ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра технології зберігання і переробки сільськогосподарської продукції

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а
до дипломної роботи
освітнього ступеня "Магістр"
на тему:

Обґрунтування процесу підготовки кормів для споживання мікронізацією та екструдуванням

Виконав: студент 2 курсу, групи МгХТз-1-20
за спеціальністю 181 "Харчові технології"

_____ Рухлінський В.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник: _____ проф.Чурсінов Ю.О. _____
(прізвище та ініціали)

Рецензент: _____ _____
(прізвище та ініціали)

Дніпро 2022

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра: «Технології зберігання і переробки сільськогосподарської продукції»
Освітній ступінь: "Магістр"
Спеціальність: 181 "Харчові технології"

З А Т В Е Р Д Ж У Ю
Зав. кафедри Чурсінов Ю.О.
« » _____ 202 р.

З А В Д А Н Н Я

на дипломну роботу магістра студенту
Рухлінському Владиславу Вадимовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Обґрунтування процесу підготовки кормів для споживання мікронізацією та екструдуванням

керівник роботи: д.т.н., проф. Чурсінов Юрій Олесійович
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від « 29 » 11.2021 року № 3648

2. Строк подання студентом роботи: 14.02.2022 р.

3. Вихідні дані до роботи: Вихідні дані до процесів обробки сировини мікронізацією та екструдуванням. Технічні характеристики основного обладнання.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Аналіз процесів та обладнання по переробці зернових матеріалів мікронізацією та екструдуванням. Характеристика сировини. Програма і методика досліджень. Проведення експериментальних досліджень та обробка результатів. Економічна частина. Охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Графічні та табличні матеріали використовуються для створення презентації.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-3	Технологічна частина. д.т.н., проф. Чурсінов Ю.О.		
4	Економічна частина. к.е.н., доц. Павленко О.С.		
5	Охорона праці. к.т.н., доц. Кравець В.В.		

7. Дата видачі завдання 29.11.2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Аналіз процесів обробки сировини мікронізацією та екструдуванням	29.11.÷05.12.21 р.	
2.	Розробка програми і методики досліджень	05.12.÷15.12.21 р.	
3.	Обробка результатів експериментальних досліджень	15.12.÷27.01.21 р.	
4.	Виконання економічної частини	27.01.÷02.02.22 р.	
5.	Виконання охорони праці	02.02.÷08.02.22 р.	

Студент _____ Рухлінський В.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Чурсінов Ю.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Тема: **«Обґрунтування процесу підготовки кормів для споживання мікронізацією та екструдуванням»**

Дипломна робота магістра: _____ с., _____ рис., _____ табл., _____ додатків, _____ літературних джерела.

Предметом дослідження є зернова сировина злакових культур та бобових, як соя, для виробництва кормів.

Об'єкт дослідження – процеси обробки сировини для споживання мікронізацією та екструдуванням.

Метою роботи є знаходження параметрів обробки зернової кормової сировини в готову продукцію мікронізацією та екструдуванням.

Методи дослідження – механічні, фізичні, хімічні та біологічні.

У дипломній роботі проведені дослідження по визначенню параметрів процесу обробки зернової сировини інфрачервоним опромінюванням та екструдуваням. Розглянуті процеси мікронізації сировини сої в нерухомому та рухомому шарі й знайдені раціональні параметри її обробки для нагрівання до температури, при якої якість отриманних кормів найвища. Обрані параметри обробки сировини екструдуванням, де основними параметрами визначені тиск і температура обробки, та рекомендовані для виробництва.

Запропонована схема мікронізатора для можливості впровадження до виробництва.

КЛЮЧОВІ СЛОВА

Мікронізація; технологічний процес; інфрачервона обробка; екструдування; параметри процесу; температура; тис; потужність; сировина; готовий продукт; корми; результати; обґрунтування.

ЗМІСТ

ВСТУП……7
Розділ 1. АНАЛІЗ ПРОЦЕСІВ ТА ОБЛАДНАННЯ ПО ПЕРЕБОЦІ ЗЕРНОВИХ МАТЕРІАЛІВ В КОРМИ МІКРОНІЗАЦІЄЮ ТА ЕКСТРУДУВАННЯМ……..9
1.1. Аналіз процесів переробки зернової сировини мікронізацією……..9
1.2. Аналіз процесів переробки зернової сировини екструдуванням…….....16
1.3. Характеристика якості сировини і кормового продукту після підготовки мікронізацією та екструдуванням…….....20
1.4. Аналіз патентних досліджень по процесам переробки мікронізацією та екструдуванням……..21
1.5. Мета і задачі досліджень……28
Висновки до розділу 1……28
Розділ 2. ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ……...30
2.1. Програма проведення досліджень…….....30
2.2. Опис установок, прилади та обладнання для забезпечення проведення досліджень……31
2.3. Методика визначення характеристик процесу при обробки сировини мікронізацією……...33
2.4. Методика визначення параметрів процесу при обробці сировини екструдуванням……33
2.5 Значення основних показників отриманих якісних кормів……34
Висновки до розділу 2……34
Розділ 3. ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ……35
3.1. Значення основних параметрів обробки зернових матеріалів мікронізацією…...35
3.2. Визначення основних параметрів процесу при обробки сировини екструдуванням……38
3.3. Комплексні значення результатів обробки на якість вироблених з зернових матеріалів кормів……..40

3.4. Практичні рекомендації виробництву використання методів обробки сировини мікронізацією та екструдуванням……41
Висновки по розділу 3……..47
Розділ 4. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА……49
4.1. Організація проведення досліджень……49
4.2. Витрати, пов'язані з проведенням дослідження……..53
4.3. Розрахунок вартості дослідження……56
Висновки до розділу 4……...57
Розділ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ……..58
5.1. Правила організації охорони праці на підприємстві по підготовці зернової сировини для споживання мікронізацією та екструдуванням……58
5.2. Заходи безпеки праці при підготовці кормів до споживання мікронізацією та екструдуванням……...60
5.2.1. Загальні положення……..60
5.2.2. Основні вимоги безпеки перед початком роботи……..61
5.2.3. Вимоги безпеки під час виконання робіт……...62
5.2.4. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях……..62
5.2.5. Вимоги безпеки після завершення роботи…….....63
5.3. Аналіз виробничого травматизму на підприємстві по підготовці кормів до споживання мікроназацією та структуруванням…….....63
5.4. Розрахунок захисного заземлення машин і обладнання виробничої лінії цеху....65
5.5. Заходи з поліпшення умов праці……65
5.6. Безпека в надзвичайних ситуаціях на виробництві……66
Висновки по розділу 5……..67
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ……68
СПИСОК ВИКОРИСТАННИХ ДЖЕРЕЛ…….....70
ДОДАТКИ……...……74

ВСТУП

Рослинні білки в сирому вигляді містять шкідливі ензими (наприклад, соя або насіння льону). Мікронізація є одним з найбільш ефективних і економічно вигідних способів усунення шкідливих ензимів без ризику втрати лізину та інших амінокислот, чутливих до тепла. Зерно набуває приємний горіховий присмак, зберігаючи високий рівень висококалорійних олій в готовому продукті.

Тому мікронізація це технологічний процес, який застосовує інфрачервоне випромінювання, тобто вузький спектр інфрачервоних хвиль довжиною від 1,7 до 3,4 мкм (ці хвилі, достатньо відрізняються від тих, що застосовуються в мікрохвильовій печі, та абсолютно безпечними). Переміщаючись зі швидкістю світла, інфрачервоні хвилі нагрівають абсорбуючі речовини, викликаючи високочастотну вібрацію в його молекулах. В результаті зерно миттєво нагрівається зсередини, волога, що входить до складу зерна випаровується, а через високу швидкість нагріву різко піднімається тиск водяної пари, що призводить до прискорення хімічних і біологічних процесів в зерні.

Технологічний процес мікронізації будується на основі існування вологи, та тиску, які необхідні для желатинування крохмалю з мінімальною втратою вологи. Також вкрай важливо дотримуватися часу обробки зерна, так як при перегріванні відбувається зворотна реакція і крохмаль стає погано засвоюваним. У разі мікронізації процес переробки перебуває під повним контролем. Фіксована температура і короткий час нагрівання забезпечує збереження протеїну, вітамінів і амінокислот. В результаті мікронізації крохмаль перетворюється в цукор, в результаті чого поліпшуються смакові якості і зовнішній вигляд зерна.

Вивчення технологічного процесу та використання його на практиці важливий напрямок впровадження наукових досліджень.

Метою роботи є знаходження параметрів обробки кормової зернової сировини в готову продукцію мікронізацією та екструдуванням.

Предмет дослідження – зернова сировина злакових культур та бобових як соя для виробництва кормів.

Об’єкт дослідження – процеси обробки сировини для споживання мікронізацією та екструдуванням.

Методи досліджень – механічні, фізичні, хімічні, біологічні.

Розділ 1. АНАЛІЗ ПРОЦЕСІВ ТА ОБЛАДНАННЯ ПО ПЕРЕБОЦІ ЗЕРНОВИХ МАТЕРІАЛІВ В КОРМИ МІКРОНІЗАЦІЄЮ ТА ЕКСТРУДУВАННЯМ

1.1 Аналіз процесів переробки зернової сировини мікронізацією.

У сучасному світі технології швидко розвиваються та з’являється все більше техніки та обладнання для переробки зернових культур. Процес мікронізації не є виключенням, проте даний процес має певні особливості такі як: необхідність підтримки рівномірності та безперервності обробки зерна. Такі умови здатний забезпечити комплект обладнання УЗ-КОМЗ-2 (рис.1.1). Комплект включає в себе п’ять основних одиниць обладнання, яке може встановлюватись у вигляді ланцюжка (за потреби): магнітний сепаратор, бункер-дозатор, мікронізатор, плющильна машина та охолоджувач.

Рисунок 1.1. – Комплект установки УЗ – КОМЗ – 2.

Магнітний сепаратор призначений для вилучення магнітних домішок із зернової маси безпосередньо перед обробкою ІЧ-випромінюванням та дозуванням. Через вхідний патрубок, під дією сили тяжіння, зерно падає на магнітну систему, та металеві домішки, що містяться, притягуються до його полюсів. Через патрубок очищене зерно надходить до бункера-дозатора, в якому накопичується необхідна його кількість. Звідти безперервно тонким шаром подається до мікронізатора, де в процесі руху швидко нагрівається інфрачервоним випромінюванням до температури 90-95˚С. Сам мікронізатор включає в себе вібротранспортер з газовим колектором та блоком ІЧ-пальників, встановлених в стаціонарно на рамі [1-3].

Вібротранспортер - це закріплений на станині вібролоток, якийф прийомним кінцем спирається на горизонтальну вісь, яка дозволяє змінювати його кут нахилу. Колектор з газовими пальниками зібраний на загальній рамі. На бічних стінках станини встановлено дисбалансні, які створюють в процесі роботи силу до 54 кН.

Плющильна машина призначена для плющення в гарячому стані зернових культур, що використовуються у вигляді пластівців. Продукт рівномірно надходить через щілину між вальцем і заслінкою, та падає між обертовими валками, що розплющує його в пластівці.

В охолоджувачі пластівці охолоджуються до температури навколишнього середовища. Він являє собою скребковий транспортер, який захоплює гарячі пластівці та переміщує їх по перфорованій поверхні. Через перфоровані отвори продувається повітря, яке охолоджує пластівці.

В системі управління комплектом устаткування функції пускозупинки, режимів подачі, часу обробки задаються й управляються оператором, а режими запалювання, контролю горіння, безпеки роботи газового обладнання підтримуються автоматично. Світлові індикатори, перемикачі режимів робіт, екран перетворювача частоти виведені на лицьову панель електричної шафи.

Робота комплекту обладнання для обробки зернової сировини інфрачервоним випромінюванням здійснюється за наступною схемою. Гідротермічно оброблене

зерно, зволожене до 22%, проходить очистку від магнітних домішок і потрапляє в бункер-дозатор, за допомогою якого відбувається розподіл і подача зерна на вібротранспортер мікронізатора. На вібротранспортер воно подається шаром товщиною в один-три зерна по всій ширині столу. Переміщаючись по вібротранспортеру, зерно потрапляє в зону дії інфрачервоного випромінювання, де відбувається розігрів і закипання вологи всередині нього, руйнується структура крохмальних зерен, при цьому зерно збільшується в розмірах. Потім, пройшовши додаткове очищення від металевих включень на вбудованій магнітній системі, воно через завантажувальний лоток подається на вальці плющилки, які розчавлюють зерна (механічне руйнування структури крохмалю). З-під вальців пластівці надходять в охолоджувач, де, стикаючись повітрям, охолоджуються. Готовий продукт направляють на ланцюгової транспортер для подальшого використання в технологічному процесі [4-6].

