

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

АКІМОВ МИХАЙЛО ОЛЕКСАНДРОВИЧ

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
В.о. завідувача кафедри механізації
сільського господарства
канд. техн. наук, доцент
_____ Анатолій ПОЛЯКОВ
«__» _____ 2023_ р.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ
КОНЦЕНТРОВАНИХ КОРМІВ ЗА РАХУНОК ВОЛОГО-ТЕПЛОВОГО
ОБРОБІТКУ

Спеціальність 208 Агроінженерія

Кваліфікаційна робота
на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

Керівник:
канд. с.-г. наук, доцент
Євген ЧАПЛИГІН

Оцінка: _____ / _____ / _____
бали/за шкалою ЄКТС/за національною шкалою

Київ – 2023

Зміст

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1 ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ І ЗАСОБІВ ВОЛОГОТЕПЛОВОГО ОБРОБІТКУ КОНЦЕНТРОВАНИХ КОРМІВ	6
1.1 Необхідність теплового обробітку концентрованих кормів	6
1.2 Теорія теплових процесів обробки зернової сировини	8
1.3 Обґрунтування процесу експандування концентрованих кормів	18
1.4 Перспективні напрямки покращення технології приготування концентрованих кормів	22
1.5 Технічний огляд обладнання для волого-теплового обробітку концентрованих кормів	31
РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ ЕКСПАНДУВАННЯ	32
2.1 Обґрунтування робочого обладнання	32
2.2 Розрахунок концентрованих кормів для обробки в експандері	36
РОЗДІЛ 3 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЕКСПАНДУВАННЯ КОНЦЕНТРОВАНИХ КОРМІВ	39
3.1 Теоретичні дослідження процесу експандування кормів	39
3.2 Аналіз методики і результатів оптимізації процесу експандування концентрованих кормів	48
3.3. Висновки за розділом	51
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ТА БЕЗПЕКА ПРАЦІ НА ВИРОБНИЦТВІ	53
4.1 Загальні положення з охорони праці з виробництва кормів	53
4.2 Розрахунок вентиляції кормового цеху	59
4.3 Інструкція з безпеки праці оператора кормового цеху	64
РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНЕ ОБґРУНТУВАННЯ	70
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	79
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	78
ДОДАТКИ	82

ВСТУП

Актуальність теми.

Важливою умовою підвищення продуктивності праці і зниження собівартості продукції тваринництва - є механізоване приготування високоякісних кормів на основі раціональної технології.

Механізація приготування високоякісних кормів значно розширює їх асортимент для різних видів тварин і птиці. Виробництво і виготовлення кормових брикетів, гранул, різних видів консервованих кормів, створення кормових сумішей, підбір вітамінних інгредієнтів до потрібної комплексності, покращення перетравності живильних речовин, вимагає створення високотехнологічного обладнання для кормових цехів, здатного замінити цілий комплекс машин і отримати на виробництві високий економічний ефект.

Використання для виробництва кормів екструзійної технології відповідає наступним вимогам. Прес-експандери ефективно руйнуючи структуру зернових кормів, забезпечують механічну дію на сировину, тим самим, підвищуючи якість і поживність зернових кормів. Обробіток зерна екструзією пов'язаний з високими температурами до 130 °C і тиском до 3,0 МПа. Та ефективній роботі екструзії запобігає висока енергоємність технологічного процесу. Вивчення впливу комплексу різних технологічних факторів на підвищення ефективності процесу волого-теплової обробки, представляє собою актуальну задачу.

Метою роботи є обґрунтування технології та режимів процесу волого-теплого обробітку концентрованих кормів, дослідження основних параметрів волого-теплого обробітку концентрованих кормів, за рахунок яких забезпечується зниження енергоємності й поліпшення якісних показників теплового процесу; а також провести аналіз конструкцій експандерів щодо підвищення ефективності технологічного процесу, які

відповідають сучасним вимогам виробництва кормів і кращих якісних показників.

Задачі на етапах дослідження:

- провести аналітичне обґрунтування найбільш раціональної технологічної схеми експандування зернових кормів.
- виконати теоретичні дослідження по обґрунтуванні технологічних параметрів і режимів роботи експандера.
- розробити методику інженерного підходу до розрахунку експандера.
- на підставі отриманих теоретичних даних дати техніко-економічну оцінку запропонованої теплової технології приготування кормів.

Предмет та об'єкт дослідження. Предметом дослідження є технологічні режими при експандуванні зернових кормів та методи оптимізації процесів волого-теплової обробки кормової сировини. Об'єктом дослідження є сухий зерновий матеріал та робочий експандер для волого-теплової обробки підготовлених концентрованих кормів.

Особистий внесок здобувача. Кваліфікаційна магістерська робота є завершеним та самостійно виконаним науковим дослідженням. Наукові положення, розробки та пропозиції щодо обґрунтування та покращення технологічного процесу волого-теплової обробки концентрованих кормів для сільськогосподарських тварин і птиці, а також дослідження ефективності процесу експандування кормів, одержані автором самостійно.

Публікації. За темою кваліфікаційної магістерської роботи підготовлені та опубліковані тези у збірнику студентських наукових робіт.

Структура і обсяг магістерської роботи. Кваліфікаційна робота складається із вступу, п'яти розділів, висновків та пропозицій, списку використаних джерел. Кваліфікаційна робота виконана комп'ютерним набором. Загальний обсяг становить 83 сторінки основного тексту, з використанням 40 літературних джерел, ілюстрована 12 таблицями та 22 рисунками.

РОЗДІЛ 1

ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ І ЗАСОБІВ ТЕПЛООВОГО ОБРОБІТКУ КОНЦЕНТРОВАНИХ КОРМІВ

1.1 Обґрунтування необхідності теплового обробітку концентрованих кормів

«Головним компонентом при виробництві комбікормів для тварин і птиці є фуражне зерно. Однак при згодовуванні фуражного зерна у звичайному вигляді засвоюваність його поживних компонентів харчовими системами тварин і птиці складає не більше 40-60%. На рівні з іншими видами поживних речовин зерно злакових культур містить багато крохмалю, засвоєння якого при згодовуванні тваринам і птиці повільно проходить і при цьому використовується продуктивно тільки певні його форми і то в невеликій кількості» [4].

«Засвоюваність живильного потенціалу крохмалю в природній формі за даними ряду дослідів не перевищує 20-25%, в залежності від виду культури. Тому завдання нових технологій обробки фуражного зерна полягає у впровадженні сучасних способів обробітку вихідної сировини, які дозволяють перевести крохмаль в зручну форму для засвоювання організмом тварин. Це можливо при руйнуванні на клітинному рівні зернистої структури крохмалю та сприяє розриву природних зв'язків між окремими складовими частинами крохмалю і переводу його в більш прості вуглеводи у вигляді сахаридів і декстринів» [4].

«Без спеціального волого теплового обробітку важко засвоюваною є також і клітковина. Ця клітковина міститься у великій кількості в зерні і бобах, особливо в їхніх верхніх оболонках і захисних шарах. Тому вдосконалювання та розроблювання способів поглибленої переробки вихідної зернової сировини повинні сприяти утворюванню частини

целюлозно-лігнінових утворень клітковини в природних формах в більш прості види амінокислот та сахаридів» [3].

«Широкою виробничою перевіркою та багато численними науковими дослідженнями встановлено, що негативна дія різних технологічних бар'єрів, передбачених природою для захисту насіння, як біологічного джерела постійного виробництва бобових і злакових культур, може бути в значній ступені подавлено або знищено повністю.

За рахунок динамічних і статичних дій внутрішнього і зовнішнього тиску на клітинному та молекулярному рівні на захисні мембрани, температури та інших факторів спостерігається денатурація білка, знищення анти поживних речовин, деструкція целюлозно-лігнінових утворень, декстринізація крохмалю, практично повна стерилізація кінцевої продукції від бактерій і мікроорганізмів, утворення в готовому продукті мікропористої структури, найбільш придатний для дії шлункового соку, внаслідок чого більш повне засвоєння організмом тварин поживних речовин» [3].

1.2 Теорія теплових процесів обробки зернової сировини

«В світовій практиці комбікормового виробництва існує багато методів і технологій обробки зернової сировини з метою підвищення поживності готового продукту.

На рисунку 1.1 представлена класифікація методів і технологій обробки зернових кормів. Але серед представлених методів найбільш використовуваними і ефективними методами є наступні варіанти:

- плющення і пропарювання зерна;
- піджарювання зерна ячменю (зі пропарюванням, зволоженням або без нього);
- вибух в кип'ячому шарі або пневматичній трубі - отримання пластівців «вибухом» ;

- мікронізація зернової сировини - обробіток інфрачервоними променями зернових і зернобобових компонентів з послідовним обробітком плющення рифленими вальцями;
- екструдувannya сировини (зернових, зернобобових, зерна і висівок разом);
- екструдувannya сухе - одноразове або дворазове гранулювання очищеного цілого фуражного зерна з послідовним подрібненням гранул;
- експандування сировини - кондиціонування під тиском» [5].

Кожен із перерахованих методів теплового обробітку концентрованих кормів потребує спеціальних апаратів, машин та допоміжного обладнання.

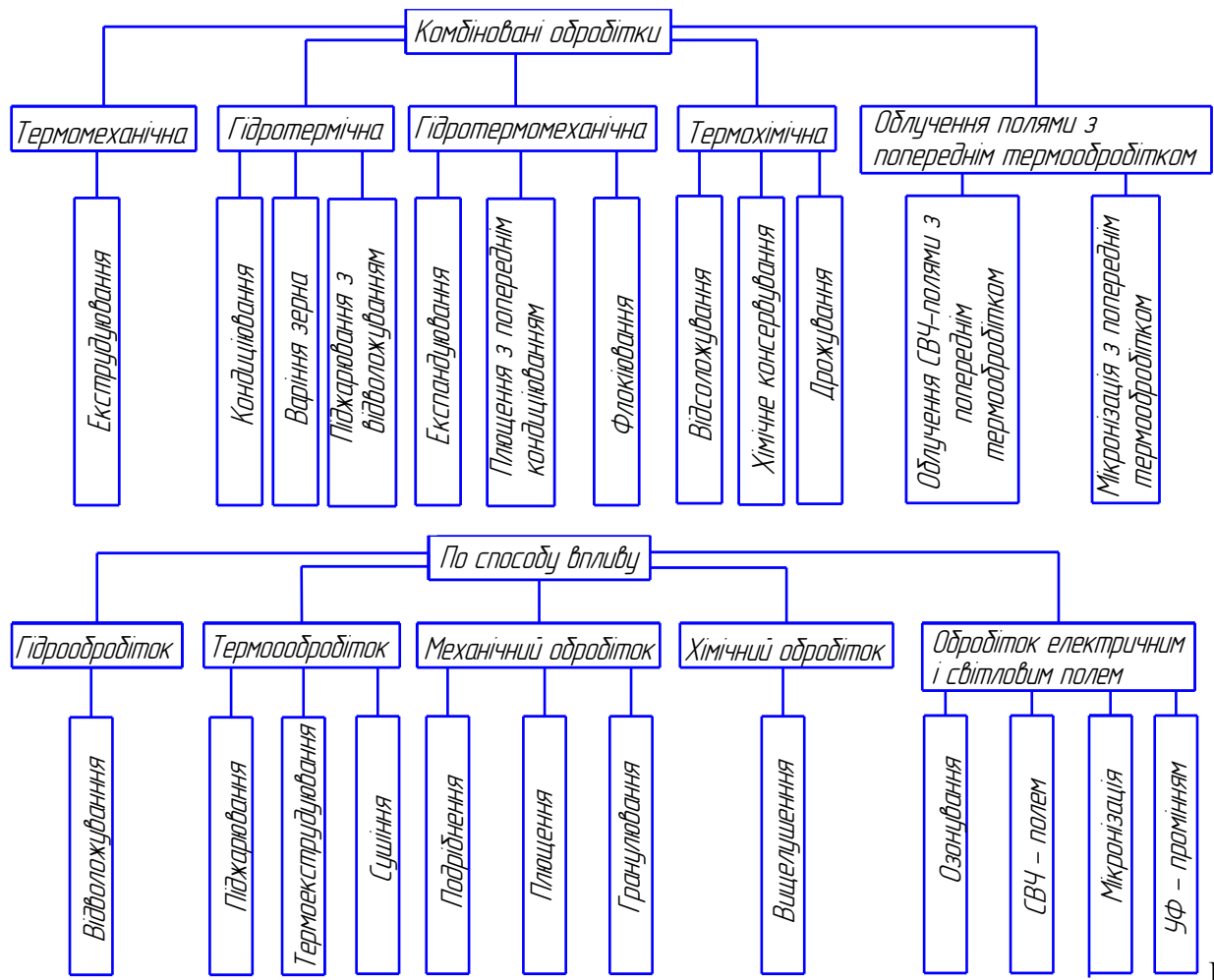


Рисунок 1.1 - Класифікація методів і технологій теплового обробітку зерна бобових і злакових культур

«Прожарювання

«Частіше за все зерно піджарюють для поросят-сосунів з метою привчити їх до поїдання зернового корму в ранньому віці, стимуляції секреторної діяльності. Крохмаль розчіплюється до моносахаридів, при цьому зерно стає солодкуватим на смак, та внаслідок денатурації білка частково знижується перетравлюваність протеїну і доступність амінокислот. Крім того, висока температура пагубне діє на бактеріальне середовище і різні види грибів зерна, що дозволяє в значній мірі запобігти розвитку можливих захворювань шлунково-кишкового тракту у поросят» [5].

«Підсмажують зазвичай фуражне зерно, яке широко використовується в годуванні свиней (кукурудзу, ячмінь, пшеницю, горох). Попередньо зволоживши зерно до стадії набухання, його тонким шаром насипають на металеві листи або кювети і рівномірно помішуючи на протязі 10-12 хвилин, підсмажують при температурі 130-180 °С до появи світло-коричневого або коричневого кольору. При досягненні такого забарвлення фуражне зерно швидко охолоджують. Для виконання даної операції підсмажування використовують спеціальні агрегати А9-КЖА.

Підсмажене фуражне зерно згодовують поросят з 5-7 денного віку до відлучення від матері, починаючи з невеликих доз (30-50г) і поступово збільшуючи денну норму до 120-150г.

Метод обжарювання зерна знайшов широке використання безпосередньо в приватних господарствах» [4].

«Варіння та запарювання фуражного зерна

Цей метод використовують при годуванні свиней зернобобовими: горох, соя, люпин, чечевиця. Бобові корма попередньо подрібнюють, а потім на протязі однієї години варять або 30-40 хвилин пропарюють в кормовому запарнику. Такий обробіток кормів дозволяє знешкодити анти поживні речовини, знизити ефективність їх використання. Зернобобові після обробітку використовуються в кількості 25-30% від загальної поживності раціону в якості білкових добавок.

Не рекомендується запарювати і варити фуражне зерно гарної якості. Неякісне зерно, яке тривалий час зберігається або уражене патогенною мікрофлорою обов'язково проходить термічну обробку» [6].

«Відволожування зернових кормів.

Відволожування використовують для покращення смакових якостей зернових кормів (кукурудзи, ячменя, пшениці та інші) з метою підвищення їх поїдання. При відволожуванні зернових кормів частина крохмалю під дією діастази зерна або солоду перетворюється в цукор (10-12%) завдяки чого корм стає солодкуватим.

Відволожування зернових кормів проводять в теплому приміщенні при температурі (18 - 20 °C) в спеціальних алюмінієвих ваннах, куди подрібнене зерно розсипають рівним шаром завтовшки не більше 40-50 см і поливають гарячою водою (90 °C) при відношенні корма до води 1:1,5-2. Важливо умовою є те щоб вихідна зернова маса була рівномірно зволожена та добре перемішана, після чого її накривають щільною тканиною або кришкою» [6].

