуск 63. Одеса,2012
- 7.Дударев І.І. В.М. Кіріак, Технологія виготовлення та оцінка якості суміші компонентів комбікормів, Аграрний вісник Причорномор'я. Збірник наукових праць. Технічні науки, випуск 68. Одеса,2018
- 8.Камінський В.Д., Бабич М.Б. Переробка та зберігання сільськогосподарської продукції.- Одеса: Аспект, 2000. – 459 с.
- 9.Кукслі Дж. (2010) Допоміжний засіб для обробки продуктивність і ефективність комбікормового заводу.Feed Compounder (травень 2010): 28 – 1
- 10.Лесик Б.В., Трисвятский Л.О. і інші. Зберігання і технологія с.-г. продуктів. – К.: Вища школа, 1994.
- 11.Маньківський А.Я. Технологія зберігання і переробки сільськогосподарської продукції. Ніжин: ВКП „Аспект”.2002

12. Маул А.Г., Ганнам А.Л., Девіс Дж.В. Хімічні забруднювачі в кормах для риб, які використовуються на федеральних заводах для розведення лососевих риб у США. *Хемосфера*. 2007 рік; 67(7):1308-1315. DOI: 10.1.1.492.9499
13. Мюллер-Харві І. Сучасні методи аналізу кормів. В: Оцінка якості та безпеки кормів для тварин. Рим: ФАО; 2004. С. 1-34
14. Пірс Дж.Г. Відбір проб. В: Технологія виробництва кормів IV. Арлінгтон, Вірджинія, США: AFIA; 1994 рік
15. Подпрятів Г.І., Скалецька Л.Ф., Духовська Т.М., Сеньков А.М. Технологія зберігання і переробки продукції рослинництва. Практикум. Київ, «Вища освіта», 2004.
16. Пікша Г. Р., Бондаренка В. І. Зернові культури – Київ: Урожай, 1985. – 272 с.
17. Технологічне обладнання хлібопекарських і макаронних виробництв. Підручник. /За ред. Академіка О.Т. Лісовенка.– Київ: Наукова думка, 2000 – 181 с.
18. Технологічне обладнання хлібопекарських і макаронних виробництв. Підручник. /За ред. Академіка О.Т. Лісовенка. – Київ: Наукова думка, 2000 – 181 с.
19. Шаблій Л. М., Технологія переробки молока : навчальний посібник / Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова. – Київ : Видавничий дім «Кондор», 2019. – 308 с.
20. Löwe R (2011) Технологічні аспекти подрібнення кормів та compacting. У: DLG-Verlag (ed) Proceedings of the Society фізіології харчування Band 20. Berichte der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie. DLG-Verlag, Франкфурт-на-Майні, стор. 147 – 14
21. Petterson DS, Harris DJ, Rayner CJ, Blakeney AB, Choct M. Методи аналізу зерна худоби преміум-класу. Австралійський журнал сільськогосподарських досліджень. 1999 рік; 50:775-78733.