Що стосується мікронізатору, то один з найвідоміших є інфрачервоний мікронізатор ІММ-20 (рис.1.2), який призначений для термопроміневої обробки інфрачервоними променями зернових, бобових і олійних культур (пшениці, ячменю, кукурудзи, гороху, сої, насіння соняшнику, арахісу). Спектр інфрачервоного опромінення з довжиною хвилі 1,5 - 3 мкм забезпечує знищення шкідливих грибкових і мікробних мікроорганізмів. Цей мікронізатор, основні характеристики якого наведені у табл.1.1, дозволяє здійснювати: підготовку комбікормів (при обробці сої – зниження уреази та інших шкідливих компонентів, отримання повножирної сої), підвищення виходу олій до 4 - 5% з олійних культур [6].

Мікронізатор включає в себе завантажувальний бункер, робочі камери, транспортуючий пристрій у вигляді конвеєрної стрічки з приводом. Нескінченна гнучка стрічка транспортера виконана з металевої сітки з отворам меншого розміру, ніж розмір оброблюваного продукту. Переміщення стрічки здійснюється за допомогою обертання барабанів. Для температурної компенсації довжини стрічки є автоматичний компенсаційний пристрій.

Рисунок 1.2. – Мікронізатор ІММ-20

Таблиця 1.1. – Основні технічні характеристики мікронізатора ІММ-20.

Параметр	***Одиниця виміру***	***Величина***
Продуктивність	кг/год (регулюється)	500…2000
Температура в робочих камерах	˚С	180…250
Номінальна напруга	В	380
Встановлена потужність	кВт	40
Габаритні розміри: - довжина - ширина - висота	мм	 3 420 1 550 2 100
Маса	кг	1400

У робочих камерах розміщені інфрачервоні випромінювачі. ІЧ-випромінювачі виконані у вигляді окремих секцій з механічним налаштуванням по розташуванню щодо оброблюваного продукту.

Для регулювання товщини потоку зерна бункер забезпечений дозатором з частотним перетворювачем.

Вивантаження обробленого продукту відбувається через лоток.

Привід виконаний у вигляді мотор-редуктора з частотним перетворювачем, що дозволяє отримувати будь-які стабільні малі швидкості менше 0,3 м/с.

Внаслідок малої швидкості переміщення продукту, на малій відстані забезпечується необхідна ступінь мікронізації, що дозволяє зменшити габарити пристрою.

Не менш відомим є мікронізатор СОЯР-0.3 (рис.1.3), що призначена для термічної обробки інфрачервоними променями зернових, бобових, олійних культур спектром інфрачервоного опромінення з метою знищення шкідливих складових, підготовки компонентів комбікормів, передпосівної обробки насіння, сушіння сипучих матеріалів, смаження насіння, арахісу для подальшого фасуванням в пакети для реалізації [7-9].

Рисунок 1.3. – Мікронізатор СОЯР-0.3

За технічними характеристиками даний мікронізатор є більш економічним, ніж ІММ-20, проте й об’єм матеріалу значно менше, добре застосовувати на невеликих підприємствах з невеликими обсягами продукції.

Одним з найвідоміших вітчизняних мікронізаторів є САН-100 (рис.1.4), який призначено для термообробки (рівномірного обжарювання та сушки) сипучих продуктів, зокрема:

– для зерна злакових (пшениця, ячмінь та ін.), бобових (горох, соя та ін.) та олійних культур (насіння соняшнику, сої, арахіс).

Мікронізація насіння сої забезпечує зниження її вологості від вихідної до 4-6 %. При вичавлюванні мікронізованного зерна сої – підвищується якість і кількість олії (зниження уреази та інших шкідливих компонентів, а також отримання повножирної сої) [4].

– для обробки фуражного зерна і для виготовлення різноманітних харчових зернових продуктів (швидкорозварюваних круп, зернових пластівців, мюслі, дієтичних продуктів, обсмаженого насіння, зерен кави та ін.).

– для передпосівної обробки насіння.

Область застосування сушки – мікронізатора САН-1000 – підприємства з виробництва рослинних олій, особливо при видобутку соєвої олії; комбікормові заводи; сільськогосподарські підприємства.

Однією з давніх установок – прилад інфрачервоним обробленням зернової сировини типу УТЗ-4-1000 (рис. 1.5). Устрій призначено для підвищення поживних властивостей зернових, олійних та крохмалевмісних культур. Є старшим представником розмірного ряду УТЗ-4. Працює з інтенсивним ІЧ-енергоприводом.

Устрій призначено для роботи у приміщенні при відсутності агресивних, горючих газів, масляного туману, пилу і бруду. Параметри навколишнього середовища: температура +10…+25˚С; вологість – не більше 80%. Установку обладнано витяжною вентиляцією місцевого призначення чи підключено до системи цехової витяжної вентиляції.

Рисунок 1.4. – Мікронізатор САН-100.

Рисунок 1.5. – Установка для ІЧ-оброблення зернової сировини УТЗ-4-1000

Установка (мікронізатора) має три ІЧ-касети, розташовані над транспортерної стрічкою. За рахунок швидкого наростання температури та специфічного впливу ІЧ-випромінювання відбувається повна дезінсекція зерна: шкідники й їх личинки поглинають випромінювання в більшій мірі ніж зерно, і миттєво гинуть. Для

інтенсивного використання тепла і збільшення часу теплової обробки застосовуються темперуючі бункери (2 шт.), які навішуються на виході з установки. За таким же принципом можлива обробка повножирної сої для інактивації інгібіторів трипсину. Нагріваючи сою до 125°С, та витримуючи в бункерах протягом 6-8 хвилин, пригнічується активність уреази до значень ДСТУ – 0,2 од. pH. При цьому олійна клітина не руйнується, відбувається стабілізація ліпідного комплексу і збільшуються терміни зберігання продукту за рахунок інактивації ліполітичних ферментів.

Таким чином, розглядуючи конструкції та принцип дії установок по інфрачервоної обробки зернової сировини, можливо заключити, що мета переробки зерна мікронізацією – це зміна фізичної або хімічної формули структури крохмалю для повного його засвоєння твариною [10, 11].

Інфрачервоні промені складаються з вузького спектру хвилій, довжина яких коливається від 0,5- 3,6 мкм, швидкість яких величезна та висока частота, за рахунок чого волога в зерні швидко випарюється, а тому що висока швидкість нагріву, виникає великий тиск водяного пару і це саме призводить до зміни і збільшення швидкості хімічних та біологічних процесів в зерні. Можна ствердити, що основою процесу мікронізації являється волога, механічний тиск та теплота, яка за рахунок випарювання також причиняє тиск. Тому виникають тріщини на зерні. Усе це направлене на більш позитивне засвоєння підготовлених таким чином кормів для споживання різних тварин [12].

1.2. Аналіз процесів переробки зернової сировини екструдуванням.

Екструдовані корми, що володіють рядом переваг у порівнянні з традиційною, підготовленою, подрібненою кормосумішшю, яка застосована для годівлі сільськогосподарських тварин та птиці. Екструзія включає у себе декілька процесів: обробка під тиском за різних температур, механіко-хімічне деформування та всплиск

продукту при виході гранул з матриці у прес-екструдера. Після екструзійної обробки покращуються харчові властивості кормів (утворюються різні ароматичні речовини), значно зростає активність ферментів, що покращує перетравленість. Крохмаль розщеплюється до декстринів та цукрів, протеїни піддаються денатурації. Процес екструзії проходить при високій температурі, що призводить до зменшення кількості токсинів та інших антипоживних речовин. За цих умов вплив на корм високих температур та тиску, скорочено до можливого мінімуму і становлять 4–6 с. За такий термін вітаміни та мікроелементи не руйнуються [13].

Процес екструзії кормів полягає у обробці суміші в робочому органі при тиску та температурі. З вихідного пристрою-матриці виходять гранули, діаметром 4–8 мм та довжиною 1–3 см, з вологістю 5–7 %. Гранули є готовими для згодовування. При необхідності гранули подрібнюють на дисковому подрібнювачі у крупку, наприклад, для кормів дрібній птиці, малька риби і т. д. Після обробки екструзією практично вдвічі збільшується поживна цінність кормів. При екструзійній обробці кормосумішей, частину роботи шлунку тварини, виконано екструдером та відповідно енергія корму повністю йде на будову тваринного організму. Це впливає на економію, особливо, якщо господарство відчуває дефіцит кормів. Покращуються економічні результати вирощування тварин. Велика рогата худоба, свині, птахи, кролики, вівці, кози вживають їжу повністю, (відсутність відходів та недоцільного використання зерна). Корм має приємний запах та смак, що подобається тваринам. Усе харчування має однаковий склад та засвоюється практично повністю (до 95%). Безумовно, екструдовані корми незамінні при вирощуванні молодняку сільськогосподарських тварин. 90% загибелі молодняку відбувається від хвороб кишково-шлункового тракту, або інфекцій занесених через травну систему разом з кормом. В даному випадку така ймовірність мінімальна, так як корм стерильний. При згодуванні молодняку екструдованих гранул загибель тварин від кишково-шлункових захворювань знижується в 1,5–2 рази. При переході на грубі корми, тварини у ранньому віці не змучені кишковими захворюваннями, значно обганяють

своїх однолітків у зростанні. При роздаванні екструдованих гранул знижується запиленість приміщень, а це чистота і стерильність. Збільшується збереження корму. Відсутній ефект самосортування кормосуміші. Продовжується термін служби технологічного обладнання. А це все економія коштів. Екструдат володіє гарними абсорбуючими властивостями, тому він володіє, крім кормових властивостей, профілактичну дію при шлунково-кишкових розладах. В процесі екструзії в робочому органі, за рахунок тертя частинок кормосуміші, короткочасно виникає висока температура і тиск, за рахунок чого плавитися крохмаль, що знаходиться в кормосуміші. При виході продукту з матриці, відбувається миттєве скидання тиску і зниження температури. Продукт виходить легкий, зі вспіненою структурою та пористою масою.

Екструзійну обробку сировини та напівфабрикатів, що використовують в кормовиробництві відносять до безперервного процесу переробки крахмаломістких і інших харчових матеріалів при комплексній дії тепла, вологи, тиску і напруги зрушення. Отримувані при цьому вироби – екструдати, набувають нові, прийнятніші для безпосереднього вживання властивості, структуру і форми. Від традиційних процесів, вживаних в харчовій промисловості при вологотермічній обробці сировини, екструзія відрізняється тим, що найчастіше протікає при високих значеннях температури, тиску, напруги зрушення, невеликому вмісті вологи і в короткий час. Методи екструзії для обробки сировини, що містить крохмаль і зернопродукти, можна розділити на три основних типи [14-16, 19]:

Холодна екструзія – обробка сировини при температурах нижче або приблизно рівних температурі клейстеризації з метою додання екструдату певної форми.

Гаряча екструзія – обробка сировини при температурах, що перевищують температуру клейстеризації крохмалю, але не вище 120° С для отримання напівфабрикатів або продуктів з частковим збереженням натуральних властивостей сировини.

Високотемпературна екструзія – обробка сировини при температурі більш 120°С з метою отримання продуктів з підвищеним ступенем деструкції і повністю готових до вживання.

При першому методі екструзії властивості сировини змінюються внаслідок дії механічної дії при переміщенні під тиском. Цей метод використовується для формування виробів заданої форми, його широко застосовують в кондитерській промисловості, виробництві макаронних виробів, безбілкової (крохмальної) вермішелі. На другому методі, сухі інгредієнти сировини змішують з певною кількістю води та подають в екструдер, де разом з механічною дією їх піддають тепловій обробці зовнішніми обігрівачами. Продукт, що отримують, відрізняється зниженою щільністю, невеликим збільшенням об’єму, пластичністю, комірчастою будовою, йому необхідна додаткова обробка. Високотемпературна екструзія – порівняно новий прогресивний технологічний процес вологотермічної обробки різних зернових матеріалів. Застосування його дозволяє розширити асортимент і здешевити виробництво готових сумішей для миттєвого приготування в тому числі і харчових продуктів, з високим вмістом білка і модифікованих крахмалепродуктів різного призначення.