«Для прискорення періоду відволожування та активізації процесу ферментації використовують виготовлений із зерна ячменю солод в кількості 1-2%. Перемішану із солодом зернову масу залишають на 3-4 години, підтримуючи для дії ферментів оптимальну температуру (55-60 °C). Солод отримують переважно із зерна ячменю, який після зволоження насипають в ящики завтовшки не більше 10 см та залишають при температурі 20-25 °C в приміщенні. Через 2-3 дні зерна ячменю проростають а потім його висушують і в розмолотому вигляді використовують при дріжджуванні або відсолоджуванні кормів.

Приготовлений таким способом корм згодують переважно поросяткам-сосунам або поросяткам яких відлучили від матері. В залежності від загального розвитку та живої маси тварин, відсолоджувальний корм дають в кількості 10-12% від зернової частини раціону. Крім того для покращення апетиту тварин його включають в раціон слабких та

високопродуктивних тварин у кількості (не більше 50% від норми концентратів)» [6].

«Мікронізація зернових кормів.

Операція полягає в обробітку фуражного зерна інфрачервоними променями. При обробітку фуражного зерна таким способом використовують різні за конструкцією машини що мають назву мікронізаторами. У вітчизняній практиці для мікронізації використовують кварцові галогенні лампи КГІ-220-1000. За допомогою цих ламп опромінюють зерно, яке рухається по транспортеру. В якості джерел інфрачервоного випромінювання можна використовувати трубчасті спіралі або електронагрівальні елементи, виготовлені з матеріалів з великим електричним опором. Інфрачервоні промені проникають в середину зерна, збуджуючи його молекули та викликають їх інтенсивну вібрацію. При цьому виникає тертя молекул, яке супроводжуване виділенням внутрішнього тепла. Гігроскопічна волога в зерні випаровується, внаслідок чого різко підвищується тиск. Підвищення тиску призводить до того, що зерно набухає, вспучується, стає м'яким та розтріскується.

Поживні речовини зерна (вуглеводи, білки) в процесі мікронізації підлягають майже таким структурним змінам, як при баротермічній та гідротермічній обробках. При мікронізації у фуражному зерні проходить розщеплення крохмалю до сахаридів (до 98%), збільшується на 3-5% кількість білків, що сприяє їх кращому перетравленню та засвоєнню організмом тварин.

Мікронізація зерна покращує енергетичну поживність ячменю і кукурудзи, руйнує трипсинові інгібітори сої, бобів, гороху, а також руйнує токсичну плісняву та гриби» [6].

«Обробіток зернових інфра червоними (ІЧ) променями підвищує засвоюваність зерна на 5-7%. Так використання інфрачервоного випромінювання дозволяє на протязі 2 хвилин нагріти соєві боби до температури 200 °С при щільності теплового потоку 16 кВт/м². Такий

інтенсивний нагрів зерна забезпечує значне зниження активності ферменту уреазу, який є показником ефективності теплового обробітку» [6].

«Обробіток зерна в нахиленому пневматичному каналі або в кип'ячому шарі для отримання повітряних зерен.

Дану технологію використовують для отримання продукту, призначеного для годування ВРХ.

Обробіток фуражного зерна пшениці, кукурудзи, сорго, ячменю, а також бобів сої проводять по одному з двох методів. В першому випадку конвективний процес нагріву зерна здійснюється в нахиленому пневматичному каналі, а по другому методу – нагрів зерна в кип'ячому шарі. Для отримання повітряних, тобто вибухнувши зерен необхідно забезпечити підведення теплоти з великою швидкістю, щоб при випаровуванні вологи, яка міститься в зернівках створити значне внутрішнє напруження. Саме внаслідок внутрішнього тиску в зернівках відбувається розрив поверхні зерна.

По обробітку зерна першим способом його попередньо нагрівають до температури 65 °С кондуктивним методом при переміщенні із живильника по нахиленому днищі камери попереднього обробітку. Передбачено розділення на не вибухового і вибухового зерна по швидкості потрапляння та повернення не вибухового зерна в процес. В робочій зоні теплоносії має температуру 260 °С. Зерно-повітряні пластівці які вибухнули охолоджуються і можуть бути потім подрібненні для введені як компонент до комбікормів або спрямованні в кормороздавачі для розвезення по фермах» [7].

«Екструдуювання зернової маси.

Екструдуювання зернової маси - це один із найбільш ефективних і використовуваних в комбікормовій промисловості способів обробітку зерна. Обробітку фуражного зерна таким способом протікає в два безперервних процеси: 1) механічне і хімічне деформування; 2) вибух продукту.

Підготовлену зернову масу для екструзії доводять до вологості 12-16%, подрібнюють і подають в екструдер. Під дією високого тиску (2,8-3,9МПа) і

тертя зернова маса розігрівається до температури 120-150 °С. Потім внаслідок швидкого переміщення зернової маси із зони високого тиску в зону атмосферного тиску відбувається так званий вибух і утворюється продукт мікропористої структури» [8].

«Внаслідок хімічних перетворень крохмалю, деструкції целюлозно-лігнінових утворень значно покращується кормова цінність готового продукту. Кількість крохмалю при цьому зменшується на 12%, а декстринів збільшується майже в 5 раз, кількість засвоюваного цукру збільшується на 14%. Після екструдювання значно покращується санітарний стан зерна. Під дією тиску і високої температури майже повністю знищуються плісняві гриби і патогенна мікрофлора.

В шнеку робочого екструдера встановлені спеціальні шайби (на вході - шайба діаметром 17,5 мм, на виході - шайба 125 мм). За рахунок тертя продукту об стінку корпусу і шнек відбувається значний нагрів продукту до температури на виході 120-130 °С), а різниця тиску на виході із камери і в середині камери приводить до спучування продукту» [9].

«Корм отриманий екструдюванням найбільш раціонально використовувати для годування поросят молодшого віку, оскільки їх система травлення в цей період не здатна розщепити складні поживні речовини кормового раціону.

При використанні в складі раціонів екструдюваного зерна для молодняку свиней збільшується перетравність сухої речовини - на 2,1%, органічних речовин – на 1,9%, сирого жиру - на 3,8%, сирого протеїну – на 4,5%» [9].

«Експандування зернової маси.

Експандування зернової маси ґрунтується на гідротермічному обробі корму під тиском. Принцип дії експандерів і екструдерів однаковий – в робочому шнековому органі корм розігрівається, ущільнюється і випресовується. Але режими обробки істотно відрізняються від екструдювання. [10]

В екструдерах зернова суміш розігрівається тільки за рахунок тертя при переміщенні по витках шнека і активному перемішуванні під тиском.

Регулювання температурного режиму обробітку зернової маси в екструдері досягається тільки за рахунок змінних робочих органів (кільця, шайби). Затрати електроенергії на режимах експандування складають 100-150 кВт/год.

Екструдкування комбікормів проводиться при вологості суміші 12-14%. При охолодженні готового продукту втрата води складає 5-8%, тому процес виходить занадто сухим – вихід готового продукту вологістю 6-8%.

Обробіток в експандері здійснюється при більш високій вологості. Закордонні фірми «Амандус Каль», «Альмекс» та інші рекомендують проводити обробіток кормової суміші при вологості до 26%. Продукт розігрівається за рахунок водяної пари і тертя» [10].

«При однакових температурних режимах (115-145°) обробіток суміші в експандері при підвищеній вологості протікає в менш жорстких умовах. Справа в тому, що в екструдері через пониженої вологості на окремих ділянках значення дії опору руху продукту можуть зрости до значних величин, які викликають у зоні ущільнення «місцеве» підвищення температури, хоча загальний температурний режим пресування залишається попереднім. Як в екструдерах, так і в експандерах за рахунок зміни режимів обробітку можливо отримувати готовий продукт різної щільності» [10].

«Експандування забезпечує наступні переваги:

- можливість введення великої кількості рідких компонентів – масла, жиру, меляси;
- знешкодження шкідливих для згодовування компонентів;
- покращення засвоюваності і якості комбікормів;
- більш високу продуктивність процесу пресування для гранулювання та кращу якість отриманих гранул;
- використання дешевої сировини для гранулювання.

Нормальна робоча температура при обробітку комбікормів для птиці і свиней методом експандування знаходиться в діапазоні від 105 до 110°C. При цьому можна досягти робочого тиску до 4 МПа і температури до 130°C, лише на короткий період, так як при загальному часі проходження зернового продукту через експандер складає декілька секунд.

На виході із експандера подрібнений зерновий продукт миттєво втрачає навантаження, а добавлена рідина в значній мірі випаровується. Називається це миттєвим випаровуванням, тому наступне сушіння готового продукту не потрібно. За рахунок випаровування вологи температура падає до 90°C. В залежності від рецептури комбікормів, температури продукту і робочого тиску готовий продукт може мати структуру тіста, товстих пластівців або комбікормів» [11].

«Витрати енергії при виробництві кормів для птиці і свиней складають 5-10 кВт*год./т, витрати енергії для крупного рогатого скота 15 кВт*год./т.

Готовий гранульований експандат містить в собі одночасно переваги розсипних і гранульованих комбікормів. Кожна частина готового продукту містить всі складові компоненти. Розподіл частинок в готовому продукті дуже рівномірний. Обробіток в експандері зменшує загальне мікробне зараження сировини. Повністю знищуються кишкові бактерії, плісняві грибки і сальмонели» [11].

«Робочий процес експандера полягає в наступному. Підготовлений подрібнений зерновий матеріал завантажують в бункер подається живильником в змішувач-дозатор, з якого сировина дозовано подається в накопичувальний бункер. Із бункера-накопичувача експандера сировина у вигляді неоднорідної сипучої маси поступає в першу зону шнеку нагнітаючого. В цій зоні сировина захоплюється шнеком і переміщується до наступної зони. В першій зоні сировина частково заповнює об'єм між витками шнека, і не повністю покриває поверхню витків шнекової камери і шнека. Частинки сировини в першій зоні в основному переміщуються поступово, а від обертального руху вони утримуються силою власної ваги.

У другій робочій зоні, на відміну від першої, сировина ущільнюється і ступінь стиснення частинок збільшується. Спочатку заповнюється вільний об'єм між витками шнеку, а потім ущільнення маси відбувається внаслідок зменшення проміжків між частинками сировини і витіснення значної кількості повітря. У другій робочій зоні сировина добре перемішується, підлягає поступовому стисненню і максимально ущільнюється. В цій зоні матеріал піддається дії вологого пару, який утворюється внаслідок дії температури на сировину. Оброблений вологим паром матеріал ущільнюється шнеком і просувається до третьої робочої зони.

В третій робочій зоні, окрім головної операції шнекового пресування шляхом інтенсивного перемішування і проминки матеріалу під тиском сприяє переходу продукту в пружній і пластичний стан. Процес перемішування і пресування продукту характеризується ще і тим, що контактуючі шари матеріалу мають різні швидкості переміщення, внаслідок чого між шарами діють напруження здвигу. Тому окрім ефекту перемішування утворюється ще і внутрішнє тертя, яке приводить до розтирання частинок продукту і отримання однорідної структури матеріалу.

В кінці третьої робочої зони спресований матеріал виходить із площини шнека і потрапляє в четверту робочу зону у вигляді закрученого пульсуючого в'язкого і пластичного потоку. В цій зоні в'язка і пластична маса переборює силу тиску четвертої зони, яка обумовлена опором формуючих отворів матриці» [12].

«При випресовуванні продукту через отвори матриці форма в'язкої пластичної маси її потоку кінцево змінюється відповідно формі і кількості поперечного перерізу отворів матриці. У зв'язку з різким падінням тиску об'єм маси отриманого продукту при виході із отворів матриці збільшується за рахунок пружної деформації продукту. Пружна деформація створюється в середині оброблюваного матеріалу. В наслідок того, що довжина каналу матриці мала, відновлювальний процес відсутній і видавлювана через отвір матриці продукція має пористу структуру» [12].

«Термодинамічні основи екструдуювання кормової сировини:

Два процеси лежать в основі екструдуювання кормової сировини – механіко-хімічна деформація продукту і на фронті ударного розрідження «вибух» продукту. Останній відбувається внаслідок різкого переходження продукту із зони високого тиску в область атмосферного. Обидва механічних процеси безперервні і проходять при конкретних швидкостях підводу і відводу тиску і тепла.

Процес екструдуювання полягає в тому, що приготовлена кормова сировина подається через завантажувальний бункер в машину. За шляхом переміщення частинок кормової сировини в робочій камері шнеку збільшується стиск, який визначається відношенням площі робочого каналу шнека і сумарній площі фільтр на виході готового продукту із матриці. Ущільнюючись кормовий продукт розігрівається як за рахунок сил тертя частинок об поверхню обертання робочих органів і за рахунок деформації здвигом в самому продукті, так і за рахунок додаткового підведення тепла. Проведені дослідження показали, що під дією цих двох факторів, фактора теплоти і деформаційних навантажень, майже вся зернова сировина може бути задіяна фазовим перетворенням із крихкого стану спочатку у високо еластичний, потім у в'язкий текучий стан» [13].

«Фазові переходи стану кормового матеріалу і його компонентів дозволяють весь процес екструдуювання розділяти на ряд технологічних зон – завантаження, стиску, гомогенізації і екструзії.

В зоні завантаження кормового матеріалу змін в продукті практично не спостерігається. Еластичного стану продукт набуває в зоні стиску. Тут відбувається часткове руйнування кліткової взаємодії продукту, текстури і структури його природних компонентів – целюлозно-лігнінового і крохмального.

В зоні гомогенізації продукт набуває особливого стану – в'язкого текучого. В інших так званих біополімерах: білку, крохмалю, клітковини з'являються структурні перетворення» [14].

«Найбільш важливі та головні зміни в біополімерах відбуваються в технологічній зоні екструзії при швидкому переносі кормового матеріалу із зони високого тиску в зону атмосферного тиску. Акумуляована продуктом енергія зі швидкістю приблизно рівною швидкості вибуху вивільнюється, що приводить до спучування, «вибуху» продукту. Це процес супроводжується глибокими перетвореннями структури і властивостей окремих поживних речовин» [14].

1.3 Обґрунтування процесу експандування концентрованих кормів

«Вченими багатьох країн світу проведено низку досліджень, які доводять позитивні властивості готового експандату. Одне з досліджень було стосовно розщеплення крохмалю при експандуванні. Отримання розщепленого крохмалю покращує травлення у тварин і птиці. Також питання розщеплення крохмалю найбільш актуальний для вирощування свиней. Велика частка розщепленого крохмалю дозволяє свиням перетравлювати крохмаль ще до його потрапляння в товсту кишку - тим самим усувається причина виникнення у свиней проносу, а нормалізація стабілізація роботи шлунково-кишкового тракту особливо важлива для маленьких тварин» [15].

«Основні переваги готового експандату:

- на відміну від дерті крупка не настільки тверда, тому не травмує стравохід і шлунок тварин під час їжі;
- крупно-зернистий експандат не утворює пилу і тим самим не викликає налипання у тварин на органи травлення і дихання;
- експандат зберігає стійкість і стабільність при транспортуванні;
- експандат має пористу структуру і велику поверхню частинок, що забезпечує більш легке проникнення шлункового соку і власних ферментів у експандат;

- при використанні експандата створюється більш висока гігієна комбікормів;
- при використанні експандату зменшується витрата повнораціональних кормів при вирощуванні тварин на 9%;
- коефіцієнт використання експандованого корму на 1 кг приросту маси тварин в порівнянні з розсипними кормами збільшується на 9%;
- при використанні експандату отримуємо більший приріст у вазі тварин;
- при використанні експандату маємо кращий стан приміщень для утримання тварин;
- при використанні експандату маємо низький рівень загибелі тварин;
- при використанні експандату маємо кращу якість м'яса;
- процес експандування збільшує термін зберігання комбікормів.

Короткий, але інтенсивний вплив високого тиску, тепла, вологи під час експандування кормової сировини ефективний для знищення патогенних бактерій, грибків і цвілі. Принцип знезараження продукту ґрунтується не тільки на тепловій обробці, але і на динамічному впливі який відбувається під час проходження продукту через робочу зону експандера» [15].