Екструзія – обробка крахмалевмісних матеріалів, змішаних з іншими рослинними речовинами (білок, жир, цукор), підвищує якість їх засвоєння, покращує смакові властивості. Для проведення екструзії крахмалевмісних мас застосовується в основному шнековий екструдер. Залежно від стадії обробки матеріалу в экструдері його циліндр по довжині можна умовно розділити на три зони: прийому сировини; стискання і утворення пружно-пластичної маси; випресовування. Відмітною особливістю цих зон є те, що оброблюваний матеріал в кожній з них характеризується різним фізико-хімічним станом і структурно-механічними властивостями і якість екструдату залежить від того, як проходить обробка продукту в цих зонах.

1.3. Характеристика якості сировини і кормового продукту після підготовки мікронізацією та екструдуванням.

У якості сировини для підготовки кормів до споживання з обробкою мікроніщацією та екструдуванням, обираються злакові і бобові культури, такі як пшениця, ячмінь, овес, просо, сорго, жито, тобто злакові культури відповідного класу та бобові, такі як соя, горох, чина тощо, а також зернові відходи.

На Україні широко розповсюджені сорта сої що вирощуються в різних областях. [У неї вміст сирого протеїну коливається від 30 до 45%, сирого жиру- до 20…25%. Протеїн зерна сої має високу розчинність, а також збалансований амінокислотний склад] (Єгоров).

Однак у сої існують антипоживні речовини, такі як трипсин, уреаза, рівень яких перевищує норми, які допускають споживать сировиную Тому в роботі обрано процес мікронізації, який дозволяє значно зменшити рівень антипоживних речовин, наприклад трипсина до 2:3 мг/кг та зменшує активність уреази до покащників 0,1 : 0,1 ΔPH.

В чому основні переваги обробки, методом, який ми розглядуємо?

У результаті обробки зерна мікронізацією відбуваються такі зміни:

- У біохімічному плані – відбувається кластерізація та декстрінізація крохмалю;
- У мікробіологічному плані – відбувається знезараження зерна;
- У фізичному плані – зерно вибухає та збільшується на 30-35% в об’ємі та зменшується на 50% волога;
- Поліпшуються органолептичні характеристики зерна, такі як запах, смак, а також змінюється колір.

Злакові культури не мають антипоживних речовин, однак обробка й підготовка їх до споживання призводить до значного поліпшення якісних характеристик і засвоєння тваринами з високим рівнем ефективності [19].

Обробка і підготовка екструдування забезпечує також санітарну обробку сировини, трансформацію її в вибухову й повітряну структуру, що забезпечує її 100% споживання з високим рівнем засвоєння тваринами.

1.4. Аналіз патентних досліджень по процесам переробки мікронізацією та екструдуванням

Стосовно патентних досліджень можна сказати, що установки для мікронізації зернових продуктів є досить популярною темою досліджень як серед вітчизняних винахідників та наукових діячів, так і серед закордонних. Для порівняння було обрано патент (2389418 С2) Кирилова М.К., Новікової Г.В. та Яруткіна Є.О., та патент (ЕР 0861600 В1) німецького автора Родерика Гай Ньютона.

Установка для мікронізації, що запропонована вітчизняними авторами (рис.1.6) включає в себе завантажувальний бункер 1, два генератора СВЧ енергії 2, що розташовані ярусами. Між ними встановлений інфрачервоний опромінювач 3 з галогенними лампами 4.

Каркасна рама 5 установки являє собою зварену конструкцію металевого профілю, на різних ярусах якої розташовані полки 6 з покриттям з неферомагнітними матеріалу (алюміній). СВЧ-генератори 2 встановлені на діелектричні опори 7, розташовані на полицях 6. Фторопластовий короб 8, встановлений вертикально, по центру функціонального модуля установки, і проходить послідовно через два СВЧ-генератора, має вставку з кварцового скла 9 в зоні впливу ІЧ-променів.

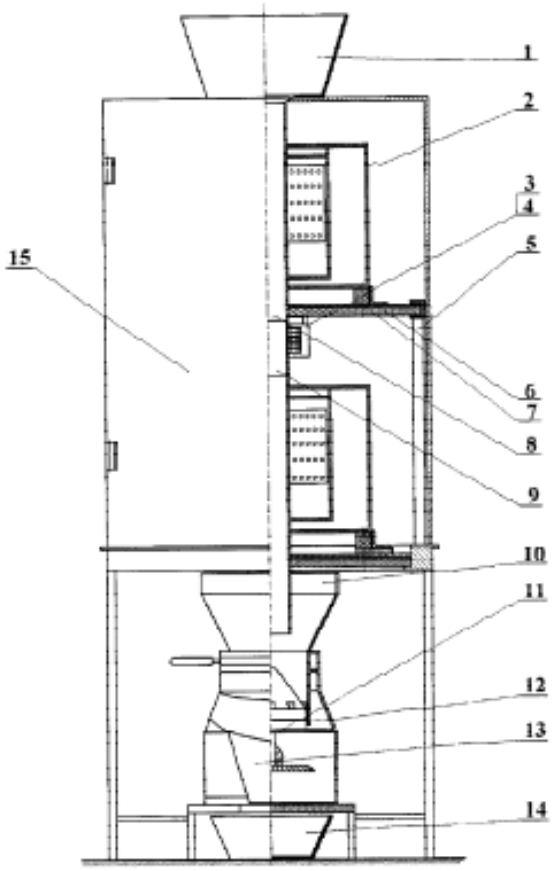

Рисунок 1.6. – Установка для мікронізації зерна

Верхній кінець короба з'єднаний з завантажувальним бункером 1, а інший його кінець входить всередину живильного бункера 10 тарілчастого дозатора. Дозатор складається з наступних основних елементів: тарілка 11, манжета (заслінка) 12, вивантажний рукав 13. Під дозатором встановлений приймальний бункер 14 для мікронізованного зерна. Функціональний модуль повністю закритий алюмінієвим корпусом-екраном 15, що перешкоджає втраті ІЧ-випромінювань і негативному впливу електричного поля СВЧ на обслуговуючий персонал [21-23, 25, 26].

Установка працює в такий спосіб. Із завантажувального бункера 7 зерно надходить у фторопластовий короб 8. Вмикають тарілчастий дозатор, СВЧ-генератори та ІЧ-опромінювач, після чого по коробу зерно транспортується з певною швидкістю. Під час руху зерна через короб відбувається послідовний вплив на нього електромагнітних випромінювань. При русі через СВЧ-генератори 2 зерно

піддається впливу електричного поля надвисокої частоти та нагрівається ендогенно. Додатково між СВЧ-генераторами 2 зерно піддається впливу інфрачервоного випромінювання від опромінювача 3. При цьому за рахунок надлишкового тиску і екзоендогенного нагріву відбувається мікронізація зерна, тобто «вибух» зерна. ІЧ-промені пронизують шар зерна, рівномірно нагріваючи його по товщині. При високій температурі (близько 85...100°С) і через високий тиск всередині зерна відбувається його механічне пошкодження. Структура зерна стає більш пористою, пухкою; основний компонент зерна - крохмаль - частково перетворюється в декстрини та цукри, які легше засвоюються організмом; відбувається зниження щільності зернівки; вміст водорозчинних речовин збільшується, що позитивно впливає на органолептичні властивості і консистенцію продукту. Поряд з цим відбувається і повне знищення як зовнішньої, так і внутрішньої мікрофлори. З короба зерно надходить на обертову тарілку 11 дозатора. Товщину шару зерна на диску регулюють положенням заслінки 12 тарілчастого дозатора, що призводить до зміни швидкості проходження зерна через установку і відповідно експозиції впливу електромагнітних випромінювань. Вивантаження мікронізованного зерна здійснюється через вивантажний рукав 13 тарілчастого дозатора в приймальний бункер для збору зерна 14. Так як весь функціональний модуль закритий екраном з неферомагнітними матеріалу, випромінювання СВЧ енергії в навколишнє середовище відсутнє.

Установка для мікронізації, запропонована у корисній моделі, німецького автора є більш складною. Приклад цього винаходу буде описано відповідно з доданими рисунками, на яких:

– рис. 1.7 показує схематичний вигляд системи мікронізації відповідно до винаходу;
– рис. 1.8 показує вид збоку частини пристрою для мікронізації відповідно до винаходу;

– рис. 1.9 показує поперечний переріз вхідного стовбура зерна або насіння, показаного в пристрої, що зображено на рис. 1.8.

Як показано на рис.1.7, вібруючий контейнер 1 заповнений сумішшю води і зерна або насіння, що підлягають обробці. Суміш води з зерном або насінням вібрує з високою частотою, зазвичай 72 Гц, що викликає поглинання великого відсотка води зерном або насінням. Потім зерно або насіння видаляються з контейнера 1 в бункери 2 для темперування.

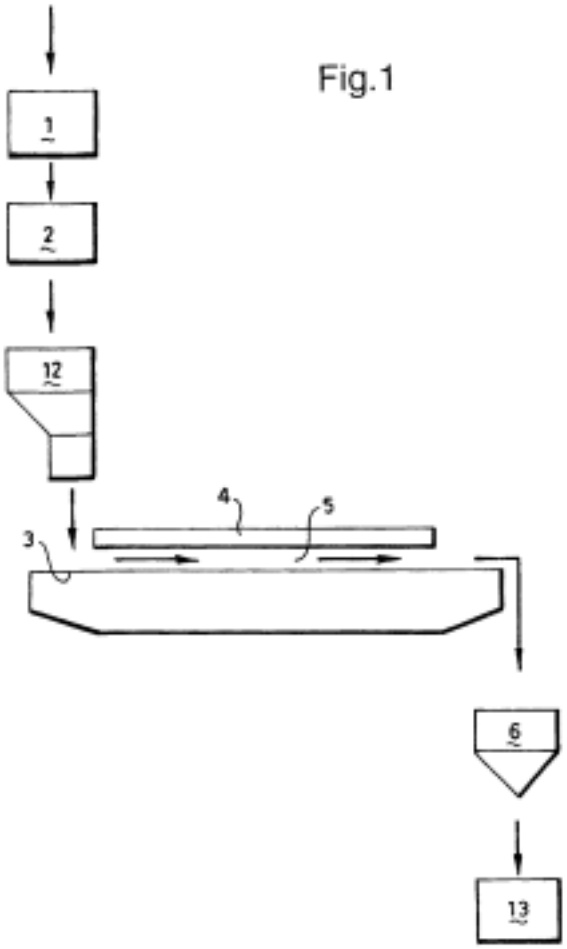

Рисунок 1.7. – Схематичний вигляд системи мікронізації

Поглинання води зерном або насінням призводить до збільшення вмісту води в зерні або насінні, зазвичай приблизно на 8%. Повторюючи обробку, зерно або насіння можуть абсорбувати додаткову воду, і, отже, зерно в темперуючих бункерах

2 можуть бути повторно введені в вібруючий контейнер з додатковою водою. Це повторюється до тих пір, поки вміст води в зерні або насінні не досягне приблизно 30% за обсягом. Потім зерно або посівний матеріал утримуються в завантажувальному бункері 12 [27-31].

Оброблене зерно або насіння потім акуратно укладаються на конвеєр 3 через завантажувальний бункер 12 звичайного пристрою для мікронізації, щоб забезпечити рівномірний розподіл на конвеєрі. Зерно або насіння проходять через область 5 інфрачервоного випромінювання. Зерно або посівний матеріал залишаються під інфрачервоним випромінюванням близько 50 секунд для зерна або посівного матеріалу, які згодом повинні бути розшаровані, або близько 90 секунд для зерна або посівного матеріалу, що підлягає торрефікації. Інфрачервоне випромінювання може генеруватися поруч газових пальників 4 або електричним елементом. Коли зерно або насіння проходять через інфрачервоне випромінювання, крохмаль в зерні або насінні желатинізується. Щонайменше 80% крохмалю в зерні або насінні желатинізується в цьому процесі, і зазвичай желатинізується від 90 до 95% крохмалю.

Після проходження по конвеєру 3 оброблене зерно або насіння скидаються в вихідний бункер 6. Вихідний бункер 6 виконаний у вигляді ємності для залишкового нагріву, в якій оброблене зерно або насіння витримуються при високій температурі протягом приблизно 15 хвилин. . Це залишкове нагрівання допомагає зменшити кількість ферментів в готовому продукті і особливо корисно для обробки вівса, в якому олійні клітини зазвичай піддаються впливу під час процесу мікронізації, й які зазвичай окислюються. Для точної підтримки температури в ємності для залишкового нагріву включений термостат або інша система контролю температури. Нагрівальний посуд 6 ізольований, щоб зменшити конденсацію і тим самим поліпшити консистенцію. Потім оброблене зерно або насіння охолоджують в охолоджуючої ємності 13.

Як найкраще показано на рис.1.8, над джерелом 4 інфрачервоного випромінювання встановлений кожух 7. Надмірне тепло, що генерується джерелом 4 інфрачервоного випромінювання, піднімається в кожух 7 і в випускну трубу 8. Це тепло передається до вхідного патрубка 9, де тепло використовується для попереднього нагрівання зерна або насіння, коли вони потрапляють в інфрачервоне випромінювання. Вібруючий контейнер, темперуючі бункери та бункер, розташовані перед вхідним жолобом 9. Оброблене зерно або насіння можуть бути подрібнені в пластівчастому млині 14, після чого охолоджуються та виходить вліво, як показано на рисунку.

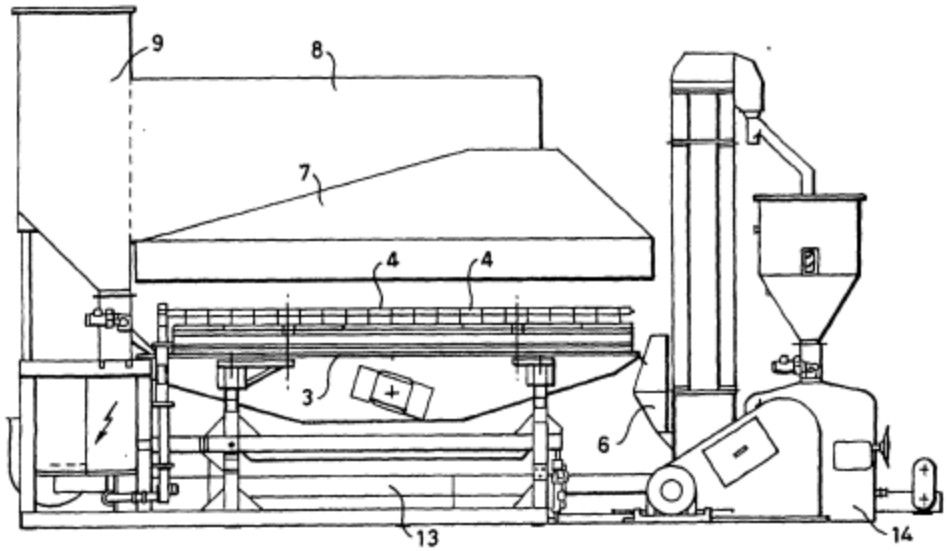

Рисунок 1.8. – Вид збоку системи мікронізації

Як показано на рис.1.9, зерно або насіння падають через вхідний жолоб, показаний на фіг. 2, і відхиляються уздовж перегородок 10,11. Перегородки 10, 11 розташовані таким чином, що зерно або насіння опускаються під дією сили тяжіння вниз по звивистій траєкторії, при цьому нагріте повітря проходить по зерну або насіння в міру їх падіння.

Щоб сприяти нагріванню зерна або насіння, вхідні перегородки 11 перфоровані, дозволяючи нагрітому повітрю проходити через перегородки 11 і над

зерном або насінням при падінні вздовж перегородок 11. Перегородки 10 є твердими. Всі перегородки 10, 11 розташовані під кутом 30°, що гарантує, що зерно або насіння падають з оптимальною швидкістю для нагріву. Зерно або насіння більш ефективно нагріваються, коли вони знаходяться на перфорованих перегородках 11.

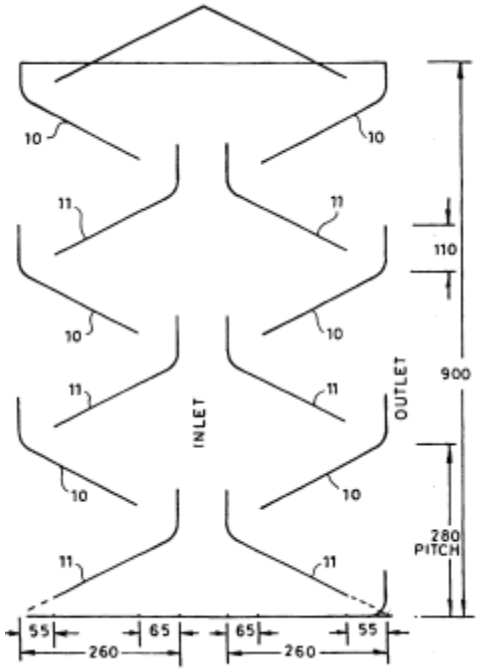

Рисунок 1.9. – Поперечний переріз вхідного стовбура системи мікронізації

Додатковий нагрів зерна або посівного матеріалу збільшує температуру зерна або посівного матеріалу до 30-40°C, що дозволяє збільшити продуктивність системи на 30-40%. Попередній нагрів зерна і насіння знижує вміст води в зерні і насінні на 3-4%, однак, оскільки при використанні вібруючого контейнера 1 в зерно або насіння вводиться набагато більший відсоток води, це втрати прийнятні, і як і раніше допускає високий відсоток клейстеризації крохмалю в порівнянні зі звичайними системами.

Використання вібруючого контейнера для збільшення вмісту води в зерні або насінні також корисно для обробки какао-бобів. В цьому випадку відомо, що зерна

мікронізірують, щоб зруйнувати зовнішню лушпиння. При первинному збільшенні вмісту води в бобах було виявлено, що процес мікронізації легше видаляє лушпиння.

Патентні дослідження по процесу екструдування показали, що такий спосіб широко застосовують при підготовці стартерних кормів для молодняка сільськогосподарських тварин і птиці, хутрових звірів та риби. Тому існує можливість корми із заданими фізичними властивостями, які найкращим чином відповідають фізіологічним потребам тварин і риби та умовам застосування кормів.

1.5. Мета і задачі досліджень.

При розгляді та аналізу існуючих процесів і методів обробки та підготовки зернової сировини до споживання, виявлені як позитивні так і негативні частини.

Для знаходження більш значущих етапів процесу, їх безумовного поліпшення, необхідно проведення досліджень і тому метою його з’являється знаходження параметрів обробки кормової зернової сировини в готову продукцію мікронізацією та екструдуванням.

Завданнями до поставленої мети можливо запропонувати наступні:

- Знайти взаємодії нагріва зерна бобових мікронізацією в різних прошарках обробки шару та визначити раціональні параметри;
- Провести дослідження в стаціонарному та рухомому шарі зернових маси та визначити термін обробки для розробки рекомендацій;
- Визначити показники температурної обробки шару зернової маси при різних значеннях потужності ІЧ нагріву;
- Визначити вплив температури та тиску на процес підготовки кормів екструдуванням;
- Обґрунтувати процеси підготовки сировини для споживання задля рекомендацій виробництву.

Висновки до розділу 1

1. Проведено аналіз обладнання і процесів обробки та підготовки зернової кормової сировини мікронізацією та екструдуванням, який виявив основні етапи необхідні для дослідження та подальшого удосконалення.
2. Визначено позитивне значення на якість оброблених кормів для споживання тваринам, розглядуваних процесів мікронізації та екструдування.
3. Проведено патентні дослідження підтвердили необхідність використання у виробництві таких прогресивних методів обробки як мікронізація і екструдування, які дозволяють виробляти корми високох якості для рецептур стартерних кормів, особливо молодняку тварин, птахам і рибам.
4. Визначено мету досліджень та поставлені завдання.

Розділ 2. ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Програма проведення досліджень

Програмою досліджень передбачено визначення основних показників технологічного процесу, які значно впливають на процес обробки зернової сировини, яка повинна перетворитися в корми для споживання тваринам.

Визначені мета та завдання дипломної роботи, дозволили скласти програму досліджень:

1) для умов підготовки кормів для споживання мікронізацією:

- визначити динаміку нагрівання зерна сої при ІЧ обробки в різних частинах в нерухомому шарі;
- вивчити динаміку нагрівання зерна сої при ІЧ обробки в випадку рухомого шару;
- визначити показники нагрівання зерна сої при потужності ІЧ нагріву та різної тривалості;
- визначити активність уреази в залежності від температури зерна після обробки

2) для умов підготовки кормів для споживання екструдуванням:

- визначити вплив зміни температури на процес підготовки кормової зернової маси екструдуванням;
- визначити вплив зміни тиску на процес трансформації зернової маси у пористу кормову структуру;
- визначити раціональні параметри процесів мікронізації та екструдування для отримання якісної кормової продукції.

2.2. Опис установок, прилади та обладнання для забезпечення проведення досліджень

Для проведення досліджень використовували лабораторні установки, які дозволяли проводити дослідження обробки сировини мікронізацією при нерухомому шарі (рис. 2.1) та рухомому шарі (рис. 2.2), і також прилади, які забезпечували обробку зернової сировини екструдуванням.

Рисунок 2.1. – Лабораторна установка мікронізатора з нерухомим шаром зерна

Установка (рис. 2.1) складається зі стаціонарного корпусу в якому шаром насипається зерно сої для обробки. На рамі зверху розміщені інфрачервоні лампи, до яких підводиться потужна електроенергія, що створює умови для термічної обробки.

Установка досліджень при рухомому шарі (рис. 2.2) має рухомий стрічковий транспортер на який дозовано розподіляється зерно сої, а прилади дільниці енергообробки з інфрачервоними лампами обробляють шар зерна при його переміщенні.

Для визначення параметрів обробки зернової сировини екструдуванням, використовувалась установка, зображена на рис. 2.3. Вона має основний робочий орган – це червячний шнек, який має змінні насадки, частину завантаження зерна, дільницею його витиску через вузьку фільєру, та механізм приводу з редуктором для забезпечення різних швидкостей обробки.

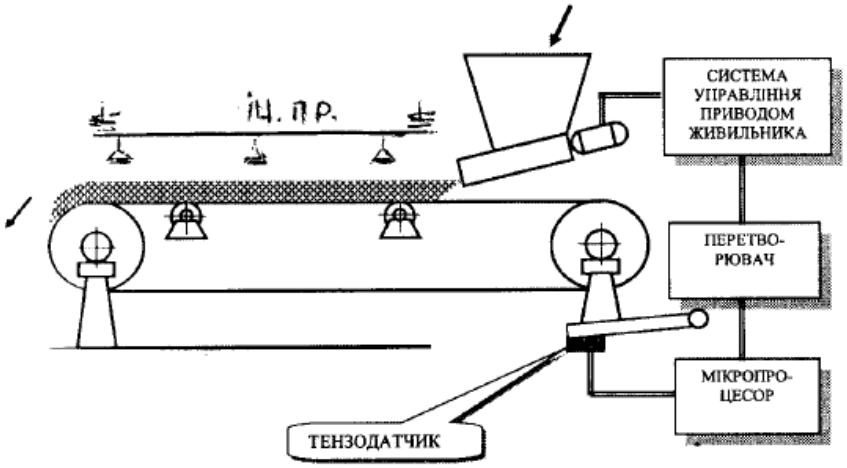

Рисунок 2.2. – Установка досліджень при рухомому шарі

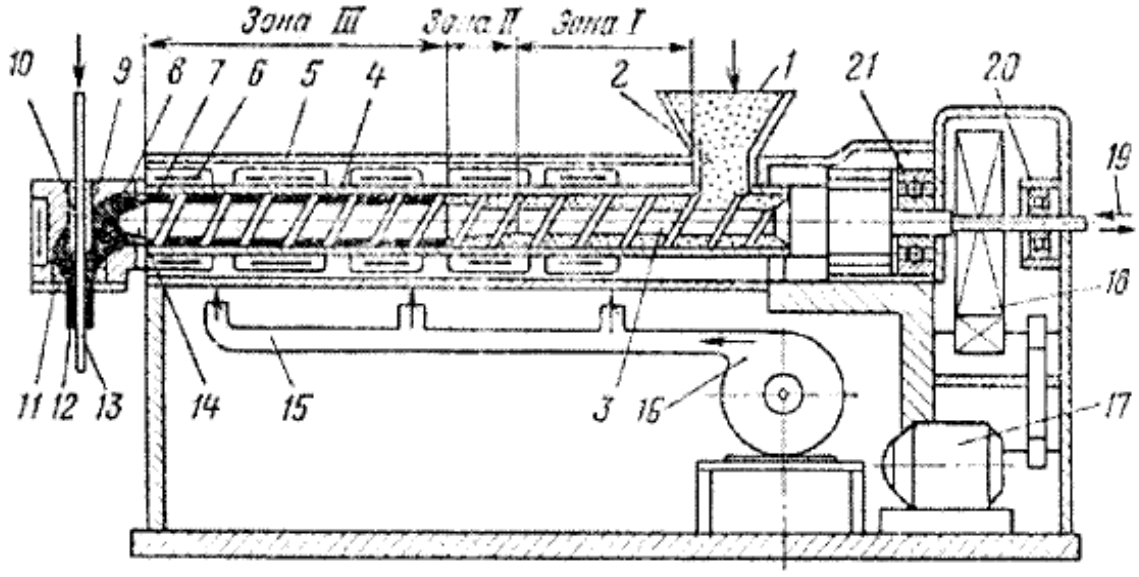

Рисунок 2.3. – Установка екструдера

2.3 Методика визначення характеристик процесу при обробки сировини мікронізацією

При обробки зерна сої при нерухомому шарі розкладували і заміряли шар товщиною від 20 до 50 мм, і міняли показники потужності обробки від 2 до 2,5 кВт, крім того змінювався термін обробки інфрачервоними лампами від 0 до 50 с, а також замірювалась температура нагріву сої на поверхні шару, у нижні частини шару, та в центрі нерухомогошару зерна. Дані заносили в таблицю.