Результати обробки комбінованих кормів в експандері представлені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 Гігієнічна обробка результатів при експандуванні концентрованих кормів

Показники	Загальна обтяженість	Колі- бактерій	Бактерій Е-колі	Грибки Цвілеві	Сальмонели
1	2	3	4	5	6
Комбікорми для свиней	6700000	100000	1000	300	Не виявлено
Комбікорми для птиці	330000	0	1000	0	Виявлено

«Процес експандування концентрованих кормів впливає на збереження біологічно активних речовин, які вводяться до складу комбінованих кормів разом з преміксом або як окремі компоненти. В першу чергу збереження активних речовин стосується вітамінному комплексу. Залишкова активність вітамінів в експандованому комбінованому кормі представлена у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 Залишкова активність вітамінів після обробки кормів на експандері, %

Вітаміни	Експандер		Експандер + прес- гранулятор		Прес- гранулятор	
	101-105 °C	111-115 °C	80-90°C	91-95 °C	86-90 °C	91-95 °C
1	2	3	4	5	6	7
А капсули	97	95	93	90	94	91
D 3 - капсули	98	96	93	91	93	92
Е ацетат	97	95	92	90	93	92
К3	82	78	63	58	75	72
В1 - мононітрат	96	92	87	82	89	87
В2 - рибофлавін	92	88	84	78	89	87
В6 – піридоксин	94	91	85	79	87	85
В12 - кобаламін	97	96	94	92	96	96
Пантотенова кислота	95	92	86	82	89	87
Фолієвая кислота	94	91	85	81	89	87
Біотин	94	91	85	81	89	87
Ніацин	93	89	85	80	90	89
С – фосфат аскорбінової кислоти	98	96	92	89	93	92
Холінхлорид	99	98	97	95	97	97

Примітка» [15].

«Доказом високої ефективності експандування кормів є визначення після виконання самого процесу стабільності біологічно-активних компонентів (амінокислот).

Таблиця 1.3 Порівняльний вміст амінокислот до і після експандування

Показник	Амінокислоти		
	Лізін	Треонін	Метіонін
1	2	3	4
Вміст у необроблених комбікормах, %	0,84	0,61	0,55
Вміст у експандуваних комбікормах (у%) при обробці, ° С 120 °С	0,83	0,59	0,56
130 °С	0,78	0,57	0,54

Примітка» [15].

«Економічну ефективність експандованих комбінованих кормів в порівнянні з аналогічними розсипними і гранульованими комбінованими кормами доводять наступні результати досліджень:

Таблиця 1.4. Показники відгодівлі свиней (від 10 до 40 кг) різними комбінованими кормами

Показники	Витрата кормів, г/день	Збільшення живої маси, г/день	Використання корму на 1 кг приросту ваги
1	2	3	4
Комбікорм розсипний	1007	473	2,13
Комбікорм гранульований	955	470	2,03
Комбікорм експандований	922	476	1,94

Примітка» [15].

«Є низка технологічних помилок про негативний вплив теплової обробки гранулювання і експандування. Основа з цих технологічних

помилки пояснюється тим, що при дуже високих температурах від 150 до 240 °C і тривалій дії в фуражному зерні знижується вміст протеїну, а відповідно знижується доступність лізину. Основна вимога - це робоча температура експандера 80-130 °C і час технологічного процесу не більше 8 секунд» [15].

1.4 Перспективні напрямки покращення технології приготування концентрованих кормів

«Технології екструдуювання кормів від компанії «Інста-Про»

Технологія екструдуювання кормів компанії «Інста-Про» передбачає як конкретно суху екструзію, тому, що екструдуювання відбувається за допомогою тепла, яке отримується в процесі проходження екструдованого кормового продукту через декілька шнекових обмежувачів у корпусі екструдера, так і вологе екструдуювання - можливість використовувати при екструдюванні гарячий пар. Для вологого екструдювання апарат може бути обладнаний камерою попереднього обробітку зернової сировини паром (кондиціонером). Використання гарячого пару подвоює продуктивність процесу і зменшує знос робочої шнекової частини екструдера» [16].

«Процес сухого екструдювання кормів займає менше 30 секунд. За цей час сировина встигає пройти декілька стадій обробітку:

- теплова обробка; в залежності від виду сировини вона проходить повний тепловий обробіток при температурі 120-175 °C, яка покращуючи смакові якості продукту підвищує перетравність поживних речовин, подавляючи негативні властивості початкового продукту;

- стерилізація та знезараження; під дією тиску і температури, хвороботворні мікроорганізми повністю знищуються. Ось чому екструзія є ефективним способом переробки відходів із забійного цеху і продуктів загиблої птиці з птахофабрик і загиблих тварин з тваринницьких комплексів. Активність грибків і токсини бактерій також повністю знищуються, або подавляються до прийняттого рівня;

- збільшення об'єму корму; це є наслідком руйнування структури гранул, розриву стінок клітки і розриву молекулярного ланцюгу крохмалю. Цей фактор підвищує енергетичну цінність готового продукту;
- подрібнення і змішування; не дивлячись на те, що частина сировини подрібнюється і перемішується перед подачею в екструдер, в камерах корпусу екструдеру ці процеси продовжуються до того часу, доки продукт екструдуювання не стане повністю однорідним;
- зневоднення; за 30 секунд перебування кормової сировини в екструдері вміст вологи знижується на 50% (у порівнянні з вихідної);
- стабілізація продукту; високий тиск і температура нейтралізують руйнівну дію ферментів які є причиною прогіркості продукту» [16].

«Як впливає екструзія на складові кормової сировини:

Білки. Екструзійний обробіток кормової сировини підвищує перетравність білків, в наслідок руйнування в молекулах білка вторинних зв'язків робить більш доступними амінокислоти. Завдяки короткочасності теплового обробітку і відносно низьким температурам самі амінокислоти при цьому руйнуються. В той же час екструдери успішно нейтралізують фактори, які негативно впливають на харчову цінність сировини.

Технологія екструзії дуже добре впливає на білкові добавки для жуйних тварин, так як при цьому збільшується кількість білка. Крім того, екструзія забезпечує більш повне засвоювання білка в тонкому відділі кишечника. Внаслідок підвищується продуктивність тварин і знижуються витрати кормів на виробництво продукції» [16].

«Крохмаль. В процесі екструзії крохмаль желатинізується, і це сприяє підвищенню його засвоюваності. При виході із екструдера тиск і температура продукту різко падають, що приводить до збільшення кінцевого продукту в об'ємі.

Жири. У процесі екструдуювання відбувається розрив стінок жирових клітин, внаслідок чого підвищується доступність рослинного масла, збільшується енергетична цінність продукту. Завдяки цьому процесу такі

ферменти, як ліпаза, що викликає гіркоту масла, руйнуються в процесі екструзії, а лецитин і токоферолі, що є природнім стабілізатором, зберігають повну активність і підвищують стабільність масла.

Клітковина. В процесі подрібнення і тертя клітковини подрібнюються, що в свою чергу підвищує її перетравність» [16].

«Смакові якості. Практика та дослідження показують, що технологія екструдювання компанії «Інстра-Про» значно підвищує смакові якості готового кормового продукту. Цьому є декілька причин:

- крохмаль розкладається на більш прості, солодкі компоненти;
- при виході кормового продукту із екструдера зникає неприємний запах, характерний для деякої сировини;
- готовий кормовий продукт має однорідну структуру.

Спектр використання екструдерів досить широкий. Компанією «Інста-Про» розроблені і використовуються на практиці різноманітні технології з використанням екструдерів по виробництву:

- повножирової сої;
- жмиху соєвого (6-7% жиру і 44% протеїну) і соєвого масла;
- соєвої муки напівжирної;
- жмиху і масла із олієвмісних культур;
- переробка на кормову добавку відходів птахівництва і тваринництва;
- знешкодження у насіння культур вмісту антиживильних факторів.

Використовуючи технологічне обладнання «Інста-Про», можна виготовляти як повноцінні комбіновані корми або компоненти для них, так і харчові продукти (інгредієнти для кондитерських виробів).

За допомогою спеціальної насадки до екструдерів (кутера-екструдат) можна подрібнювати корм, надавати готовому продукту різну форму (кільця, сердечка, рибки, кісточки і т.д.), отримують екструдат у вигляді пластівців різної форми та проводить гранулювання (різний діаметр гранул)» [16].

«Технологія гранулювання комбікормів з тепловим щитом.

Загальні вимоги до сучасної комбікормової промисловості можливо вмістити в одній фразі. Промислове виготовлення кормів – це рентабельне виробництво високоякісного комбікорму».

Якість комбікормів визначається їх фізичними властивостями, точною відповідністю своєму призначенню, харчовою цінністю і чистим бактеріологічним статусом. Для виготовлення високоякісної продукції підприємство має бути укомплектоване сучасним обладнанням для теплового обробітку кормів. Таке обладнання і технологія використовуються з метою покращення харчових властивостей і підтримання бактеріологічної чистоти корму. Бажаними і навіть необхідними властивостями використання технології теплового обробітку є малі енергозатрати процесу, безпека та надійність у роботі, виключення можливості зараження кормів.

Гранулювання має добре відомі переваги: отримання комбікорму з високими якісними і гігієнічними показниками, які роблять цей процес ще більше популярним.

З'явилась така технологія декілька років по тому в зв'язку зі складною проблемою зараження корму сальмонелою, з якою зіштовхнувся ряд європейських країн. В Скандинавії вже багато років працює обладнання фірми «Бюлер АГ» для гранулювання, яке спеціально використовують для знезараження таких кормових компонентів, як рибна мука. Це виявилось дуже ефективним для зменшення кількості небезпечних бактерій. На основі їхнього досвіду з'явилась ідея модернізації обладнання для гранулювання кормів, щоб можна було використовувати обладнання для знезараження звичайних комбікормів в масовому виробництві. Розроблена система «тепловий щит». Принцип дії системи простий і ефективний» [17].

«Техніка роботи теплового щита. Час теплового обробітку компонентів кормів збільшено. З цією метою встановлений додатково другий кондиціонер. На приймальному пристрої преса і на поверхні обох кондиціонерів закріплена обігрівальна сорочка - силіконові пластини з електронагрівальними елементами. При цьому створений безпосередній

контакт нагрівальних елементів з поверхнею металу і в той же час забезпечена ефективна ізоляція. Система електричного обігріву забезпечує лише додатковий нагрів продукту і за рахунок цього працює дуже економічно. Одночасно подача гарячого повітря через спеціальні отвори преса виключає конденсацію в проблемних зонах робочої камери пресу.

Використання у кормовому виробництві технології «теплого щита» при гранулюванні забезпечує оптимальний нагрів частинок продукту при безпосередній подачі водяного гарячого пара. Завдяки нагріву стінок кондиціонерів до високої температури поданий пар конденсується саме на частинках продукту пресування, а це в свою чергу значно підвищує ефективність процесу кондиціонування. Поверхні найбільш важливих робочих зон прес-гранулятора додатково обігріваються, що важливо для запускання обладнання в роботу, під час виробничого циклу і після закінчення процесу гранулювання. Температура в зоні пресування підтримується в тих межах, при яких знищуються бактерії сальмонели» [18].

«Переваги системи тепловий щит:

- суха атмосфера в середині кондиціонерів і робочої камери пресу;
- чистий незаражений корм і мінімум мілкої фракції;
- в наслідок більш ефективного кондиціонування економія енергії головного приводу прес-гранулятора;
- великий строк служби прес-форми;
- збільшення продуктивності прес-гранулятора» [17].

«Діюче незараження продукту. Впливання кондиціонування на знищення шкідливих мікроорганізмів в кормі залежить від температури, вологості продукту, тривалості термообробки і ступеня інтенсивності змішування в кондиціонері.

Ефективне незараження комбінованих кормів забезпечується наступними технологічними факторами:

- послідовне використання двох кондиціонерів збільшує тривалість термічної обробки до 30 секунд;

- інтенсивне змішування пресованого продукту гарантує конструкція лопаток кондиціонерів;
- система «тепловий щит» підтримує оптимальний температурний режим продукту в межах 85 °С, при якому знищуються шкідливі бактерії, та не пошкоджуються вітаміни» [17].

«Ефективність використання технології гранулювання з «тепловим щитом» була доведена в ході наукових досліджень, проведених фірмою «Бюлер АГ» під контролем Інституту клінічної мікробіології і імунології (ИКМИ), Санкт-Галден, Швейцарія. Досліди проводили у виробничих умовах на комбікормах для птиці, використовуючи обладнання для гранулювання потужністю 110 кВт та продуктивністю 7,5 т/год. При цьому температура попереднього кондиціювання була в межах 80 °С, величина зазору роликів задана 0,3 мм, температура готових гранул на виході 84 °С. Корм спеціально був заражений бактеріями ентерокока» [18].

«Результати теплового обробітку комбікормів при гранулюванні з системою «тепловий щит» виявились ідентичними результатам обробітку комбікормів при експандуванні, і вони показали, що бактерії сальмонели повністю знищені. Повторний аналіз зразків з позитивною пробою через п'ять днів не виявив жодної бактерії ентерокока. Ці дослідження довели, що такий лагідний тепловий обробіток забезпечує практично повне знищення цього штампа ентерокока, не дивлячись на його більш високу резистентність до температури, ніж у бактерій сальмонели.

Таким чином, ефективність термічного обробітку комбікормів шляхом використання технології «тепловий щит» аналогічна результатам, які досягаються в процесі експандування. При цьому температурний режим, який створюється в технології «тепловий щит» гарантує збереженість ведених в корма вітамінів та інших активних речовин, які можуть бути задіяні впливу більш високих температур. Експлуатаційні і інвестиційні затрати для даної технології значно менші, ніж при використанні інших методів теплового обробітку комбікормів. Наприклад, розрахунок

проведений для швейцарського виробника кормів і враховуючий такі фактори, як затрати електроенергії, гарячого пару, потреби в працівниках, амортизацію обладнання, показав наступні результати: в порівнянні із затратами при традиційній технології гранулювання кормів (прийнято за 100%), затрати виробничі при гранулюванні кормів з технологією «тепловий щит» складають-102%, при використанні технології експандера – 145%.

Ефективність використання технології «тепловий щит» була багаторазово підтверджена успішним використанням при проектуванні нових підприємств і при проведенні реконструкції працюючих ліній гранулювання кормів у всьому світі» [18].

«Технологія експандування комбікормів.

Комбінованих кормів при експандуванні піддається короточасній тепловій дії до п'яти секунд гарячою парою з наступним стисненням в експандері до тиску в 30 атмосфер. На виході з експандера комбікорм потрапляє в зону низького тиску, і в цей момент відбувається як би набухання продукту, розриваються міжклітинні зв'язки, модифікується крохмаль, підвищується доступність вуглеводів до дії ферментів травлення. Крім того знищуються всі хвороботворні бактерії, при транспортуванні комбікорм не розшаровується і не створює запилення. В результаті, при використанні експандованих кормів, зростають прирости тварин, скорочуються терміни їх відгодівлі, знижується смертність тварин і птиці, а також підвищується конверсія корму.

Пропарений комбікорм з кондиціонера потрапляє в експандер. Принцип роботи експандера аналогічний роботі екструдера, але випресування продукту виконується не крізь отвори матриць, а в кільцевий зазор, який регулюють за допомогою гідравлічної системи. В корпусі експандера встановлений шнек, за допомогою якого кормовий продукт переміщається, перемішується і додатково прогрівається до температури 85-100 °C за рахунок сил тертя. Спресований кормовий продукт виводиться через конічний дифузор, закріплений замикаючим конусом. Конусом

регулюють величину зазору вихідних кілець і величину робочого тиску на продукт. В результаті різкого падіння тиску на виході з експандера волога у кормового продукті випаровується і продукт дещо збільшується в об'ємі. Далі експандований комбінований корм піддається грубому подрібненню на лопатевій дробарці і спрямовується на гранулювання або охолодження» [19].

«Основні параметри експандування: температура продукту на виході з експандера, тиск, величину кільцевого зазору постійно реєструють і виводять на монітор. Це дозволяє оператору контролювати візуально процес експандування і при необхідності регулювати процес. Якщо процес вийшов на оптимальний режим автоматизована система управління забезпечує підтримку основних параметрів на рівні заданих значень. В залежності від складу продукту параметри роботи експандера змінюються.