При обробки зерна сої в рухомому шарі фіксувались товщина шару рухомої сировини зерна сої, щвидкість лінейного переміщення шару зерна, товщина шару, яка також як і при нерухомому шарі, обиралась в диапазоні 20÷50 мм, і також термін обробки. Отримані дані також заносились в таблицю.

Для визначення температури зерна після обробки, заміри проводили термощупами, де щуповий терморметр погружався в шар, а з дісплея знімались показники.

Зразки на визначення активності уреази, здавали у виробничу лабораторію.

2.4 Методика визначення параметрів процесу при обробці сировини екструдуванням

При дослідженнях завантажували робочій орган черв’яка, де за рахунок постійної подачі зернової сировини збільшувався тиск, а за рахунок тертя між черв’яком, шаром зерна та корпусом, виникала температура, тому що фільера, якамає отвор всього 8 мм не дає можливості суміші виходними з зони обробки. Дія високого тиску і температури, приводить до перетворення зерна в тістоподібну масу, яка при виході з отвору фільери розширюється за рахунок різного тиску в камері і в зоні виходу продукту, всмоктує повітря і перетворюється в легкі екструдовані повітряні кормові продукти.

2.5 Значення основних показників отриманих якісних кормів

При обробці зерна сої мікронізацією за рахунок теплової обробки інфрачервоними промінями, різко зменшується активність уреази, яка негативно впливає га якість кормів і значно поліпшуються смакові характеристики підготовлених кормів обробкою мікронізацією.

При обробки зерна, або зернових сумішей екструдуванням, якісно змінюється як форма, так і якість вироблених кормів та їх засвоєння тваринами. Зернова суміш при такому методі обробки перетворюється в екструдуванні паличкі, які мають розкриті структури ендоенерму зерна, легко які легко засвоює тваррини і які повністю перетравлюються ферментами желудка як однокамерних так і двокамерних желудків тварин.

Висновки до розділу 2.

1. Запропонована програма досліджень, яка включає визначення основних показників процесів підготовки кормів до споживання мікронізацією та екструдуванням.
2. Представлено опис експериментальних установок для проведення досліджень.
3. Запропонована методика визначення характеристик процесів при обробки сировини мікронізацією та екструдуванням.

Розділ 3. ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ

3.1. Значення основних параметрів обробки зернових матеріалів мікронізацією

У відповідності до програми проведення досліджень було досліджено вплив нагріву зерна сої ІЧ обробки. Згідно методики обрано термін обробки від 10 до 50 с з кроком 10 с, тому що встановлено, що при збільшенні терміну обробки виникає перегрів зерна, а це призводить до зниження якості готового корму, та його засвоєння.

Для нерухомого шару обрали для заміру температуру верхньої частини шару зерна, температуру нижнеї частини та температуру в центральної частині шару.

Таблиця 3.1 – Характер нагріва зерна сої при ІЧ обробки, в нерухомому шарі

Термін обробки, с	Температура верхньої частини шару зерна, град·С	Температура нижньої частини шару зерна, град·С	Температура в центральній частини шару зерна, град·С
1	2	3	4
10	68	32	49
20	93	50	73
30	119	75	95
40	140	90	115
50	165	105	130

З результатів бачимо, що при терміну обробки в 50 с при нерухомому шарі зерно прогрівається в шарі в різних частинах достатньо, щоб відбувалася якісна обробка. При інших термінах на наш погляд обробка недостатня, зерно недогрівається, а тому і якості характеристики будуть не повністю розкриті.

Вплив потужностей електричної обробки інфрачервоними промінями у статичному нерухомому шарі, показав наступні результати (табл. 3.2)

Таблиця 3.2 – Вплив потужності і терміну обробки на кінцеву температуру

Термін обробки, с	Температура зерна при потужності ІЧ обробки 2 кВт	Температура зерна при потужності ІЧ обробки 2,25 кВт	Температура зерна при потужності ІЧ обробки 2,5 кВт
1	2	3	4
10	29	35	42
20	50	60	74
30	78	85	95
40	100	110	125
50	125	130	145

З даних таблиці можливо встановити, що найбільш доцільне використовувати режим обробки зерна сої при потужності електричної ІЧ обробки у 2,5 кВт тому що досягається при терміні обробки в 50 с температура у 140°С, що достатньо, як показують дослідження для якісної обробки зерна з метою отримання якісного корму.

Проведені дослідження по обробці зерна в рухомому шарі. Виявлено, що термін обробки від 10 до 50 с в цьому випадку недостатній і також електрична обробка в діапазоні ІЧ обробки в 2 та 2,5 кВт також недостатнья. Результатом досліджень приведено в табл. 3.3.

Результати цієї таблиці показують, що при обробки зерна в рухомому шарі більш довше зерно сої нагрівається, за рахунок того, що воно при переміщенні на стрічковому транспортері обертається, переміщується, а також переміщується шар цілком і тому для ІЧ промінів розповсюджена. Видно, що необхідно збільшувати термін обробки до 80 або 90 с та й ще збільшувати електричну потужність ІЧ обробки до 3 кВт, щоб отримати температурні умови для якісного перетворення зерна в кормову продукцію.

Встановлено, що за рахунок дії температури зменшується активність шкідливої уреази, яка негативно впливає на шлунок тварини при споживанні корму.

Таблиця 3.3 – Вплив терміну та потужності обробки зерна в рухомому шарі на його кінцеву температуру

Термін обробки, с	Температура зерна при потужності ІЧ обробки 2 кВт, град·С	Температура зерна при потужності ІЧ обробки 2,5 кВт, град·С	Температура зерна при потужності ІЧ обробки 3 кВт, град·С
1	2	3	4
10	20	23	35
20	35	42	55
30	42	54	72
40	50	62	86
50	64	70	97
60	72	78	117
70	80	85	134
80	90	98	142
90	102	115	150

На таблиці 3.4 приводяться отримані данні, які показують залежність активності уреази від температури сої вже безпосередньо після обробки.

З таблиці бачимо, що вже при температурі зерна сої після обробки рівної 120°С, різко падає активність уреази, практично до показників 0,70 ΔpH, а це вже ті показники, при яких дозволяється споживання корму виробленого з сої. Більш того, ІЧ обробка та її рекомендовані режими в терміні, який складає не меньш 50 с, а в рухомому шарі 90 с, та в інтенсивність електричної потужності ІЧ обробки від двох до трьох кВт, температури досягають величин від 130 до 150°С, тому й активеність уреази буде значно меньше, як бачимо з таблиці 3.4, це активність 0,20 і 0,05 ΔpH. Це самє свідчить що такі режими взмозі встановлювати та отримувати якісну

кормову продукцію при інфрачервоному опромінюванні сировини при обробки її методом мікронізації.

Таблиця 3.4 – Залежність активності уреази від температури зерна після обробки

Температура зерна сої після обробки, град·С	Активність уреази, ΔрН
1	2
20	2,30
40	2,25
60	2,23
80	2,15
100	1,80
120	0,70
140	0,20
160	0,08

3.2. Визначення основних параметрів процесу при обробки сировини екструдуванням

Дослідження по впливу температури обробки зернової сировини та тиску на процес трансформації зернової маси у пористу кормову структуру, проводились на виробничому діючому обладнанні науково- виробничого підприємства Еко-Корм (рис. 3.1)

За рахунок звуження черв'яків робочого шнеку та регулювання отвору вихідної фільєри, створювався тиск в зоні черв'як – корпус – фільєра, а за рахунок тертя при його переміщенні як впродовж червяку, тоб то в аксіальному напрямку, так і при обертанні шару і тертям по корпусу – виникала температура і значно мінялась по зрізам від початку переміщення черв'яком до самої фільєри.

Сгідно програми досліджень було заплановано визначити вплив зміни тиску на процес трансформации зернової маси у пористу кормову структуру, а також

дослідити зміни температури обробки, які виникають в результаті зміни тиску в робочої камері гвинта і корпуса.

Отримані результати на графику (рис.3.2) показали, що зі збільшенням робочого тиску температура виходячого екструдеру збільшується.

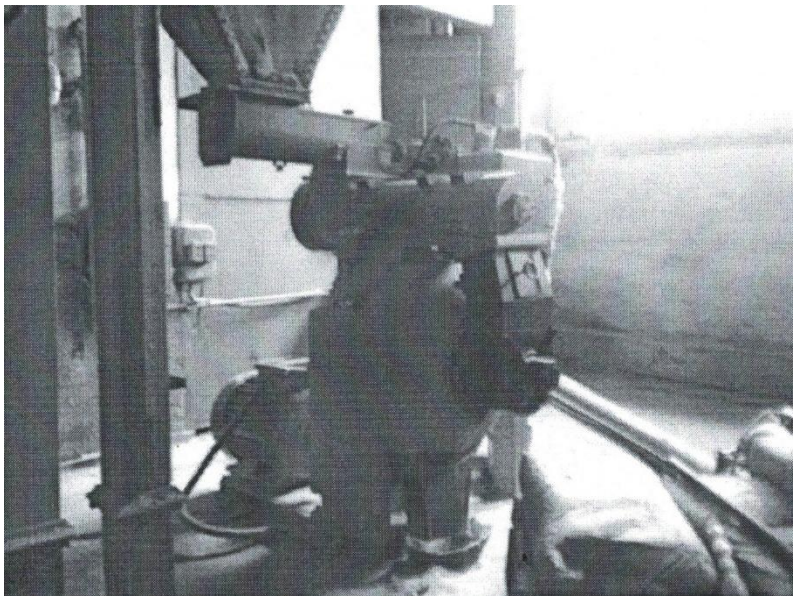

Рисунок 3.1. – Діюче виробниче обладнання екструдера в технологічной лінії

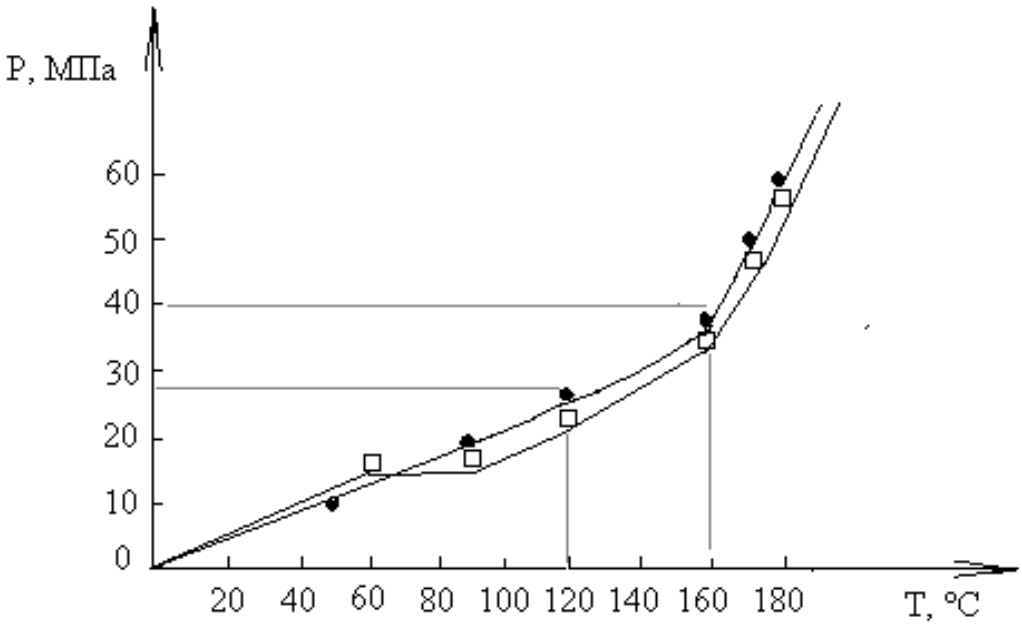

Рисунок 3.2. – Графік залежності температури від тиску

Не зважаючи на те, що технічно можливо вести процес з великим тиском в камері і високою температурою екструдованої маси, тиск більше 4 МПа не потрібен, тому що згідно графіку рис. 3.2 при такому тискі температура екструдату коливається близько до 160°С, при якої екструдат формується в пористу і якісну для вживанія твариною структуру.