Застосування в технології виготовлення комбікормів експандера покращує роботу гранулятора, дозволяє збільшити введення в гранульовані комбікорми рослинного масла і жиру, сприяє підвищенню продуктивності гранулятора, зменшення товщини стінки матриці і зниження величини зносу пресувальних роликів та матриці» [19].

1.5 Технічний огляд обладнання для волого-теплого обробітку концентрованих кормів

«ТОВ НВП «Експро» розробив і запатентував екструдер Експро-02, який працює за «сухої» технології екструзії (таблиця 1.5). Екструдер призначений для екструзійного обробітку подрібненого зерна кукурудзи, пшениці, ячменю, жита, гороху, бобових і сої з метою отримання високоякісних комбікормів» [20].

«Екструдер має ряд переваг:

- виконаний на розбірній жорсткій рамі;

- обладнаний дозатором з регулятором пропускної здатності до 2000 кг за годину, що дозволяє подавати в екструдер різні продукти в необхідній кількості та з великою точністю;

- має електронний блок автоматизованого керування процесом екструзії, для запобігання роботи машини на не відповідних нормативу режимах, дозволяючи досягати заданих технологічних параметрів можливо за рахунок зміни об'єму камери стиску зернової сировини та під дією переміщення корпусу фільтри;

- має підвищення зносостійкості всіх деталей, які задіяні навантаженням від тертя, температури і тиску;

- малі енергозатрати при виробництві готового корму;

- можливість отримувати повно вживану сою;

- можливість використання обладнання в харчовій промисловості»

[20].

«Таблиця 1.5 Технічна характеристика екструдера Експро-02

Показник	Одиниці виміру	Значення
1	2	3
Максимальна продуктивність, на продукті зерновому	кг/год	1000
на сої	кг/год	1200
Встановлена потужність	кВт	75(90)
Напруга двигуна	В	380
Потужність електродвигуна дозатора,	кВт	1,7
Габарити машини	мм	2200x2200x1650
Маса машини, не більше	кг	2200

Примітка» [20].

«Прес-екструдери типу ПЕ призначені для виробництва з суміші зерна, карбаміду і бентонітового порошку - карбаміду концентрату, який застосовується в тваринництві для годівлі жуйних тварин (корів, овець, свиней) з метою підвищення продуктивності, при нестачі білків в кормах, а також для економії кормів (таблиця 1.6).

Таблиця 1.6 Технічна характеристики прес-екструдерів ПЕ:

Показник	Значення		
	ПЕ-1	ПЕ-КМЗ-2	ПЕ-КМЗ-2У
1	2	3	4
Продуктивність машини, при щільності готового продукту 0,65 кг/л:	500	500	650
підіраного зерна, крупи і зернових сумішей (залежно від виду зерна і крупи, його вологості і вимог до якості), кг/год	250-330	250-330	250-450
Діапазон робочих температур, °С	110-135	110-135	110-135
Маса машини, кг	1220	1200	1065
Габаритні розміри машини:	1620x1940 x1560	1510x1870x 1490	1630x1500x 1500
Потужність основного привода, кВт	56,1	56,1	55
частота обертання двигуна, об/хв	1500	1500	1500
Частота обертання шнека, об/хв	345	345	345-385
Діаметр основного шнека, мм	121	121	123
Питомі витрати енергії на 1 кг продукту, кВт	0,11-0,28	0,11-0,22	0,085-0,22

Примітка» [20].

РОЗДІЛ 2

ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ ЕКСПАНДУВАННЯ

2.1 Обґрунтування робочого обладнання

«Серед головних причин скорочення поголів'я тварин є збитковість тваринницької галузі і підвищення ціни на кормові засоби та незбалансованість раціонів.

Найбільша ефективність використання кормових засобів досягається при згодовуванні їх тваринам та птиці у вигляді повноцінних кормових сумішей, збалансованих за елементами живлення, мікроелементами, вітамінами, антибіотиками, біостимуляторами оскільки такого повного набору складових немає ні в одному виді корму. Суміші, які отримують в кормових цехах для певної групи тварин, повинні суворо відповідати заданій науково обґрунтованій рецептурі раціону. Для цього потрібно провести відповідний розрахунок складу технологічного обладнання кормового цеху, здійснювати модернізації обладнання для виконання чіткої технології приготування кормових сумішей та впроваджувати нові технології у виробництво.

За кордоном вже давно приділяють потрібну увагу виробництва кормової продукції для жуйних тварин різного віку. Одним із часто використовуваних і найбільш ефективних технологічних прийомів є тепловий обробіток кормової сировини.

Найбільш перспективнішим і поширеним прийомом теплового обробітку кормів є експандування. Зернову сировину в цьому випадку зволожують пропарюванням або додатковими рідкими компонентами (жири, олії або м'яса) і подають її в експандер, де в робочому шнековому органі продукт розігрівається, ущільнюється і пресується» [21].

«Оскільки для проходження процесу експандування вологість зернової сировини має бути до 30%, тому нами пропонується до складу зернової

сировини включити зелені соковиті корма, зокрема люцерну (вологістю близько 65-70%). Це дозволить зменшити витрати на зволоження зернової сировини і підвищити поживність готового концентрованого корму.

На підприємстві існує наступна технологія приготування кормових сумішей для годування великої рогатої худоби. До кормового цеху привозять грубі корма, коренеплоди, зелену масу і концентровані корма (рисунк 2.1). Із транспортних засобів коренеплоди завантажуються в приймальні бункера. Потім коренеплоди поступають в мийку-подрібнювач ІКМ-5, де очищуються, миються, подрібнюються до необхідних розмірів і спрямовуються в дозатор соковитих кормів ДС-15. Зерно фуражне подається у норію НЦГ-10, з якої поступає у бункер-накопичувач БСК-10. Із бункера-накопичувача фуражне зерно поступає у барабанний дозатор, далі зерно проходить через магнітну колонку і потрапляє у дробарку КДУ-2. Грубі корма із транспортних засобів подаються в живильник-завантажувач ПМЗ-1,5 з якого транспортуються в подрібнювач ІГК-30, потім подрібнена маса потрапляє в бункер-дозатор 5ДК-200. Зелена маса транспортується в бункер-накопичувач, з якого подається в подрібнювач «Волгарь-5», а після подрібнення в бункер-дозатор для зеленої маси 5ДК-500. Всі кормові компоненти, дозуються в певній кількості та направляються у змішувач 2СМ-1М, а далі вивантажувальним транспортером ТС-40М подаються в кормороздавач КТУ-10А» [21].

«За новою технологією приготування кормів (рисунк 2.2), головні компоненти залишаються без змін. Головною відмінністю у новій технології приготування кормів є заміна дробарки КДУ-2 експандером на базі КМЗ-2М. Це дозволить підвищити поживність і якість кормів, а також зменшити витрати кормів на відгодівлю» [22].

«Підготовлене фуражне зерно подається у норію НЦГ-10, з якої поступає у бункер-накопичувач. Із бункера-накопичувача суміш поступає у барабанний дозатор ДП-1. Далі суміш проходить через магнітну колонку і поступає до змішувача експандера. Частина подрібненої зеленої маси розміром до 10 мм відбирається із бункера-дозатора 5ДК-500 і потрапляє у

змішувач експандера. Основна частина зеленої маси потрапляє у змішувач 2СМ-1М» [22].

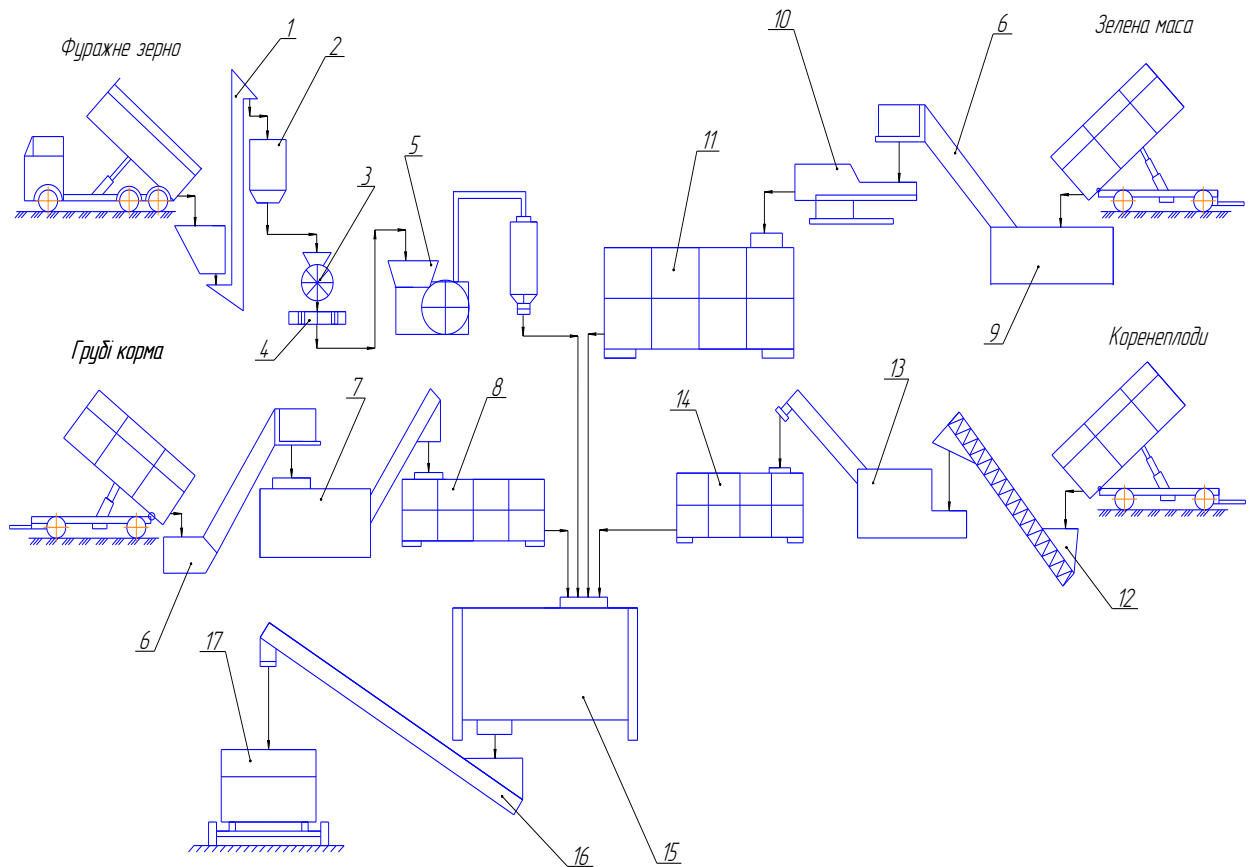


Рисунок 2.1 - Базова технологічна схема розміщення обладнання у кормовому цеху: 1 – норія; 2 – бункер-накопичувач фуражного зерна; 3 – барабанний дозатор для зерна; 4 – магнітна колонка; 5 – дробарка для фуражного зерна КДУ-2; 6 – завантажувач живильник грубих кормів ПМЗ-1,5; 7 – подрібнювач грубих кормів ІКГ-30; 8 – бункер-дозатор грубих кормів ДК-500; 9 – бункер-накопичувач зеленої маси; 10 – подрібнювач зеленої маси «Волгарь-5»; 11 – бункер-дозатор зелених кормів ДК-500; 12 – транспортер для коренеплодів; 13 – мийка-подрібнювач коренеплодів ІКМ-5; 14 – дозатор коренеплодів; 15 – змішувач компонентів кормів; 16 – транспортер вивантажувальний готових кормів; 17 – роздавач готових кормів КТУ-10А

За рахунок додавання до фуражного зерна зеленої маси вологістю 60-70% загальна вологість кормів підвищується до 14%, що дозволяє проводити

процес експандування. Встановлено, що тільки частина доданої зеленої маси потрапляє на експандування.

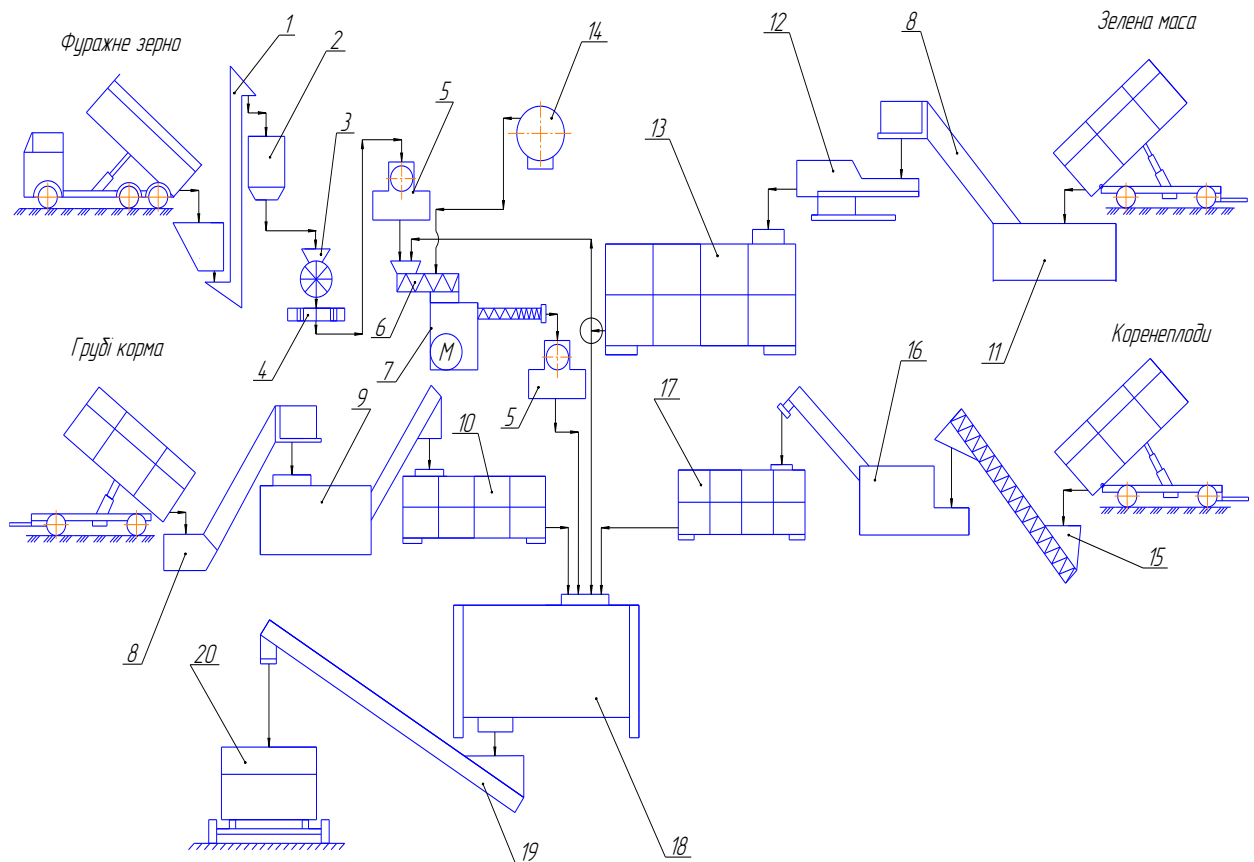


Рисунок 2.2 - Технологічна схема робочого обладнання кормового цеху після впровадження експантрудера: 1 – норія для фуражного зерна НЦГ-10; 2 – бункер-накопичувач зерна БСК-10; 3 – барабанний дозатор зерна ДП-1; 4 – магнітна колонка для очищення зерна; 5 – дробарка зернових кормів ДМ; 6 – змішувач продукту експантрудера; 7 – прес-експантрудер кормів; 8 – завантажувач живильник грубих і зелених кормів ПМЗ-1,5; 9 – подрібнювач кормів грубих кормів ІКГ-30; 10 – бункер-дозатор грубих кормів ДК-500; 11 – бункер-накопичувач зеленої маси; 12 – подрібнювач зелених кормів «Волгарь-5»; 13 – бункер-дозатор зеленої маси ДК-500; 14 – котел-пароутворювач КП-200; 15 – транспортер для коренеплодів; 16 – мийка-подрібнювач коренеплодів ІКМ-5; 17 – дозатор коренеплодів ДС-15; 18 – змішувач компонентів кормів 2СМ-1М; 19 – вивантажувальний транспортер для готових кормів ТС-40М; 20 – роздавач готових кормів КТУ-10А

«Перевагами нового способу виробництва кормів є:

- підвищення засвоюваності і якості кормів на 20-25%;
- знешкодження шкідливих для годівлі компонентів;
- тепловий обробіток білка при температурі 80-120 °С сприяє зниженню рівня розчинності білка без погіршення перетравності. Після експандування кормових компонентів розчеплення білку знижується майже в два рази.
- висока якість розподілу компонентів в експандаті;
- одночасно з експандуванням здійснення додаткового подрібнення зернових і трав'яних компонентів;
- уникнення додаткових затрат на додаткове зволоження корму.