3.3. Комплексні значення результатів обробки на якість вироблених з зернових матеріалів кормів

Встановлено результатами досліджень, що комплексна обробка сировини термічними методами, а саме мікронізацією та екструдуванням, позитивно впливає на якість виробниблених для споживання кормів.

При дії інфрачервоного опромінювання значно збільшується ефективність скармлювання і зменьшується кількість корма в рецептурі, тому що якість його вишча, чем необроблених розсипних кормів. Тому такі процеси рекомендується використовувати у виробництві.

При підготовки і переробки зернової сировини екструдуванням, отримуємо нарісти, тобщиною 20-30 мм стренчі, які досягають об’ємної маси всього 100-120 кг/м^3, тоб то значно легкі, при кінцевої вологості 8-9 %. Вони легко змочуються в роті тварини і легко засвоюваються шлунком, томиу що розкрита і температурно оброблена структура ендосперма зерна, а оптимальна температура обробки дозволила мати позитивні запах і смак.

Крім того в процесі екструдування сої рівень активності уреази знижується до 0,1-0,2 одиниць pH, що дозволяє інактивувати антипоживні речовини до безпечного рівня.

Така підготовка і обробка зернової маси до споживання дозволяє збільшити харчову цінність корма в 1,5-1,8 рази.

Використання екструдування кормів без сумліву забеспечує:

– зниження швидкості розщеплення білка в шлунці тварини, а це самє призводить до більш глибокого і повного вживання білків, а саме і засвоєння його твариною;
– підвищення засвоєння крохмалю за рахунок його розщеплення в процесі екструзії на цукри і декстріни;
– зниження швидкості ферментації крохмалю в шлункі і тварини;
– підвищення енергетичної харчової цінності раціона с екструдованим кормом на 10-15 %. Тому комплексна температурна обробка мікронізацією і екструдуванням взмозі значно полипшити кормову базу тваринництва і птахівництва.

3.4. Практичні рекомендації виробництву використання методів обробки сировини мікронізацією та екструдуванням.

Найбільш вивченою областю використання ІЧ-термообробки для підвищення поживної цінності зерна є кормовиробництво.

Найважливішим джерелом збалансованих за основними поживними речовинами раціонів для сільськогосподарських і домашніх тварин, є кормові суміші. Їх використання дозволяє отримати максимально високу якість при одночасному зниженні витрат кормів.

Основу практично будь-яких кормів, особливо для травоїдних, становить зерно злакових і бобових культур. Зерно кукурудзи, сорго, ячменю, пшениці та інших культур служить головним джерелом вуглеводів. Особливість кормового зерна, пов'язана з його цільовим призначенням, полягає в тому, що воно може згодовуватися тваринам, як в сирому, так і в обробленому вигляді. Відомо, що значна частина поживних речовин зерна (до 35-40%) не використовуються тваринами. Це пояснюється як фізико-хімічними властивостями елементів харчування, так і фізіологічними можливостями організму до їх засвоєння.

Атакуємість крохмалю та білків ферментами, які беруть участь в процесі травлення, істотно зростає після термообробки, підвищується коефіцієнт

засвоюваності, за рахунок чого скорочується витрата кормів, підвищується виживаність молодняка.

Проведені в роботі дослідження дозволяють стверджувати, щоб підвищити продуктивність тварин можна за умови забезпечення їх достатньою кількістю повноцінних кормів і застосуванням найбільш прогресивних способів їх підготовки до згодовування, а саме за рахунок використання мікронізації та екструдування. При цьому особлива увага повинна приділятися вивченню перетравності та засвоєння поживних речовин, що сприяє більш об'єктивній оцінці використання джерел живлення, особливо зерна злакових і бобових культур.

Вживання та перетравність кормів, складених на основі різних видів зерна, а також їх смакові якості можна значно поліпшити, піддаючи зерно мікронізації.

Проведені дослідження по вивченню мікронізірованних кормових сумішей показали, що при обробці зерна в потоці ІЧ-випромінювання, в результаті нагрівання і дії високих температур структура сирого крохмалю руйнується, білок рослинного походження також зазнає суттєвих змін, що і робить енергетичний зміст зерна більш доступним для засвоєння тваринами. Є дані, які показують, що обмінна енергія мікронізованного зерна підвищується для: ячменю на 19%, кукурудзи на 10%, пшениці на 12%. Ступінь декстринізації та клейстеризації крохмалю в вихідному продукті не перевищували 0.5%.

Всі вищенаведені дані свідчать про те, що при мікронізації зерна відбуваються зміни в макромолекулах білків і крохмалю, що робить їх більш доступними для перетравлення і використання.

Перспективним методом підвищення використання кормового протеїну в раціоні є корекція його якості. Як було показано, вся зернова група проходить процес нагріву інфрачервоним випромінюванням до температур 125-145˚С, що викликає інтенсивний внутрішній нагрів зернівки. Через швидкоплинність процесу, тиск всередині зерна збільшується, що прискорює хід біохімічного процесу денатурації протеїну, зміни структури крохмалю й інших вуглеводів, а також перехід

їх в більш доступні для перетравлення форми. При цьому підвищується поживна цінність продукту до 98%, причому в тонкому кишечнику засвоюється більш 90% крохмалю.

Наступний етап плющення на вальцях, розпареного в процесі мікронізації зерна, при якому повністю клейстеризується крохмаль і збільшується засвоюваність і поживна цінність корму. Такий підвищений рівень засвоєння їжі в тонкому кишечнику знімає навантаження з товстого кишечника, що призводить до скорочення числа випадків, кольок, а також знімає втому і нервозність.

Використання деяких видів зерна в кормовиробництво без попередньої термообробки неефективно або неприпустимо через присутність в ньому антиживильних речовин. Використання сої в раціонах без попередньої інактивації інгібітора трипсину щонайменше шкідливо. Нативний соєвий білок погано засвоюється організмом тварин через наявність в сої ряду біологічно активних речовин, найважливішими з яких є інгібітори травних ферментів. Присутні також алергічні чинники, сапоніну і агенти викликають алергію. Інгібітор трипсину порушує травну активність ферменту трипсину, що виділяється підшлунковою залозою. Наслідком споживання сирої сої може стати уповільнення зростання і розвитку рахіту.

Зернова маса, як правило, дуже насичена різними мікроорганізмами та грибками. У зерно мікроорганізми найчастіше потрапляють під час збирання, транспортування, складування насипом, зберігання. Використання такого зерна без попереднього знезараження для виробництва кормів завдає великої шкоди тваринництву, що виражається у втраті продуктивності, харчових захворюваннях, особливо молодняку. Високі температури і швидкості нагріву при мікронізації призводять до повної загибелі шкідників та їх личинок.

Дослідження показали, що включення до складу стартерних комбікормів мікронізованного ячменю зробило сприятливий вплив на травлення, проміжний обмін, ріст і розвиток. Використання мікронізірованних зерносумішей в раціоні

покращує перетравність основних поживних речовин і азоту, підвищує рівень споживання валової енергії, забезпечує більш ефективне використання обмінної енергії, збільшує енергію росту.

При використанні процесу мікронізації на виробництві в слід на установках встановлювати раціональні діапазони ІЧ нагріву зерна до 100 гр.С; встановлювати довжину хвилі при мікронізації 1500-3500 нм; вставновлювати термін обробки в діапазоні не більше 50 сек; використовувати як обробку при нерухомому шарі зернової маси так і рухомому шарі; встановлювати енергопотужність ІЧ обробки в діапазоні 2,2-2,5 кВт. При екструзіному процесі рекомендується використовувати параметри тиску в діапазоні 2,5-3,0 мПа; досягати раціональну температуру обробки 140-160 гр.С, обов'язково у начальному процесі обробки сировини примусово розігрівати зернову масу не тертям, а за рахунок спеціальних електричних тенів на корпусі екструдеру. Ступінь дікстрінізації крохмалю при контролі процесу у виробничій лабораторії не повинен бути менше 35%.

Загальна установка мікронізатора та принцип її дії на діючому виробництві може бути розроблена такою, яка приведена на рис. 3.3. Вона має камеру з приводним стрічковим транспортером, випнромінювачі, вібростіл на пружинах з віброприводом, завантажувальний і розвантажувальний бункери.

В області випромінювачів робоча гілка сітчастої гнучкої стрічки спирається на роликові опори, закріплені на вібростолі. У робочій камері додатково можуть бути встановлені мішок, секції з джерелами різного роду випромінювання, або джерела коронного чи тліючого розряду. Додатково в робочій камері можуть бути встановлені елементи дозування та розпилення мікроелементів або біологічно-активних речовин.

Обробка зерна на мікронізаторі повинна проводитися за технологією, в якій від властивостей зерна, ступеня його забруднення та вимог щодо якості повинні бути вказані параметри роботи мікронізатора, а саме швидкість переміщення стрічки 6 з

зерном, товщина шару зерна, амплітуда коливань вібраційної рами 8, температура в робочій камері, потужність випромінювачів та ін.

Після включення приводу 5, виводять на необхідну швидкість руху сітчасту гнучку стрічку 6, включають джерела інфрачервоного випромінювання 7, виводячи на заданий режим роботи, і включають вібраційний привод 10. Відкривають заслінку 13 на задану величину, і з бункера 1 зерно надходить на стрічку 6. При русі стрічки 6 над вібраційної рамою 8, завдяки роликам 12, вона коливається із заданою вібратором 10 частотою і амплітудою, утворюючи «киплячий» шар зерна.

«Киплячий» шар сприяє всебічному опроміненню зерна інфрачервоними променями випромінювачів 7. Час процесу мікронізації задається швидкістю переміщення стрічки 6.При виконанні мікронізатора з пристроєм пилоподавлення, пил, що утворюється при роботі, через отвори в сітчастій гнучкій стрічці 6 вентилятором 15 всмоктується та направляється в циклон 17, де осідає велика фракція пилу. Тонке очищення повітря ведеться фільтром 18. Очищене повітря по трубопроводу 19 при закритій засувці 20 і відкритої засувці 21 направляється в робочу камеру 3 для повторного використання.

Відпрацьоване повітря, проходячи очищення від пилу, охолоджується. Мікронізатор може працювати і при відкритому циклі знепилювання, коли свіже повітря подається через патрубок 24 при відкритій засувці 22, а відпрацьоване повітря видається через трубу 23 при відкритій засувці 20 і закритій засувці 21. Для знищення мікрофлори може використовуватися технологія в обробці зерна в полі високої напруженості. При проходженні зерна по робочій камері 3 воно піддається дії коронного розряду між коронуючими голками 25 і сітчастою стрічкою 6 транспортуючого пристрою.

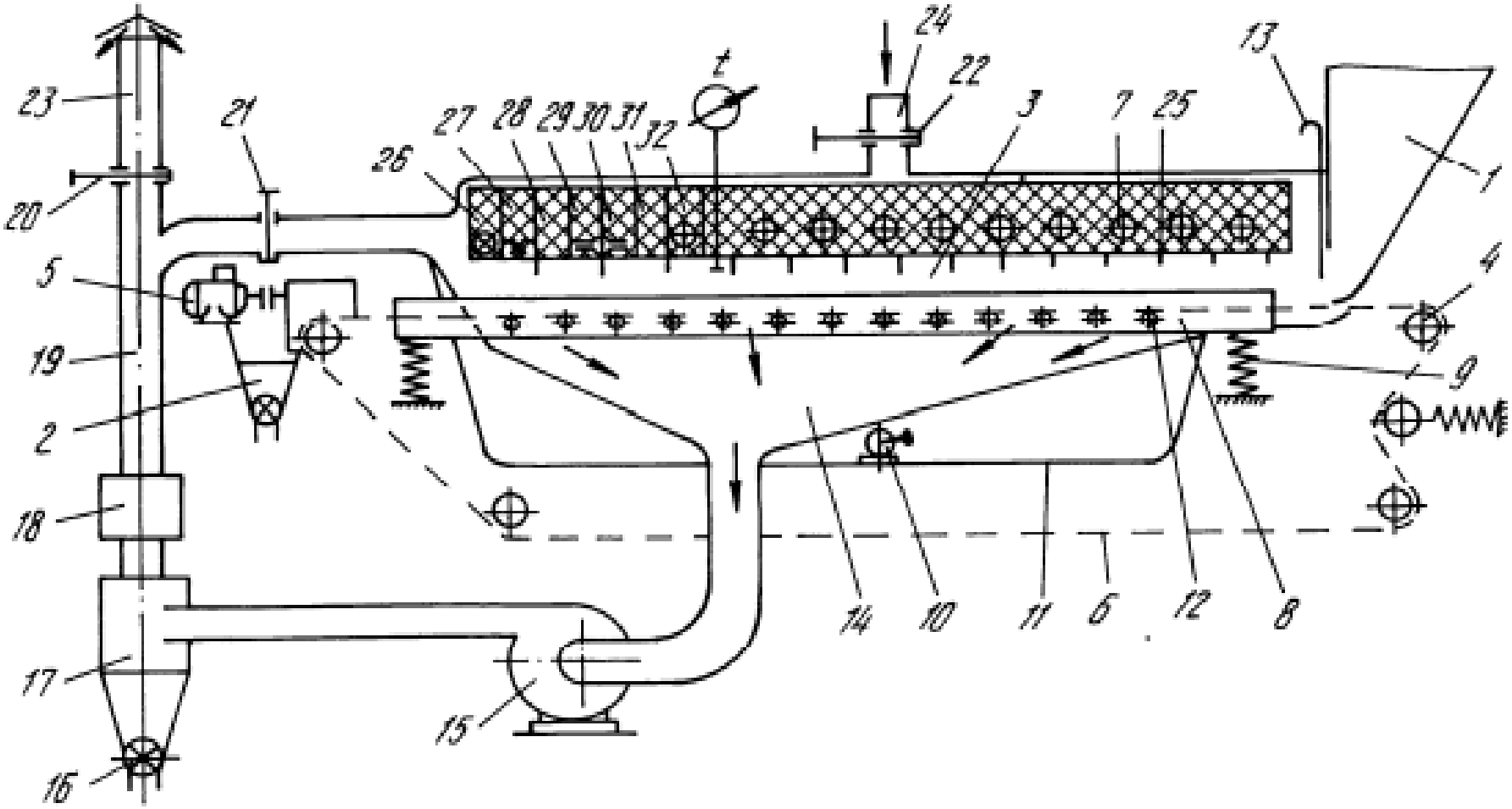

Рисунок 3.3. – Мікронізатор: 1 – завантажувальний бункер; 2 – розвантажувальний бункер; 3 – робоча камера; 4 – стрічковий транспортер; 5 – привід; 6 – транспортер; 7 – інфрачервоні випромінювачі; 8 – вібростіл (рама); 9 – пружини; 10 – вібропривід; 11 – кронштейн; 12 – роликові опори; 13 – заслінка; 14 – пилеприймач; 15 – вентилятор; 16 – затвор; 17 – циклон; 18 – фільтр; 19 – трубопровід; 20, 21, 22 – регулюють засувки; 23 – труба для виходу відпрацьованого повітря; 24 –патрубок для підсосу повітря з атмосфери; 25 –коронуючі голки; 26, 27, 28, 29, 30 – регулювання контролю випромінювача енергії; 31, 32 – форсунки

Обробка зерна в електричному полі коронного розряду при експозиції 10 хвилин при напруженості поля 5 кВ/см призводить до знищення цвілевих грибів, при цьому залишкова мікрофлора складає 0,01-1,00% від вихідної. Знищенню мікрофлори сприяє «киплячий» шар зерна. Для знищення мікрофлори в залежності від її природи, ступеня ураження, вимоги до якості, може бути використана технологія із застосуванням радіаційного випромінювання секцією 26, встановленої в камері, ультрафіолетовим випромінюванням 27, лазерним випромінюванням 28, тліючого розряду 29, електромагнітного випромінювання 30. Відмінною особливістю при використанні мікронізатора для обробки насіннєвого зерна є опромінюючі секції, щадний режим яких не пригнічує проростання зерна, при цьому максимально знищується шкідлива флора. У робочій камері встановлюються додаткові секції 31 і 32, які після знищення шкідливої флори вводять хімічні і біологічні активатори для розвитку і росту рослин.

Висновки по розділу 3.

Проведення досліджень та обробка результатів показали, що:

1. При підготовці обробки зернових мас мікронізацією як в нерухомому так і в рухомому шарі нагрівання зерна відбувається не однаково.
2. Процес нагрівання зерна сої при інфрачервоної обробки в випадку нерухомого шару, де встановлено, що лише при терміну обробки 50 сек так потужності у 2,5 кВт, температура зерна досягає 140 °С, що достатньо для якісного отримання кормового продукту.
3. При обробці ІЧ промінням в рухомому шарі раціональними резжимами слід обирати термін обробки 80-90 сек при електричної потужності від 2,5 до 3 кВт і це призводить до умов отримання температури обробки 150 °С, достатньої для якісного перетворення зерна сої в кормову продукції.

4. Встановлені граничні діапазони температури обробки сої, які свідчать, що лише при температурі обробки 120-160 °С рівень активності уреази зменшується з показників 2,3 pH в сировині, до рівня 0,2-0,008 pH, гарантує безпечність для шлунка тварини споживання такого корму.
5. Встановлено, що при тиску в робочій зоні від 0 до 3 мПа, при обробці зернової сировини екструдуванням, температура досягає 120°С, що свідчить про можливість отримання лише напівфабрикатів корму, а для відбування високотемпературної екструзії 150-160°С, та отримання високоякісного екструдату необхідно встановлювати тиск не менше 4 мПа, при таких умовах екструдат формується в пористу і якісну для вживання твариною структуру.
6. Процес екструдування забезпечує виробництво пористих екструдатів об’ємною масою 100-120 кг/м3, товщиною 20-30 мм, вологістю 8-9%, з позитивним запахом та смаком, що дозволяє збільшити харчову цінність вироблених кормів в 1,5-1,8 рази.
7. Запропонована для виробництва раціональна схема мікромінізатора, використовуючи яку можливо отримувати якісні кормові продукти при підготовці для споживання тваринам та птахам.

Розділ 4. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Організація проведення дослідження

Розрахунок та обгрунтування процесу підготовки кормів до споживання мікронізацією та екструдуванням включає необхідність розробки графіка досліджень.

Насамперед необхідно скласти перелік робіт, що плануються проводити, з визначенням їх взаємозв'язку і тривалості, побудовою сітьового графіка, визначенням критичного шляху та виконанням розрахунків кошторису для витрат на проведення експерименту.

Загальний перелік запланованих робіт наведено у табл.4.1.

Згідно до плану проведень дослідження, побудовано сітьовий графік – це графічна модель, яка відображає майбутню роботу або процес у вигляді окремих етапів, дозволяє шляхом розрахунків, визначити оптимальний варіант її виконання. На стадії реалізації, сітьовий графік забезпечує можливість оперативного управління рухом виконання робіт (рис. 4.1).

Використовуючи мережеву схему, знайдено повний шлях – тривалість послідовних робіт від початку до закінчення.

$$L^{1}_{1\text{-}2\text{-}3\text{-}4\text{-}5\text{-}6\text{-}11\text{-}12\text{-}13}=1+4+8+1+4+1+7+1=27;$$

$$L^{2}_{1\text{-}2\text{-}3\text{-}4\text{-}5\text{-}7\text{-}11\text{-}12\text{-}13}=1+4+8+1+20+1+7+1=43;$$

$$L^{3}_{1\text{-}2\text{-}3\text{-}4\text{-}5\text{-}8\text{-}11\text{-}12\text{-}13}=1+4+8+1+22+1+7+1=45;$$

$$L^{4}_{1\text{-}2\text{-}3\text{-}4\text{-}5\text{-}9\text{-}11\text{-}12\text{-}13}=1+4+8+1+5+1+7+1=28;$$

$$L^{5}_{1\text{-}2\text{-}3\text{-}4\text{-}5\text{-}10\text{-}11\text{-}12\text{-}13}=1+4+8+1+6+1+7+1=29.$$

Шлях, що має максимальну тривалість, називають критичним. У даному випадку, критичним є п’ятий шлях, з тривалістю в 62 добу.

Наступний етап – розрахунок термінів часу:

- крайній термін здійснення події ($T^{п}_{1}$) – це різниця між критичним шляхом та максимальним шляхом від даної події до кінцевої;
- початковий термін здійснення події ($T^{р}_{1}$) – це найбільший шлях від початкової до і–тої події; початковий термін здійснення кінцевої події, дорівнює тривалості критичного шляху $L_{КР}$ = 62 добу.

Таблиця 4.1. – План досліджень процесів обробки сировини до споживання мікроінізацією та екструдуванням

Шифр, i-j	Назва етапів	Тривалість (t_{ij}), дні
1–2	Опис теми роботи	2
2–3	Обробка літературних та патентних джерел за визначеною темою та підготовка аналізу	14
3–4	Планування досліджень, вибір методик про проведення досліджень	9
4–5	Аналіз біологічних властивостей сировини	7
4–6	Визначення властивостей компонентів та їх вплив на показники мікроелементів в кормових сумішах	8
4–7	Визначення параматрів процесу термообробки мікронізацією	18
4–8	Визначення показників якості обробки сировини екструдуванням	13
5–9	Аналізування результатів досліджень	10
5–10		
5–11		
6–12	Знаходження раціональних параметрів	8
7–13	Підготовка дипломної роботи в цілому	12

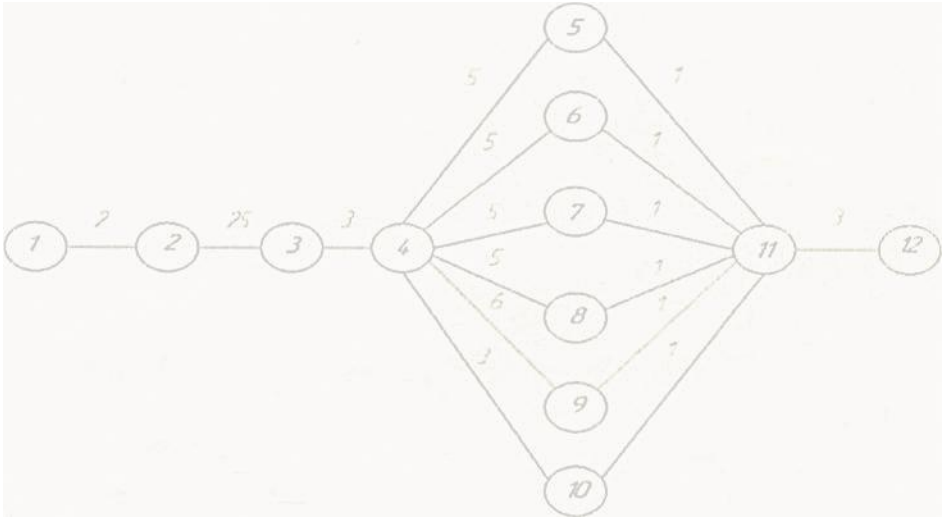

Рисунок 4.1. – Сітьовий графік проведення науково–дослідної роботи

Визначено резерв за формулою:

$$R_1 = T^n_1 - T^p_1, \quad (4.1)$$

де R_1 – резерв шляху, днів;

T^n_1 – крайній термін здійснення події, днів;

T^p_1– початковий термін здійснення події, днів.

Результати розрахунку представлено у табл. 4.2.

Повний резерв часу роботи – це максимальна кількість часу, на якій можна збільшити термін даної роботи, не змінюючи при цьому термін критичного шляху. Повний резерв часу роботи розраховано за формулою:

$$R^n_{ij} = T^n_j - T^n_i - t_{ij}, \quad (4.2)$$

де R^n_{ij} – повний резерв часу роботи, днів;

t_{ij} – загальний термін роботи, днів.

Вільний резерв часу – це максимальна кількість часу, на якій можна збільшити тривалість робіт чи відстрочити її початок, не змінюючи при цьому ранніх термінів початку наступних робіт. Його визначено за формулою:

$$R^b_y = T^p_j - T^n_i - t_{ij}, \quad (4.3)$$

де R^b_y – вільний резерв часу роботи, днів;

T^{n}_{i} – крайній термін здійснення події, днів;

T^{p}_{j} – початковий термін здійснення події, днів.