Удосконалена технологія є досить ефективною і може використовуватися в комбікормовому виробництві» [23].

2.2 Розрахунок кормової сировини для обробки в експандері

«На тваринницькій фермі утримується 300 голови ВРХ. До складу тварин входять: нетелі, корови дійні, телята старше 1 року, телята до 6 місяців, телята від 6 місяців до 1 року. Структуру поголів'я тварин заносимо в таблицю 2.1.

При розрахунку потреби в кормах для тваринницької ферми в основу розрахунків покладені рекомендовані зоотехнічні кормові норми, які в кожному господарстві корегуються в залежності від наявності структури поголів'я, нормованих угідь, посівних оборотів, продуктивності тварин та їх живої маси.

Добові витрати готового корму для ферми ВРХ – це P_o , кг розраховуємо для кожного виду корму за формулою:

$$P_o = n_1 * m_1 + n_1 * m_1 + \dots + n_n * m_n = \sum n_i * m_i \quad (2.1)$$

Де $n_1, n_2 \dots n_n$ – добові норми годівлі готового корму на одну тварину для різних груп, кг;

m_1, m_2 і так далі – поголів'я тварин у групах, гол» [23].

«Таблиця 2.1 Структура поголів'я тварин на фермі

Група тварин	Відсоток від загального поголів'я	Кількість голів
1	2	3
Корови дійні	50	150
Нетелі	8	23
Телята до 6 місяців	26	80
Телята від 6 місяців до 1 року	6	17
Телята старше 1 року	10	30
Всього	100	300

Таблиця 2.2 Раціон для відгодівлі і дорощування ВРХ на тваринницькій фермі, кг/гол на добу.

Група тварин	Вид корму	
	Концентрати	Маса зелена
1	2	3
Корови дійні	3,8	21,0
Нетелі	1,5	20,0
Телята до 6 місяців	0,5	5,0
Телята від 6 місяців до 1 року	1,2	12,0
Телята старше 1 року	1,2	18,0

Примітки» [23].

Дерть зернова і бобова:

$$P_0 = 150 \cdot 3,8 + 23 \cdot 1,5 + 30 \cdot 1,2 + 17 \cdot 1,2 + 80 \cdot 0,5 = 640 \text{ кг на добу}$$

Подрібнена зелена маса:

$$P_o = 147 \cdot 21,0 + 23 \cdot 20,0 + 29 \cdot 18,0 + 17 \cdot 12,0 + 78 \cdot 5,0 = 4370 \text{ кг на добу}$$

«Розраховуємо річні потреби готового корму за формулою:

$$P_p = P_o \times T_d \times k \quad (2.2)$$

де P_o – добові витрати корму на фермі;

T_d – період годівлі тварин на фермі (365 днів);

k – коефіцієнт, який враховує псування готових кормів при зберіганні» [23].

Дерть зернова і бобова:

$$P_o = 638 \cdot 365 \cdot 1,01 = 235 \text{ тони на рік};$$

Подрібнена зелена маса:

$$P_o = 4369 \cdot 365 \cdot 1,03 = 1643 \text{ тони на рік};$$

Оскільки для процесу експандування концентрованих кормів потреба в зеленому кормі складає 36% від маси фуражної зернової сировини, тому процесу експандуванню піддаватиметься 85 тони зеленої маси на рік.

За розрахунками для задоволення власних потреб на тваринницькій фермі потрібно обробляти в експандері 320 тони кормової сировини на рік.

«За добу в експандері потрібно обробляти наступну кількість сировини:

$$Q_d = Q_p / (n_d \times k_z), \quad (2.3)$$

де Q_p - річна кількість оброблювальних кормів, тон;

n_d – кількість робочих днів по літньому раціону;

k_z – кількість змін, за добу» [23].

$$Q_d = 320 / (265 \cdot 1) = 1,5 \text{ тони за добу}$$

РОЗДІЛ 3

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЕКСПАНДУВАННЯ КОНЦЕНТРОВАНИХ КОРМІВ

3.1 Теоретичні дослідження процесу експандування концентрованих кормів

«Процес експандування – це термомеханічний обробіток продукту, що дозволяє отримувати структурований корм, який має переваги перед процесом екструдування з добавкою великого відсотку рідини (жиру, олії, м'яси) і у використанні більш складної і дешевшої сировини, питома енергомісткість процесу експандування в 4-6 разів менша ніж екструдування сировини.

Особливе значення в роботі експандера має головка, яка формує температурний режим і тиск в робочому просторі сумісно із зовнішнім підведенням теплоти і дією гвинтової поверхні шнека на кормову сировину.

Процес експандування забезпечує наступні переваги: введення великої кількості рідких компонентів – жиру, олії, м'яси; знешкодження шкідливих для годівлі тварин компонентів; покращення засвоюваності і якості кормів; більш високу продуктивність процесу пресування; використання більш складної і дешевої для пресування сировини; кращу збереженість вітамінного складу готового корму; менші енергозатрати в порівнянні із традиційним обробітком кормової сировини на пресах» [24].

«Процес ущільнення кормової сировини в експандері можна розділити на чотири зони (рисунок 3.1):

Перша зона - перемішування, переміщення кормової суміші вздовж шнека та початок ущільнення;

Друга зона - наростання тиску, пресування і руйнування часток;

Третя зона - подальше підвищення тиску, температури і перехід корму в в'язкий пластичний стан;

Четверта зона - продавлювання продукту через отвори вихідної головки шнека» [24].

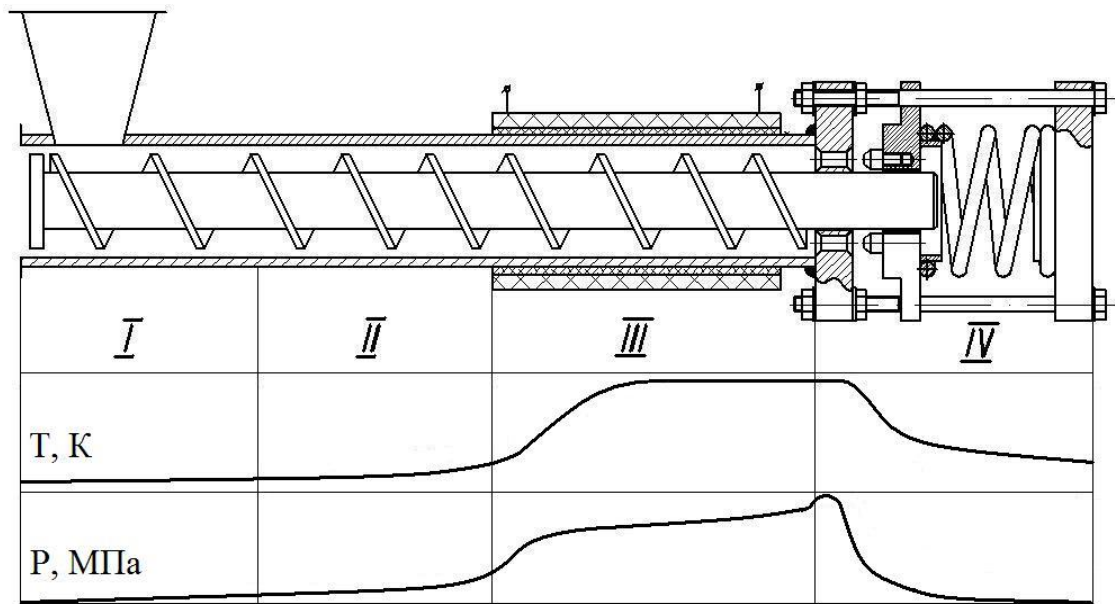


Рисунок 3.1 – Робочі зони ущільнення кормового продукту в експандері

«Розглянемо режим роботи шнекового обладнання експандера без пружини на вихідний голівці. Довжина кільцевого каналу головки експандера L_k і внутрішній радіус на початку каналу r_k змінюються при переміщенні конуса. При закритому режимі вихідна довжина L_k дорівнює L_{k0} ($L_{k0} = 0$) (рисунок 3.2)» [24].

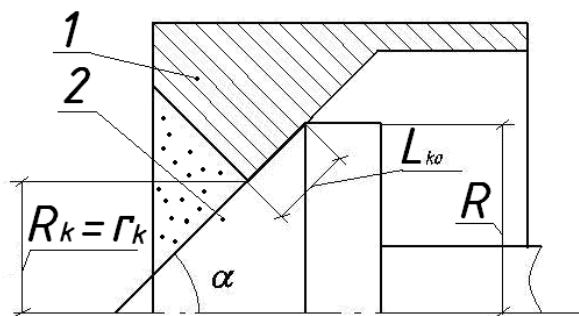


Рисунок 3.2 - Положення шнекової головки експандера на початку роботи: 1 - корпус експандера; 2 – конус для зажиму головки експандера.

«При цьому величини $r_{k0} = R_k$. На початку каналу зовнішній радіус R_k при переміщенні конуса не змінюється, $R_k = \text{const}$. Конус перемістився на відстань Δx вправо (рисунок 3.3)» [24].

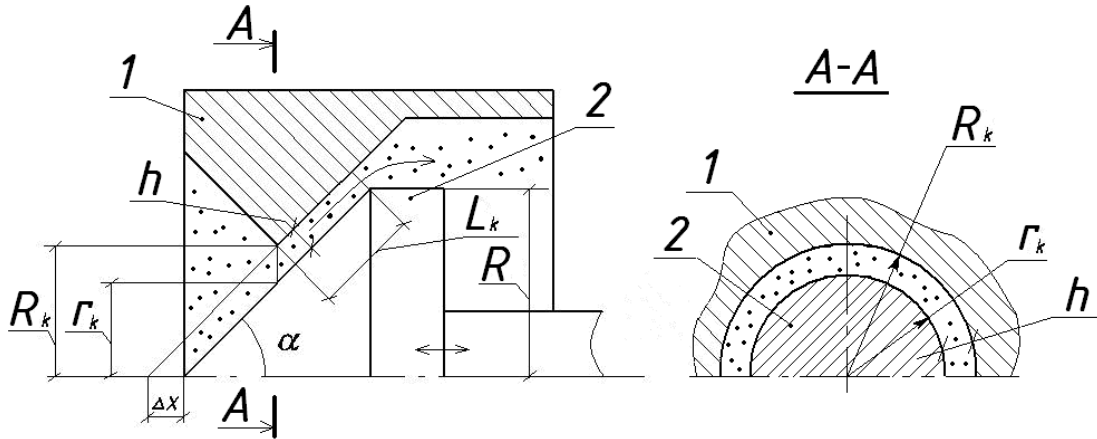


Рисунок 3.3 - Положення головки експандера під час роботи:

1 - корпус експандера; 2 – конус для зажиму головки експандера.

«Формули для розрахунку:

$$r_k = R_k - \Delta x \cdot \operatorname{tg} \alpha, \quad (3.1)$$

$$L_k = L_{k0} + \Delta x \cdot \cos \alpha., \quad (3.2)$$

Наприклад, при $\alpha = 60^\circ$ буде

$$r_k = R_k - \Delta x, L_k = L_{k0} + \Delta x/2, \quad (3.3)$$

де Δx - осьове переміщення конуса.

Розрахунок пропускної здатності вихідної головки експандера, кг / с:

$$Q_{\text{ЕКСП}} = \frac{\pi \cdot (P_{\text{ш}} - P_{\text{АТМ}}) \cdot \rho_{\text{ш}} \cdot m}{8 \cdot \eta \cdot L_k} \left\{ R_k^4 - r_k^4 + \frac{(R_k^2 - r_k^2)^2}{\ln \frac{R_k}{r_k}} \right\} \cos^4 \alpha \quad (3.4)$$

де L_k - довжина кільцевого каналу шнека, м;

R_k, r_k - зовнішній і внутрішні радіуси на початку шнекового каналу , м;

α - кут між твірною регулюючого конуса і його висотою;

P_{III} - щільність суміші в кінці третьої зони, кг/м^3 ;

m - кількість каналів шнекової головки експандера;

P_{ATM} - максимально можливий тиск оброблюваної кормової суміші на останньому витку шнека наприкінці третьої зони, Па;

η - динамічна в'язкість кормової суміші в третій зоні, Па·с» [24].

«З рівняння (3.3) визначаємо залежність основного регульованого конструктивного параметра експандера - ширини кільцевого каналу ($R_k - r_k$) і від тиску P_{III} при $R_k = \text{const}$.

Важливий параметр при експандуванні, який задається в залежності від необхідної якості і виду оброблюваної кормової сировини – це тиск суміші P_{III} наприкінці 3-ї зони максимально по всій довжині шнека. Цей параметр (тиск) залежить від ширини кільцевого вихідного каналу.

При повністю закритих отворах вихідної головки тиск кормової суміші P_{III} наприкінці третьої зони буде максимальним. Тиск між першою і другою зонами практично відсутній, визначається за формулою (рисунк 3.1), Па:

$$P_{\max III} = (z_{II} + z_{III}) \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot D^2 \cdot \omega \cdot \eta}{(D - d)^2} \quad (3.5)$$

де z_{II} , z_{III} - число витків шнека в другій і третій зонах;

D , d - зовнішній і внутрішні діаметри робочого шнека, м;

ω - частота обертання шнека в робочому положенні, с^{-1} » [24].

«Формула (3.4) може бути записана у вигляді, кг / с :

$$Q_{\text{експ}} = \frac{P \cdot \rho}{\eta} \xi \quad (3.6)$$

де P - тиск (середній тиск більший атмосферного $(P_{III} - P_{ATM})/2$), Па;

ρ - щільність кормової суміші, кг/м^3 ;

ξ - геометричний параметр зажимної головки (залежить від R_k , r_k , L_k , α , m).

При заданих параметрах R_k , L_{ko} , α - можна зобразити залежність ξ (Δx) графічно. При $\Delta x = 0$ буде $\xi_0 = 0$ (тому що $R_k = r_k$).

При $r_k = 0$, формула має вид

$$\xi_{\max} = \frac{\pi R_k^4 \cos^4 \alpha \cdot m}{4 \cdot \left(L_{ko} + \frac{R_k \cdot \cos \alpha}{\operatorname{tg} \alpha} \right)} \quad (3.7)$$

При $\Delta x > R_k \cdot \cos \alpha / \operatorname{tg} \alpha$ формула для $Q_{\text{ЕКСП.}}$ буде іншою» [24].

«Продуктивність шнека наприкінці третьої зони, кг/с:

$$Q_{\text{ШН.}} = 0,25 \cdot \pi \cdot (D^2 - d^2) \cdot (h_{\text{Ш}} - e) \cdot \omega \cdot P_{\text{Ш}} \cdot \varepsilon_{\text{Ш}} \quad (3.8)$$

де $h_{\text{Ш}}$ - крок витків шнека в третій зоні, м;

e - товщина витка шнека, м;

$\varepsilon_{\text{Ш}}$ - коефіцієнт осьового переміщення кормової суміші останнім витком шнека в третій зоні, обумовлений провертання маси відносного шнека» [24].

«Умова неперервності потоків кормового матеріалу, що забезпечує стійку роботу експандера, визначається рівністю пропускної здатності вихідної головки (3) і продуктивності шнека (4):

$$Q_{\text{ЭКСП.}} = Q_{\text{ШН.}} \quad (3.9)$$

Звідси можна знайти коефіцієнт переміщення продукту ε . При закритому режимі вихід $Q_{\text{ЭКСП.}} = 0$, значить $Q_{\text{ШН.}} = 0$ та $\varepsilon = 0$, тобто кормовий продукт не рухається» [24].

«Більш результативною для розрахунку продуктивності шнека є формула, де враховані коефіцієнти форми для проти потоку та середньої в'язкості в потоці, кг/с:

$$Q_{\text{шн.}} = \pi \cdot D \cdot w \cdot (h - \delta) \cdot \omega \cdot \cos(\theta) \cdot (f_d / 2) - \left(h^3 \cdot w \cdot f_{ps} f_{pd} / 12 \cdot n \cdot \mu_c \right) \cdot \left(\frac{dP}{dx} \right), \quad (3.10)$$

де D - зовнішній діаметр шнека для пресування, м;

h - глибина витка шнека, м;

w - ширина витка шнека (через крок S , $w = S \cos(\theta)$), м;

δ - зазор між краєм витка і поверхнею шнека, м;

θ - кут нахилу витка шнека, рад.;

$$\theta = \arctg S / \pi(D - 2\delta)$$

n - показник степеневого закону в рівнянні течії рідини (кормового матеріалу), наприклад, для не подрібненого насіння ріпаку, $n = 0,1298$;

μ_c - в'язкість не нютонівської рідини, (Па · с);

P – тиск в робочій зоні, Па;

X - довжина шнекового каналу, м;

f_d - коефіцієнт форми вимушеного потоку;

$$f_d = 1 - (0,487 n^2 - 0,948n + 0,972) h / w$$

f_{ps} - коефіцієнт форми для проти потоку сировини, викликаного опором вихідного пристрою;

$$f_{ps} = 1 - (0,949 n^2 - 1,87 n + 1,59) h / w$$

f_{pd} - коригуючий коефіцієнт для середньої в'язкості сировини в потоці ($f_{pd} = 0,98$)» [24].

«Вздовж осі шнека градієнт тиску $\left(\frac{dP}{dx} \right)$ можна приблизно замінити на

$\left(\frac{P}{L} \right)$. Формулу (3.10) можна написати у новому вигляді, кг/с:

$$Q_{\text{шн.}} = A \cdot \omega - B \cdot P \quad (3.11)$$

де,

$$A = \pi \cdot D \cdot w \cdot (h - \delta) \cos(\theta) \cdot (f_d/2);$$

$$B = h^3 \cdot w \cdot f_{ps} \cdot f_{pd} / 12 \cdot n \cdot \mu_c \cdot L$$

A і B величини, що залежать від розмірів та геометричних параметрів шнека. Параметри величин A і B приблизно постійні для заданого шнека;

L - довжина шнека, м» [24].

«Рівняння (3.11) можна записати у вигляді:

$$\frac{P \cdot \rho}{\eta} \xi = A \cdot \omega - B \cdot P \quad (3.12)$$

Це рівняння дозволяє розрахувати робочі характеристики експандера (продуктивність, тиск і число обертів експандера). Величини ρ і η вважаємо постійними, тоді рівняння (3.9) набуде наступного вигляду, кг/с:

$$Q_{\text{ЭКСП.}} = P \cdot \xi' \quad (3.13)$$

де

$$\xi' = \xi \rho / \eta;$$

$$\xi = \frac{\pi \cdot m \cdot \cos^4 \alpha}{4 \cdot L_k} \cdot \left(R_k^4 - r_k^4 + \frac{(R_k^2 - r_k^2)}{\ln \frac{R_k}{r_k}} \right)$$

Продуктивність експериментального експандера на підставі геометричних перетворень може бути представлена наступним виразом, кг/с:

$$Q_{\text{ЭКСП.}} = \frac{C \cdot (\Delta x + \lambda)}{F_{\text{эф}}} \xi' \quad (3.14)$$

де λ - деформація сировини при незмінному зазорі, м;

Δx – величина переміщення головки експандера, м;

C - коефіцієнт жорсткості регулюючої пружини, Па;

$F_{\text{еф.}}$ - ефективна площа поперечного перерізу корпусу шнека, м²» [24].

«Пружина в роботі експандера виконує роль демпфера. Вона підтримує робочий тиск у вихідній камері і виключає появу різких стрибків тиску, які можуть створюватися випадковими зовнішніми чинниками.

Час обробки кормової суміші при експандуванні корму визначається за формулою:

$$\tau_{\text{об}} = 2 \cdot [h_I \cdot z_I + (h_{II} \cdot z_{II} + h_{III} \cdot z_{III}) / \varepsilon_{\text{ср}}] / \omega \cdot D + \tau_{\text{вих}} \quad (3.15)$$

де $\tau_{\text{вих}}$ - час проходження кормової суміші через головку, с;

$\varepsilon_{\text{ср}}$ - середнє значення коефіцієнта осьового переміщення суміші у другій і третій зонах» [24].

«Час проходження суміші через головку, секунди:

$$\tau_{\text{вих}} = \frac{8 \cdot L_k \cdot \eta}{(P_{III} - P_{\text{АТМ.}}) \cdot (R_k - r_k) \cdot m} \quad (3.16)$$

На нагрівання кормової суміші до необхідної температури t_k наприкінці третьої зони витрачається наступна кількість енергії, Дж:

$$E_M^t = m_M \cdot c_M \cdot (t_k - t_n) \quad (3.17)$$

де m_M - маса кормової суміші в машині при сталому режимі роботи, кг;

c_M - теплоємність кормової суміші при постійному тиску, Дж / (кг * °С);

t_n, t_k - початкова і кінцева температура кормової суміші, °С» [24].

«Маса кормової суміші в машині при сталому режимі роботи, кг:

$$m_M = Q_{\text{ЭКСП.}} \cdot \tau_{\text{об}} \quad (3.18)$$

Теплові втрати від нагрівання корпусу машини і навколишнього повітря в кормовому цеху, Дж:

$$E_{\text{пот.}} = k_{\text{тп.}} \cdot F_{\text{кн.}} \cdot (t_{\text{Мср}} - t_{\text{в}}) \cdot \tau_{\text{об}} \quad (3.19)$$

де $k_{\text{тп}}$ - коефіцієнт теплопередачі, Дж / (м² с °С);

$$k_{\text{тп}} = 1 / (1/\alpha_{\text{м}} + \delta / \lambda + 1 / \alpha_{\text{в}})$$

$\alpha_{\text{м}}$, $\alpha_{\text{в}}$ - коефіцієнт теплопередачі кормової суміші до корпусу машини і від нього в навколишнє середовище, Дж / (м² с °С);

δ - товщина стінки шнекового корпусу, м;

λ - коефіцієнт теплопровідності корпусу шнекової головки, Дж/(м²с °С);

$t_{\text{Мср}}$ - середня температура (по довжині робочої камери) кормової суміші, °С;

$$t_{\text{Мср}} = (t_{\text{н.}} - t_{\text{к.}}) / 2$$

$t_{\text{в}}$ - температура навколишнього повітря, °С;

$F_{\text{кн.}}$ - площа зовнішньої поверхні циліндричного шнекового корпусу, м²» [24].

«Загальна енергія споживання, Дж:

$$E_{\Sigma} = E_{\text{М}}^{\text{т}} + E_{\text{М}}^{\text{р}} + E_{\text{пот}} = M_{\text{кр.}} \cdot \omega \cdot \tau_{\text{об}} \quad (3.20)$$

де $E_{\text{М}}^{\text{р}} = (0,7...0,85)$ – енергії для стиснення кормової суміші, Дж;

$M_{\text{кр.}}$ - крутний момент на валу шнека, Нм.

Енергія додаткового джерела електричного підігріву, Дж:

$$E_{\text{н}} = \alpha_{\text{м}} \cdot F_{\text{кв}} \cdot (t_{\text{ц}} - t_{\text{к}}') \cdot \tau_{\text{ц}} = E_{\Sigma}' - M_{\text{кр}} \cdot \omega \cdot \tau_{\text{об}} \quad (3.21)$$

де $F_{\text{кв.}}$ - площа внутрішньої поверхні шнекового корпусу, м^2 ;

$t_{\text{ц}}$ - середня температура шнекового корпусу, яка необхідна для додаткового підігріву суміші експандування до $k > t_k$, $^{\circ}\text{C}$;

E_{Σ} - сумарна енергія для нагрівання кормової суміші до температури t_k (визначається аналогічно E_{Σ}), Дж» [24].

«Сумарна потужність для нормальної роботи експандера, Вт:

$$N_{\text{эк}} = \frac{E_{\text{М}}^t + E_{\text{пот.}} + \eta \cdot E_{\text{М}}^p}{\eta_{\text{м}} \cdot \tau_{\text{об}}} + N_{\text{н}} + N_{\text{хх}} \quad (3.22)$$

де $\eta_{\text{м}}$ - коефіцієнт який характеризує перетворення механічної енергії в теплову;

$N_{\text{н}}$ - потужність елемента електричного нагрівання, Вт;

$N_{\text{хх}}$ - потужність на холостому ході установки, Вт.

$\eta_{\text{э}}$ - КПД експандера, розраховується за формулою:

$$\eta_{\text{э}} = \frac{P_{\text{III}} \cdot Q_{\text{эксп.}}}{N_{\text{эк}} \rho} \quad (3.23)$$

де P_{III} - тиск кормової суміші у вихідній головки експандера, Па;

$Q_{\text{эксп.}}$ - середня продуктивність експандера, кг/с » [24].

3.2 Аналіз методики і результатів оптимізації процесу експандування концентрованих кормів

«Принципова зміна технології приготування кормової суміші полягає в тому, щоб на лінії підготовки зернової сировини продукт буде проходити волого-тепловий обробіток разом із зеленою масою. В процесі експандування зернової сировини разом із зеленою масою відбувається перерозподіл вологи між компонентами кормової суміші, що позитивно позначається на процесі екструзії. Крім того встановлено, що витрати β -каротину при експандуванні

кормів не перевищують 10 %, тоді як при виробництві трав'яної муки вони можуть доходити до 50 %.

Запропонована технологія виробництва кормових сумішей для ВРХ є енергозберігаючою, не дивлячись на використання експандера в порівнянні з традиційною технологією, яка передбачає подрібнення зерна на молоткових дробарках. Введення зеленої маси з великим вмістом природної вологи допомагає уникнути додаткових витрат на зволоження кормового продукту перед його експандуванням.

Запропоновану технологію можна застосовувати при виробництві кормових сумішей із зеленою масою не тільки для великої рогатої худоби, але й для інших сільсько-господарських тварин. Максимальна кількість зеленої трави, спрямованої на експандування спільно з фуражним зерном коливається в межах 16-32 %.

Технологічна схема виробництва кормової суміші з включенням сирової трав'яної маси має деякі відмінності. Головна відмінність в тому, що експандується не вся кормова суміш, а її зернова частина, а потім екструдат прямує на змішування з рештою компонентів кормової суміші» [24].

«В результаті розрахунку математичної моделі процесу екструзії кормової сировини були отримані результати відповідно до кількості зеленої маси, таблиця 3.1.

Як ми можемо побачити з таблиці 3.1 за результатами спостерігається певна залежність. В залежності від відсоткового вмісту зеленої маси в кормовій суміші вона стає більш пластичною, що одразу можна спостерігати виходячи із затрат енергії.

Але є низка причин чому не можна вводити зелену масу ще більшими відсотками. Максимальна кількість зеленої маси повинна коливатися в інтервалі 16-32 відсотка. Це обумовлено тим, що існують певні обмеження які характеризують вміст клітковини у готовому продукті. А якщо ввести велику кількість зеленої маси експандат при стисканні закипить і це може призвести до негативних наслідків готового продукту» [25].

«Також в результаті статистичної обробки процесу експандування з демпферним пристроєм було визначено оптимальну питому енергоємність 12,6 кВт/т, при вмісті зеленої маси 30-32 відсотка і мінімальних витрат енергії стискання та залежно від частоти обертання шнека 130-140 об/хв. Обґрунтовано, що нагріванні суміші в зоні максимального ущільнення досягається при температурі 110-130 °С» [25].

«Таблиця 3.1 Результати математичного моделювання процесу екструзії кормової сировини

Відповідна кількість зеленої маси, Q, %	Затрати електроенергії на одиницю продукції кВт/т
1	2
16	38,6
17	36,4
18	35,3
19	33,7
20	31,5
21	30,1
22	28,4
23	26,6
24	24,9
25	23,6
26	21,5
27	19,7
28	18,3
29	16,2
30	14,3
31	13,6
32	13,0

Використання даної технологічної схеми експандера дозволяє вводити в склад кормового продукту до 25 % гороху (в той час як за нормами не більше 10 відсотків, без обробітку), в результаті продукт стає більш багатим на білки та амінокислоти» [25].

Вимоги до готового кормового продукту після процесу експандування представлені в таблиці 3.2.

«Таблиця 3.2 Вимоги до готового кормового продукту

Назва показників	Норми
Зовнішній вид, смак, запах, колір.	Поверхня продукту гладка, бугриста з ярко вираженими пластичними течіями. У зламі продукту видно однорідну пористу структуру. При розминанні продукту руками утворюються частинки без пиловидних фракцій. Колір більш світліший, ніж кормова сировина. Приємний хлібний запах і смак.
Коефіцієнт вспученості, у відносних одиницях.	Не менше 2,5
Вологість готового продукту, %	Не більше 16
Гігроскопічність	Не гігроскопічний до відносної вологості повітря – 85 %
Ступінь декстринізації крохмалю, %	20-30

Примітка» [25].

3.3. Висновки за розділом

У результаті проведених теоретичних досліджень робочого процесу експандування концентрованої кормової сировини обґрунтована залежність

продуктивності та енергоємності технологічного процесу від конструктивних та режимних параметрів експандера.

Також теоретично встановлено, що підвищення ефективності роботи пресових машин для виробництва кормів методом експандування можливо при встановленні пружини на робочій головці експандера.

Базові виробничі експандери мають мінімальні витрати енергії в межах 15-17 кВт на одну тону. При використанні експериментального експандера енергетичні затрати на технологічний процес зменшуються на 16 %.

За результатами проведених теоретичних досліджень технологічного процесу волого-теплого обробітку кормової суміші методом експандування визначені зміни характеристик кормової сировини при проходженні її по функціональним ділянкам (зонах ущільнення кормів).

В роботі проведено обґрунтування конструктивної технологічної схеми експандера, яка здатна обробляти сировину в широких діапазонах співвідношення складових компонентів кормової суміші: зерно ячменю – до 50%, зерно гороху – до 20%, а зелена маса до – 30%.

Застосування в роботі методу математичного планування при дослідженні технологічного процесу експандування концентрованих кормів, дало можливість визначити оптимальну питому енергоємність процесу в межах 12,6 кВт на тону готового продукту, яка залежить від частоти обертання пресового шнека 130-140 об/хв. При додаванні зеленої маси у межах від 30 до 32 % і мінімальних витратах енергії стискання досягається нагрівання кормової суміші в зоні максимального ущільнення до температури 110-130°C.

Методом порівняльного аналізу питомих енергетичних затрат при волого-тепловому обробітку концентрованих кормів на базовому обладнанні та експериментальному експандері було встановлено, що цей важливий робочий енергетичний показник зменшився на 16 %.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ПРАЦІ НА ВИРОБНИЦТВІ

4.1 Загальні положення з охорони праці на виробництві

«Охорона праці – це система законодавчих актів, організаційних, соціально-економічних, технічних, гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів спрямованих на збереження здоров'я, створення безпечних умов і працездатності людини в процесі праці. Складовими охорони праці є законодавство про працю, безпека застосування різних технічних засобів і виробнича санітарія у сільськогосподарському підприємстві, включаючи і пожежну безпеку» [32].

«Головна умова розвитку охорони праці:

- максимальне знешкодження шкідливих виробничих факторів;
- створення здорових, комфортних і безпечних умов на робочому місці;
- підвищення продуктивності праці;
- зниження професійного захворювання і виробничого травматизму, обумовленого виробничими процесами, та продовження роботи здатності працівників і максимальний розвиток їх творчих здібностей.

Актуальність проблеми охорони праці – це захист водного і повітряного басейнів, боротьба з шумом і вібрацією, наукове прогнозування можливих шкідливостей і небезпек виробництва та інших заходів, які сприяють зберіганню оптимального середовища існування людини.

Для вирішення задач з охорони праці на підприємстві створена служба з охорони праці. До якої входять керівник підприємства, а також керівники структурних підрозділів» [32].

«Керівник підприємства несе відповідальність за організацію і стан охорони праці на підприємстві і повинен:

- забезпечувати створення безпечних і здорових умов праці на робочих місцях;

- наказом кожен рік призначати з числа посадових осіб відповідального за охорону праці в кожній галузі виробництва;
- комплектувати службу з охорони праці відповідно зі штатними нормами, і забезпечити її керівництво;
- в установленому порядку приймати участь в розслідуванні нещасних випадків;
- регулярно перевіряти стан охорони праці на підприємстві, цехах;
- забезпечити проведення паспортизації санітарно-технічного стану підприємства;
- забезпечити працівників санітарно-побутовими приміщеннями по діючим нормам;
- організовувати пропаганду охорони праці, забезпечувати інструкціями і учбово-наочними посібниками;
- організовувати своєчасно перевірку знань, навчання і підвищення кваліфікації працівників з питань охорони праці;
- забезпечувати розслідування та облік нещасних випадків на підприємстві;
- забезпечити фінансування заходів з охорони праці» [32].

«Спеціаліст з охорони праці координує і організовує роботи з охорони праці в структурних підрозділах і контролює їх виконання. До його обов'язків входить:

- упровадження досягнень науки, техніки та передового досвіду з охорони праці;
- надання допомоги спеціалістам в розробці та удосконаленні інструкцій з охорони праці на робочих місцях;
- здійснення контролю та своєчасної видачі спецодягу, спецвзуття;
- контроль за своєчасним фінансуванням заходів з охорони праці;
- перевірка знань та організація навчання працівників;
- контроль за виконанням заходів по протипожежному захисту;

- контроль за якістю і своєчасністю проведення інструктажів на робочих місцях з охорони праці;
- проведення вступного інструктажу з охорони праці;
- участь в розслідуванні нещасних випадків відповідно до положення.

Таким чином, комплексне управління охорони праці з боку керівника підприємства забезпечує успішне рішення задач з охорони праці в цілому на підприємстві» [32].

«Трудове законодавство на підприємстві: тривалість робочого дня 8 годин, працівники забезпечені засобами індивідуального захисту, спецодягом, спецвзуттям.

Забезпечення умов мікроклімату на робочих місцях здійснюється природною вентиляцією робочих місць.

Також на території тваринницької ферми, а також у приміщеннях розміщені пожежні щитки з усім необхідним обладнанням для гасіння пожеж.

Для працівників кормового цеху проводяться наступні заходи:

- працівники мають спеціальну кімнату для відпочинку;
- працівники користуються спецодягом, захисними окулярами, респіраторами;
- кормовий цех обладнують комбінованою вентиляцією;
- машин для приготування кормів встановлено згідно вимог;
- для запобігання переохолодженню ніг на підлозі біля кожної машини встановлено настили;
- слизьку та вологу підлогу посипають тирсою або іншим матеріалом;
- у місцях установки машин, обладнання і механізмів вивішені правила безпеки праці, особистої гігієни і надання першої медичної допомоги потерпілим;
- органи управління обладнанням розміщені так, що враховуються послідовність їх використання, а також зручність і легкість управління;

- органи аварійного вимикання (кнопки) розміщені на обладнанні, таким чином, що вони доступні та мають відповідні написи і пофарбовані в червоний колір;

- в кормовому цеху є пожежний щиток, з необхідним інструментом» [32].

На підприємстві періодично проводяться інструктажі з пожежної безпеки. На кожному виробничому об'єкті розміщено план евакуації працівників і тварин.

«При роботі лінії приготування кормів проводяться наступні технологічні операції:

- підготування робочого місця працівника, інструменту;
- перевірка технічного стану машин, обладнання;
- підготовка до роботи машин і обладнання;
- нагляд за технологічним процесом;
- ремонт і обслуговування машин і обладнання.

При виконанні вище перерахованих операцій на працівників можлива дія наступних шкідливих і небезпечних факторів: запиленість, шум, неоптимальні мікрокліматичні умови, освітленість робочої зони, електричні удари» [46].

«Для запобігання дії шкідливих і небезпечних факторів необхідно провести наступні заходи:

- для обслуговування машин і обладнання в кормовому цеху потрібно допускати працівників, які пройшли навчання по роботі з цим обладнанням і захистили знання з охорони праці;

- для захисту працівників від ураження електричним струмом потрібно встановлювати на робочому обладнанні захисне заземлення та занулення;

- в робочому приміщенні, щоб захистити працівників від запиленості, шуму і вібрації потрібно встановити вентиляцію, кондиționери та звукоізолюючі засоби (кожухи, екрани, стіни), які виготовляють із щільного захисного матеріалу;

- перед запуском в роботу машин для приготування кормів необхідно впевнитись в їх справності, наявності захисних кожухів, міцності кріплень болтових з'єднань та ланцюгових передач;
- під час роботи обладнання забороняється стояти навпроти викидання маси, так як предмети які потрапили в неї можуть травмувати працівника.
- одяг працівників для запобігання захопленню робочими органами повинен бути добре заправленим, не мати довгих рукавів, волосся підібране і накрите головним убором.
- для запобігання запиленню робочої зони потрібно до комбінованої вентиляції встановити місцеву;
- для працівників кормового цеху повинні проводитись всі потрібні інструктажі і навчання з охорони праці, також повинен бути журнал з проведення інструктажів, з відповідними записами» [46].

4.2 Розрахунок вентиляції кормового цеху

«Приміщення кормового цеху найчастіше забруднюється пилом, тому проведемо розрахунок вентиляції.

Необхідний повітрообмін $L_{потр}$, м³/год., залежить від кількості речовин шкідливих, що потрапляють в повітря приміщення, гранично допустимої концентрації шкідливої речовини (ГДК) обчислюється за формулою:

$$L_{потр} = \frac{G}{q_{ГДК} - q_0} \quad (4.1)$$

Де $q_{ГДК}$ – гранично допустима концентрація пилу, м³/год.

Приймаємо $q_{ГДК} = 6$ м³/год.;

q_0 - концентрація пилу в чистому повітрі, м³/год.,

приймаємо $q_0 = 1$ м³/год.;

G – кількість шкідливої речовини, що виділяє кормовий цех за годину,

кг/год., приймаємо $G = 0.8$ кг/год.

$$L_{номр} = \frac{0,8 * 10^6}{6 - 1} = 160000 \text{ кг/ГОД.};$$

За рахунок неорганізованої вентиляції здійснюється до 20-30% повітрообміну. Потрібно подати 70-80% чистого повітря у приміщення за допомогою організованої природної вентиляції» [49].

«Розрахунок природної організованої вентиляції.

Розрахунок зводиться до визначення площі поперечного перерізу повітропроводу S , m^2 ,

$$S = \frac{L_{номр}}{V_{\epsilon} * 3600} \quad (4.2)$$

де V_{ϵ} - швидкість руху повітря у повітрозбірнику, м/с.

Визначаємо швидкість руху повітря в повітрозбірнику за формулою:

$$V_{\epsilon} = \mu \sqrt{\frac{2\Delta H}{\rho_3}} \quad (4.3)$$

де μ - коефіцієнт опору повітря в повітропроводі, приймаємо $\mu = 0,5-0,6$;

$\rho_3, \rho_{вс}$ – щільність повітря в середині і зовні приміщення, кг/м³;

ΔH - перепад тиску в повітропроводі, Па.

Перепад тиску розраховується по формулі:

$$\Delta H = 9.8 * h * (\rho_3 - \rho_{вн}) \quad (4.4)$$

Де h - висота відкритої з обох кінців вентиляційної труби.

Приймаємо $h = 6$ м» [49].

«Розраховуємо щільність повітря ρ , кг/м³, за формулою:

$$\rho = \frac{353}{(273 + t)} \quad (4.5)$$

Де t – температура повітря, °C.

Якщо температура в середині приміщення - 25 °C, а зовні – 17 °C, то

$$\rho_z = 353 / (273 + 25) = 1,184 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_{вс} = 353 / (273 + 17) = 1,217 \text{ кг/м}^3;$$

$$\Delta H = 9,8 * 6 * (1,217 - 1,184) = 1,94 \text{ Па};$$

$$V_{\epsilon} = 0,6 \sqrt{\frac{2 * 1,94}{1,184}} = 1,08 \text{ м/с}.$$

З врахуванням неорганізованої вентиляції потрібний повітрообмін становить 30%, $L_{потр} \text{ м}^3/\text{год}$ » [49].

$$L_{нотр} = \frac{100 - 30}{100} * 160000 = 112000 \text{ м}^3/\text{год}.;$$

«Розраховуємо необхідний переріз повітропроводів S , м^2 :

$$S = \frac{112000}{1,08 * 3600} = 2,8 \text{ м}^2 ,$$

За розрахунками діаметр трубопроводів повинен бути $D=2,8\text{м}$. Це нереально. Можна спроектувати 10 трубопроводів ($n=10$), діаметром 0,5 м. Тоді

$$L_{\phi} = 10 * \frac{3,14 * 0,5^2}{4} * 1,08 * 3600 = 7630,2 \text{ м}^3/\text{год}.;$$

Таким чином за рахунок природної вентиляції в приміщення кормового цеху можна подати повітря, $\text{м}^3/\text{год}$ » [49].

$$L_{np} = L_{неорг} + L_{орг} = 0,3 * 160000 + 7630,2 = 55630,2 \text{ м}^3/\text{год.} \quad (4.6)$$

«Розрахунок штучної вентиляції кормового цеху.

Потрібний повітряний обмін штучної вентиляції кормового цеху L_{np} , $\text{м}^3/\text{год.}$, розраховуємо за формулою:

$$L_{um} = L_{номп} + L_{np} \quad (4.7)$$

$$L_{np} = 160000 - 55630,2 = 104369,8 \text{ м}^3/\text{год.};$$

При площі перерізу труби повітропроводів $S=4,5 \text{ м}^2$ (необхідно 5 труб по $0,8 \text{ м}^2$), швидкість руху повітря в трубі V_v , м/с розраховуємо по формулі:

$$V_v = \frac{L_{um}}{5 * 3600} \quad (4.8)$$

$$V_v = \frac{104369,8}{5 * 3600} = 5,8 \text{ м/с.};$$

Потрібний тиск напору повітря H , Па , розраховуємо по формулі:

$$H = \left(\frac{V_v}{m}\right)^2 * \frac{\rho_{вн}}{2} \quad (4.9)$$

$$H = (5,8/0,6)^2 * (1,184/2) = 54,3 \text{ Па} \gg [49].$$

«Втрати напору повітря від опору трубопроводу:

$$H_{вт} = \tau * \frac{l}{D} * \frac{V * \rho_{вн}}{2} \quad (4.10)$$

Де τ - коефіцієнт, що враховує опір повітропроводів.

Приймаємо $\tau = 0,02$;

V - середня швидкість руху повітря, м/с. ;

D - довжина повітропроводів, м ;

l - довжина повітропроводів, м» [49].

$$H_{вт} = 0,02 * \frac{40}{0,8} * \frac{5,8^2 * 1,184}{2} = 19,5 \text{ Па};$$

«Втрати напору повітря на подолання місцевих опорів, $H_{вт}$, Па, розраховуємо за формулою:

$$H_{мо} = \sum E * \frac{V_e^2 * \rho_{вн}}{2} \quad (4.11)$$

де $\sum E$ - коефіцієнт, що характеризує опір усіх місцевих елементів в повітропроводі.

Приймаємо $\sum E = 0,25$.

$$H_{мо} = 0,25 * \frac{5,8^2 * 1,184}{2} = 4,9 \text{ Па};$$

Загальний тиск повітря $H_з$, Па, розраховуємо за формулою:

$$H_з = H + H_{вт} + H_{мо} \quad (4.12)$$

$$H_з = 54,3 + 19,5 + 4,9 = 78,7 \text{ Па} \gg [49].$$

Потужність електродвигуна N для вентиляції виробничого приміщення, Вт розраховуємо за формулою:

$$N = \frac{L_1 * H_з}{3600 * \eta_e * \eta_n} \quad (4.13)$$

де L_1 - повітрообмін через одну трубу, м³/год;

$$L_1 = \frac{L}{5} = \frac{1044369,8}{5} = 20873,96 \text{ м}^3/\text{год};$$

η_e - ККД робочого вентилятора;

η_n - передаточний коефіцієнт двигуна.

Для осьового вентилятора Ц-4-70N10 при частоті обертання робочого валу $\omega = 300$ об/хв., коефіцієнт ККД=0,8:

$$N = \frac{20873,96 * 78,7}{3600 * 0,8 * 0,95} = 916 \text{ Вт}$$

За розрахунками приймаємо електродвигун для вентилятора потужністю не менше 0,9 кВт.

4.3 Інструкція з безпеки життєдіяльності оператора кормоцеху

«Загальні вимоги безпеки життєдіяльності.

До роботи в кормовому цеху допускаються чоловіки віком від 18 років, які пройшли інструктаж, необхідне навчання і здали екзамен з охорони праці і техніки безпеки та мають задовільний стан здоров'я.

До самостійного виконання робіт допускаються особи, які під керівництвом керівника або досвідченого робітника пройшли стажування протягом 2-5 змін і оволоділи навичками безпечного виконання технологічних операцій.

Працівники повинні дотримуватись правил розпорядку трудового дня, режимів праці і відпочинку, куріння і вживання їжі дозволено у спеціально відведених місцях, вживати алкогольні напої в робочий час та на робочому місці категорично заборонено. Робітник має виконувати тільки ту роботу, по якій пройшов інструктаж і на яку видано завдання, не передоручати свою роботу іншим особам» [50].

«При роботі у кормовому цеху на працівників можлива дія шкідливих і небезпечних виробничих факторів:

- транспортні засоби що рухаються;
- предмети і вантажі що переміщуються;
- обвали і падіння предметів і кормів, уламки та електричний струм;
- нагріті частини виробничого обладнання, гаряча вода, пара і інші термічні фактори; падіння з висоти; зерно, комбікорм;

- токсичні і хімічні речовини, що викликають опіки і отруєння.

Працівники на виробництві повинні користуватись спецодягом, спецвзуттям та використовувати спеціальні засоби захисту (респіратори, окуляри, навушники)» [50].

«Працівники повинні дотримуватись правил виробничої санітарії і особистої гігієни. У виробничих приміщеннях кормового цеху в міру забруднення проводити прибирання підлоги, вікон, стін і стелі вологим способом.

Підходи та проїзди до пожежного інвентарю, обладнання та джерел води повинні бути вільними. Приміщення і територія повинні систематично очищатися від горючих матеріалів.

Не допускається в'їзд тракторів і автотранспорту на майданчики складування кормів і в кормовий цех без іскрогасників, застосування електричних ламп, потужність яких перевищує гранично допустиму для даного типу світильника.

Необхідно виконувати вимоги інструкції з пожежної безпеки, знати розташування і уміти користуватися засобами пожежогасіння та надання першої (долікарської) допомоги потерпілому» [50].

«У разі виявлення несправності виробничого обладнання, інструменту, а також при порушенні норм безпеки і травмування працівників негайно повідомити про це керівнику.

Оператор повинен сумлінно виконувати трудові обов'язки і дотримуватись правил безпеки праці на виробництві.

За порушення законодавства про працю, правил і норм охорони праці і пожежної безпеки працівники несуть: дисциплінарну, адміністративну, матеріальну і кримінальну відповідальність» [50].

Вимоги безпеки перед початком роботи у кормовому цеху.

«Перед початком роботи працівники повинні пройти інструктаж з техніки безпеки та зробити відповідні записи в журналі.

Перед початком роботи працівники підготовляють робоче місце, дістають необхідний інструмент для роботи і проводять перевірку технічного стану обладнання.

Порядок перевірки справності технологічного обладнання:

- провести зовнішній огляд обладнання, цілісність, комплектність;
- перевірити кріплення робочих органів, захисних кожухів та у разі необхідності підтягнути;
- перевірити відсутність зайвих об'єктів на обладнанні, а також поруч з ними, у проходах, які могли б заважати роботі працівників;
- перевірити наявність захисних огорожень на рухомих об'єктах обладнання, і тих, що мають підвищену небезпечність (високу температуру, працюють під високим тиском);
- перевірити справність захисної сигналізації;
- перевірити стан електричного обладнання (цілісність кабелів, контактів, корпусів, пускової апаратури, захисного заземлення);
- перевірити наявність і готовність до використання води вогнегасників та інших засобів пожежогасіння;
- переконатися в наявності і комплектності аптечки першої медичної допомоги;
- перевірити наявність кормової сировини та її відповідність зоотехнічним нормам» [51].

Вимоги безпеки життєдіяльності під час роботи у кормовому цеху.

«Перед пуском обладнання кормового цеху в роботу необхідно переконатися в тому, що на ньому не проводяться будь-які роботи. Запустити обладнання на холостому ході.

Подавати кормову сировину в машину треба рівномірно. Стежити, щоб до обладнання разом з сировиною не потрапили каміння, палиці та інші сторонні предмети.

Проштовхувати кормову сировину під шнековим пресом або горловиною приймального бункера оператор машини повинен тільки за допомогою проштовхувача довжиною не менше 1 м з ручкою.

Під час роботи подрібнювача кормів не можна стояти проти напрямку викидання маси, бо в неї може потрапити твердий предмет і завдати працівнику травму.

При забиванні камер подрібнення, труб або циклонів кормами необхідно зупинити машину для очищення, відключити рубильником підвід електроенергії і вивісити табличку «Не включати - працюють люди!»

Якщо на підлогу пролиті вода, олія, пальне та інші продукти потрібно негайно їх видалити або посипатися нейтралізаторами і поглиначами (пісок, тирсу) з наступним прибиранням.

При роботі обладнання постійно контролювати температуру електродвигунів та підшипників.

Вантажно-розвантажувальні роботи виконувати за допомогою підйомно-транспортного обладнання. При виконання механізованих робіт використовувати вантажопідйомні машини, пристосування і тару, що відповідають виду робіт, які пройшли технічний огляд і є справними на момент початку робіт.

При ручному перенесенні вантажів дотримуватися граничних норм для переміщення важких речей: для чоловіків старше 18 років вантаж не більше 50 кг.

Важкі, довгі і небезпечні вантажі переміщати удвох, а за необхідністю великою кількістю робітників» [51].

Вимоги безпеки після закінчення роботи в кормовому цеху.

«Після закінчення роботи у кормовому цеху відключити електроживлення систем управління, перекрити парову магістраль. Звільнити обладнання від залишків кормів, з мийних машин злити воду. Переконавшись у відсутності високих температур на частинах обладнання.

Виробниче обладнання, що працює під тиском, за показниками приладів перевірити на наявність залишкового тиску.

Приміщення для подрібнення кормів очистити від пилу.

Приміщення кормового цеху очистити від залишків кормів. Вологу або слизьку підлогу посипати тирсою, піском та іншими матеріалами, які потім видалити.

Виконати вимоги гігієни. Спецодяг зняти, почистити, здати на обслуговування або зберігання» [51].

Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях.

«При виникненні аварійних ситуацій обслуговуючий персонал повинен негайно вжити заходів щодо зупинки виробничого обладнання кормового цеху в тому порядку, який передбачений правилами експлуатації.

При наявності небезпеки для життя і здоров'я персонал зобов'язаний вжити необхідних заходів для усунення можливостей розвитку аварійної ситуації. При наявності небезпеки покинути аварійну зону, попередивши працівників, що перебувають в безпосередній близькості від неї.

Забороняється проводити ремонт обладнання в аварійній ситуації без зупинки обладнання.

При аварійних випадках в першу чергу усувається небезпечний фактор (перекривається подача гарячого пара, відключається електроенергія, зупиняються рухомі механізми обладнання), потім надати потерпілому першу (долікарську) допомогу і направити його в медичний пункт.

Під час ремонту виробничого обладнання його необхідно відключити від джерела живлення, заглушки та засувки закрити, на засобах управління вивішують таблички (Не включати - працюють люди).

Кожен працівник, який виявив загоряння або пожежу зобов'язаний негайно повідомити про це адміністрації, протипожежній охороні; приступити до гасіння пожежі наявними засобами (вогнегасник, пожежний кран, пісок); при необхідності організувати евакуацію працівників, тварин і цінностей з небезпечної зони.

Для поліпшення організації праці, умов праці і підвищення рівня безпеки праці на сільськогосподарському підприємстві пропонується:

- покращити технічний стан виробничого обладнання;
- покращити якість проведення навчань по обслуговуванні та експлуатації обладнання;
- запровадити навчання з правильного поводження робочим інструментом;
- за порушення вимог з охорони праці і техніки безпеки вести додаткову відповідальність;
- ретельно і своєчасно проводити інструктажі з охорони праці» [52].

РОЗДІЛ 5

ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ТЕПЛООВОГО ОБРОБІТКУ КОНЦЕНТРОВАНИХ КОРМІВ

«Метою економічного обґрунтування в роботі є отримання додаткового прибутку, від модернізації лінії переробки концентрованих кормів у кормовому цеху.

Для досягнення поставленої мети необхідно провести модернізацію старого обладнання кормового цеху і встановити переобладнаний експандер на базі КМЗ-2У, для зміни технології обробки фуражного зерна. Нова технологія дозволить:

- виготовляти тваринний корм високої якості, засвоюваність якого на 10-15% більша від звичайного;
- збільшити вміст вітамінів в кормі, розширити вибір складових рецептури приготування корму для різних груп та видів тварин;
- вводити в комбінований корм велику кількість рідких компонентів (масла, жири, м'яса);
- знешкодження шкідливих компонентів для живлення.

Готовий кормовий продукт буде мати набагато кращу якість ніж звичайні концентровані корма, а комбікормам буде поступатись лише наявністю додаткових компонентів. Продукт експандування через низьку собівартість, буде дешевшим ніж комбікорм і більш доступнішим для сільськогосподарських підприємств, тому на ринку продукт знайде свого споживача» [34].

Після проведення модернізації лінії приготування концентрованих кормів у кормовому цеху, собівартість приготування однієї тони готових кормів зменшиться на 380 грн., а економічна ефективність виробництва складе 279165 грн. Загальна сума коштів для кредитування обладнання необхідного для реалізації проекту кормового цеху становить 1000000 грн. Термін для погашення кредиту становить за три роки і два місяці.

У кваліфікаційній роботі проведено впровадження сучасної нової, більш досконалої технології обробітку фуражного зерна, що дає можливість виготовляти першокласну продукцію з більшим відсотком вмісту поживних та біологічно активних речовин і компонентів для годівлі тварин і птиці.

Модернізацію лінії приготування кормів планується впроваджувати у власному підприємстві, головним ринком споживання кормової продукції буде власна тваринницька ферма. З часом підприємство планує продавати виготовлену якісну кормову продукцію на зовнішній ринок.

Споживачами зернової кормової продукції можуть бути інші підприємства, в яких є галузь тваринництво або птахівництво, а також присадибні фермерські господарства і місцеве населення.

Виготовлена кормова продукція буде новинкою на ринку і в найближчий час не буде мати великої конкуренції .

Для виробництва кормової продукції планується створювати стратегію маркетингу. Головна увага ціноутворення буде приділятися якості готової кормової продукції і доступності ціни на неї.

Кормовий продукт планується продавати сусіднім сільськогосподарським підприємствам та фермерам, через власну контору з можливістю доставки власним транспортом.

«Ціноутворення продукту буде здійснюватися за витратною стратегією. При цьому прогнозована відпускна ціна готового продукту буде розрахована за формулою:

$$Ц = \frac{100+P}{100} * C \quad (5.1)$$

де: Ц – відпускна ціна готового кормового продукту, грн/т.;

P – рівень рентабельності виробництва продукту, %;

C – розрахункова повна собівартість виготовлення продукції, грн/т..

Відпускна ціна продукту після розрахунку повинна бути в проміжку коливання ринкових цін, можливо навіть меншою, при цьому можливі зміни рівня рентабельності» [34].

На підприємстві планується встановлювати доступні ціни для стимулювання продажів, менші ніж на ринку. Також ввести систему знижок для постійних споживачів кормів та доставляти кормову продукцію власним транспортом за власний рахунок в межах територіального району.

Виробництво повноцінних концентрованих кормів для задоволення власних потреб на тваринницькій фермі, підприємство планує здійснювати в тій же кількості, що і до модернізації кормового цеху (320 тони). Але планується виготовлення ще більшої кількості готового кормового продукту для зовнішнього ринку. На перший рік після модернізації планується виготовити і реалізувати 150 тон якісного кормового продукту.

Сировину для виготовлення кормової продукції (ячмінь, фуражне зерно і горох) підприємство планує отримувати від власного виробництва.

Організація робіт з виробництва кормового продукту планується проводитись на базі власного підприємства. Модернізація в кормовому цеху планується проводити на лінії виробництва концентрованих кормів. Наявність виробничого обладнання і кормової сировини є в достатній кількості на підприємстві.

Працівники кормового цеху повинні мати достатню кваліфікацію, та мати великий досвід роботи. За вимогами при необхідності можна підвищити кваліфікацію працівників кормового цеху.

Модернізація технологічної лінії концентрованих кормів у кормовому цеху матиме фінансове та економічне значення, яке полягає у зниженні собівартості виготовлення високої якості повноцінних концентрованих кормів. Це сприятиме зниженню собівартості виробництва продукції тваринництва.

Розрахунок техніко економічної ефективності модернізації технологічної лінії концентрованих кормів наведено в таблиці 5.1.

Обсяги виробництва кормової продукції будуть коливатись в залежності від кількості поголів'я тварин на підприємстві та рівня попиту на виготовлену продукцію зовнішнього ринку.

Таблиця 5.1 Розрахунок собівартості та економічного ефекту виробництва повноцінних концентрованих кормів

Показники для розрахунків	Лінія кормів до модернізації	Лінія кормів після модернізації	Показник відхилення
1	2	3	4
Обсяг робіт - всього, т.	460	460	0
Продуктивність лінії кормів за одну годину, т.	1.9	1,2	-0,7
Трудовісткість роботи лінії кормів, год.	255	382	127
Кількість працівників у кормового цеху, люд.	1	1	0
Витрати праці - всього, люд.-годин.	255	380	125
Тарифний розряд працівника у цеху	5	5	0
Годинна тарифна ставка, грн.	47	47	0
Оплата праці по тарифу – всього, грн.	165500	248250	82850
Оплата працівникам з нарахуванням, грн.	249900	374850	124950
Витрати електроенергії, кВт/год.	34	40	6

Потреба в електроенергії на рік, кВт.	8600	15940	7330
Вартість електроенергії, грн./кВт.	2,76	2,76	0,00
Витрати на електроенергію, грн.	75390	140150	55670
Загальна кількість кормів, тон	460	460	0
ячмінь	320	240	-80
горох	140	100	-40
зелена маса	0	130	130
Ціна кормів грн. за 1тону			
ячмінь	5500	5500	0
горох	8600	8600	0
зелена маса	0	200	200
Витрати на корма - всього, грн.	3780250	2856450	-923700
Витрати гарячого пару, кг на одну тону	0	40	40
Витрати гарячого пару на всього, тони.	0	25	25
Ціна гарячого пару, грн. за 1т.	0	4200	4200
Вартість гарячого пару - всього, грн.	0	92100	92100
Вартість – всього, грн.	1140000	2030000	940000
- споруди	700000	700000	0
- обладнання для цеху	540000	1520000	920000
Навантаження	950	1500	650

нормативне на рік, год.			
Амортизація, %.			
- споруд	5	5	0
- обладнання	25	25	0
Амортизація, всього, грн.	70650	148900	78350
- споруди	15800	14200	-1500
- обладнання	54850	134650	-79900
Витрати на ремонт і обслуговування, %.			
- споруди	5	5	0
- обладнання	15	15	0
Витрати на технічне обслуговування, грн.	27200	54300	-27200
- споруди	7900	7100	-790
- обладнання	19200	47100	-27900
Загальні витрати, грн.	3968980	3309810	-658770
Витрати на управління і організацію роботи, грн.	793750	661950	-134800
Загальні виробничі витрати, грн.	4762520	3971890	-790670
Собівартість готової продукції, грн за 1 тону.	14460	12740	-1780
Загальні капіталовкладення, грн.	0	950000	950000
Економічна ефективність роботи цеху, грн.		790650	790650
Термін окупності, років.		3,2	3,2

Дані таблиці 5.1 свідчать, що після проведення модернізації лінії приготування концентрованих кормів у кормового цеху собівартість однієї тони готової продукції зменшиться на 178 гривні, а модернізація окупить себе за три роки і два місяці. Отже модернізація є економічно вигідною і рекомендована для впровадження у виробництво продукції тваринництва.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

До впровадження модернізації лінії приготування концентрованих кормів на тваринницькій фермі у кормовому цеху зернові компоненти проходили наступні операції: подрібнення, змішування компонентів і роздавання тваринам. Але корма не проходять термічної обробки.

Така технологія приготування концентрованих кормів на тваринницькій фермі не є ефективною, оскільки зернова сировина є джерелом різних бактерій. Тому в кваліфікаційній роботі було запропоновано здійснити модернізацію існуючого кормового цеху, з метою встановлення прес-екструдера на лінії приготування концентрованих кормів. Така технологія є енергомісткою (120-150 кВт/т). Було прийнято рішення використати альтернативну технологію експандування кормів. Вона відрізняється від процесу екструдювання лише способом видавлювання продукту через регульоване конусне сопло. Прийнята технологія має енергомісткість (15-20 кВт/т), при цьому готовий продукт не поступається за поживністю. Але для якісного процесу експандування сировина повинна мати вологість 20-30%. Для до зволоження кормового продукту було прийнято рішення використати зелену масу (вологість 70-80%).

Отже в роботі проведено дослідження, які стосуються можливості використання зеленої маси для до зволоження кормової сировини для виробництва концентрованих кормів. Для цього був використаний прес-екструдер з модернізованою головкою.

Внаслідок оптимізації технологічного процесу волого теплового обробітку концентрованих кормів отримали:

- при зміні технології відбувається зменшення енерговитрат з 120-150 кВт, до 15-20 кВт, при цьому отримується продукт не гіршої якості;
- внаслідок використання зеленої маси як додаткового джерела вологи відбувається кращий її розподіл в середині корму, а це дозволяє уникнути

додаткових витрат на зволоження сировини та додаткового збагачення готового продукту білком і β -каротином;

- порівняльним аналізом базових і експериментальних експандерів виявлено, що енергоємність процесу знижується на 16%.

В роботі представлений план на модернізацію лінії виробництва концентрованих кормів у кормовому цеху, з якого видно, що він є економічно доцільним, що проявляється в зменшенні собівартості концентрованих кормів з 14456 грн. до 10720 грн. за одну тону готового продукту. Для реалізації необхідні інвестиції в розмірі 900000 грн., а витрати на модернізацію окуплять себе за два роки і два місяці. Крім того виготовлені корми можна реалізовувати на зовнішній ринок, тим самим отримувати додатковий прибуток на підприємстві.

ДОДАТКИ