Таблиця 4.2. – Терміни здійснення подій згідно таблиці

Номер події	Початковий термін здійснення події T^{p}_{1} дні	Крайній термін здійснення події T^{n}_{1}. дні	Резерв шляху R_1, дні
1	1	0	1
2	2	2	2
3	18	16	2
4	21	24	0
5	33	31	2
6	27	30	1
7	30	31	1
8	25	зо	3
9	24	26	0
10	24	26	4
11	32	30	0
12	62	62	0

Значення коефіцієнту напруженості робіт, дозволяє судити наскільки вільно можна мати у своєму розпорядженні наявні резерви.

Значення коефіцієнту напруженості робіт розраховано за формулою:

$$K^{H}_{ij} = L_{maxij} - t_{ij}/L_{kp} - t_{ij}, \quad (4.4)$$

де K^{H}_{ij} – довжина максимального шляху всієї роботи;

L_{kp} – довжина критичного шляху ($L_{кр}$ =62 дні)

Результати розрахунків наведено у табл. 4.3.

Мережеве планування допомагає правильно організувати дослідження та перебудувати його план з метою економії часу й коштів. При створенні сітьового графіка необхідно враховувати окремі роботи і скоротити загальний термін проведення експериментальних робіт.

Аналізуючи дані у наведеній таблиці можна встановити, що на виконання досліджень потрібно 62 дні. Робота, яка характеризується критичним шляхом необхідно виконувати своєчасно.

Таблиця 4.3 – Результати розрахунку

Шифр i–j	Вільний резерв часу, Rby дні	Повний резерв часу Rny; ДНІ	Коефіцієнт напруженості
1–2	2	3	0.00
2–3	14	17	0.10
3–4	32	3	0.70
4–5	32	2	0.63
4–6	29	4	0.84
4–7	29	4	0,70
4–8	33	4	0.69
4–9	33	3	0.78
4–10	30	2	0.64
5–11	30	1	0.73
6–11	30	4	0.73
7–11	29	1	0.71
8–11	29	2	0.71
9–11	29	1	0.71
10–11	30	1	0.68
11–12	62	2	1.00

4.2. Витрати, на проведення дослідження

Дослідження потребують витрати, що визначено за допомогою кошторису витрат. А це саме: витрати на матеріали, електроенергію, нарахування заробітної платні, амортизацію, накладні витрати.

Витрати на основні та побічні матеріали, розраховано за формулою:

$$M = \sum m_1 \cdot Ц_1 \quad . \tag{4.5}$$

де m_1 – кількість витраченого і–го матеріалу;

$Ц_1$ – ціна одиниці і–го матеріалу, грн.

Результати розрахунку витрат на матеріали наведено у табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Кількість основних матеріалів та їх вартість

№ з/п	Найменування, од.	Ціна, грн.	Кількість	Сума, грн.
1	Кормова суміш, кг	50,0	20,0	1000,00
2	Електроенергія для теплоносіїв, кВт	3,5	130,0	455,0
Всього				1455,0

Матеріали допоміжні, що додавались, визначено множенням середньочасового заробітку працівника на кількість витраченого часу. Результати розрахунку наведено у табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Розрахунок витрат на заробітну плату

Виконавець	Середньомісячний заробіток, грн.	Середньочасовий заробіток, грн.	Кількість людино–годин	Сума, грн.
Керівник-дослідник	10500	57,0	25	1425,0
Всього				1425,0

Кошторис нарахувань на заробітну плату прийнято у розмірі 22 % від єдиного податку. Від загальної суми заробітної плати вони складають:

$Н = 1425,0 \cdot 22/100 = 313,5$ грн.

Визначення затрат на електроенергію, яка витратилась розраховано за формулою:

$$Е = М \cdot К \cdot Т \cdot а, \quad (4.6)$$

де *М* – потужність встановленого електрообладнання, кВт;

К – коефіцієнт використання потужності (*К* = 0,9);

Т – час роботи на установці, год;

а – тариф за електроенергію, грн./(кВт/год.) – 1,68 грн до 30.04.2022 р.

При проведенні досліджень застосовано такі споживачі енергії:

– інфрачервоний мікронізатор

– екструдер

– СЕШ

– ваги аналітичні

Витрати енергії на термообробку сировини наступні:

$$E_1 = 9{,}0 \cdot 0{,}9 \cdot 30{,}0 \cdot 1{,}68 = 408{,}24 \text{ грн.}$$

Загальні витрати електроенергії Е = 408,24 грн.

Витрати на амортизацію згідно до методики розраховують так:

$$А = Ф \cdot Н \cdot t/100 \cdot 12 \qquad (4.7)$$

де *А*– амортизаційні відрахування, грн.;

Ф– вартість устаткування, грн.;

Н – річна норма амортизації, %;

t – термін проведення дослідження на устаткуванні, днів;

12– кількість місяців у році.

Результати розрахунків витрат на амортизацію наведено у табл. 4.6.

Таблиця 4.6 – Розрахунки витрат на амортизацію

Устаткування	Вартість. грн.	Річна норма амортизації, %	Тривалість роботи, днів	Витрати на амортизацію, грн
Екструдер	8500,00	20	30	139,7
Мікронізатор	6200,00	20	30	101,6
Всього				241,6

Витрати, що розраховуються як накладні, пов’язані з обслуговуванням виробництва, витрати на оплату праці обслуговуючого та управлінського персоналу. Також вони включають в себе витрати на обслуговування обладнання і приймаються за 80% заробітної плати дослідників:

$$\frac{(1425{,}0 \cdot 80)}{100} = 1140 \text{ грн.}$$

Загальний кошторис витрат на проведення досліджень наведено у табл. 4.7.

Таблиця 4.7 – Кошторис витрат на проведення досліджень

Витрати	Сума, грн.
Основні матеріали	1455,0
Заробітна плата	1425,0
Нарахування на заробітну плату	313,5
Електроенергія	408,24
Амортизація	241,6
Накладні витрати	1140,0
Всього	4983,34

Аналізі даних показав, що найбільшими є витрати на основні матеріали та заробітну плату.

4.3 Розрахунок вартості дослідження

Виконана робота належить до фундаментальних, тому ціну визначено на основі витрат на дослідження та рентабельності:

$$Ц = С + (Р \cdot С)/100 \quad (4.8)$$

де Ц – вартість дослідження, грн.

С – витрати на дослідження, грн.;

Р – нормативна рентабельність (*Р* = 30), %.

$Ц$ = 4983,34 +(30·4983,34/100) = 6478,34 грн.

З цього можна відмітити, що витрати на проведені дослідження становлять 6478,34 грн.

4.4 Висновки до розділу

1. Дослідження, пов’язані з підготовкою зернової сировини до споживання мікронізацією та екструдування включали план проведення досліджень, розроблення сітьового графіку, тривалість критичного шляху, що становить 62 дні, яка не перевищує визначений термін проведення досліджень. Сітьовий графік вірний.
2. Згідно кошторису, найбільша доля загальних витрат, складає витрати на основні матеріали – 1455 грн, що становить 29,2% всіх витрат. Враховуючи 20% нормативної рентабельності, загальна вартість проведення досліджень сягає 6478,34 грн.

Розділ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Правила організації охорони праці на підприємстві по підготовці зернової сировини для споживання мікронізацією та екструдуванням

Підприємство з виробництва кормових продуктів з сировини це складна структура, яка має свої особливості в технологічних процесах. Дільниці мають, як загальні, так індивідуальні небезпечні фактори, що впливають на якість виробництва кормів, але усі вони відносяться до категорії особливо небезпечних виробництв. Охорона праці на підприємстві інфрачервоної оробки та екструдуванням сировини приділяється багато уваги.

«Особа, яка несе відповідність за стан охорони праці по всьому підприємству - є керівник підприємства, а організаційно-методичне керівництво охороною праці складено на інженера з охорони праці, що підпорядковується тільки правлінню підприємства. На інженера з охорони праці покладано обов’язки з організації, виконанню та контролю заходів з охорони праці по всіх виробничих дільницях» [41-43].

«Відповідальний інженер з охорони праці проводить контроль, щодо дотримання чинного законодавства, міжгалузевих, галузевих та інших нормативних актів, виконання працівниками посадових інструкцій з питань охорони праці; виконання приписів органів державного нагляду, пропозицій та подань з питань охорони праці, використання за призначенням коштів фонду охорони праці; відповідність нормативним актам про охорону праці машин, механізмів, устаткування, транспортних засобів, технологічних процесів, засобів проти аварійного, колективного та індивідуального захисту працюючих; наявність технологічної документації на робочих місцях; своєчасне проведення навчання та інструктажів працюючих, атестації та переатестації з питань безпеки праці посадових осіб та осіб, які виконують роботи підвищеної небезпеки, а також дотримання вимог безпеки при виконанні цих робіт; забезпечення працюючих

засобами індивідуального захисту, лікувально- профілактичним харчуванням, миючими засобами, санітарно-побутовими приміщеннями; організацію питного режиму, надання працівникам передбачених законодавством пільг і компенсацій, пов'язаних з важкими та шкідливими умовами праці» [43].

«Керівники та спеціалісти основних структурних підрозділів, щодо питань охорони праці мають свої обов'язками:

- проведення первинного інструктажу працівникам усіх виробничих відділень;
- щоденний огляд стану технологічного обладнання усіх відділень та санітарного стану виробничих приміщень;
- забезпечення працівників відповідним спецодягом;
- контроль за наявністю та своєчасною зміною інструкцій з охорони праці на робочих місцях;
- контроль за зберіганням та приготуванням миючих засобів для обладнання;
- контроль стану засобів поліпшення умов праці (освітлення у виробничих цехах, їх вентилювання та кондиціювання);
- контроль за станом системи аварійної сигналізації у цехах;
- контроль за станом та своєчасною перевіркою обладнання, яке працює під високим тиском чи підвищених температурах (компресорні станції, парогенератори, тощо);
- організація доцільного графіку роботи операторів фасувальних автоматів, що мають монотонну роботу на конвеєрі;
- контроль за наявністю та належним станом електро-захисної апаратури та засобів;
- контроль за станом продуктових та енергетичних магістралей у виробничих відділеннях;
- організація найбільш ефективних маршрутів пересування у цехах транспортних засобів та механізмів з метою забезпечення безпеки для працівників» [41-43].

Службовий персонал підприємств по мікронізації та екструдуванню кормів повністю забезпечений засобами індивідуального захисту (спецодягом, взуттям, ре-

спіраторами, рукавицями, тощо). У виробничих приміщеннях підприємства, дотримані усі необхідні санітарно-гігієнічні умови. У приміщенні, де працюють люди, параметри повітря відповідають [44]. Вміст шкідливих речовин у повітрі приміщень цеху, не повинно перевищувати гранично-допустимих норм. Система освітлювання виробничих та побутових приміщень відповідає вимогам [45]. Рівень шуму повинен не перевищувати нормальних умов, згідно [46].

Фінансування охорони праці здійснюється за рахунок підприємства в обсязі 0,5% від фонду сплати праці.

5.2 Заходи безпеки праці при підготовці кормів до споживання мікронізацією та екструдуванням

5.2.1.Загальні положення

«Робітники повинні знати та виконувати усі вимоги, щодо безпечних методів праці. Для цього на підприємствах з кожним прийнятим на роботу проводиться вступний інструктаж. Здійснює це головний інженер, його заступник або інженер з техніки безпеки. Вступний інструктаж розкриває питання, як правила внутрішнього трудового розпорядку, небезпеки, пов'язані з знаходженням працівника на території, рухом транспорту, особливо при прийманні сировини, знаходження у складських приміщеннях, прийомних пристроях, загальні правила електробезпеки, заходи пожежної безпеки, порядок використання санітарно-побутових приміщень, спецодягу, надання першої допомоги при нещасних випадках і тощо. Проведення первинного інструктажу з охорони праці, повинно обов’язково відображатися в особистих контрольних картках» [20, 40-43].

Особливо важливо проводити інструктаж на робочому місці. Відповідальність та проведення за начальником цеху, майстром або керівником певної ділянки. Під час інструктажу робочий повинен бути ознайомлений з технологічним процесом,

правилами охорони праці та вибухової безпеки на відповідній ділянці; освідчитись з пристроєм машин та заходами безпеки щодо їх обслуговування, з призначення та практичним застосуванням запобіжних пристроїв, з безпечним поводженням з електроустаткуванням. Робочого ознайомлюють з правилами поведінки у виробничих приміщеннях, з внутрішнім цеховим зв'язком та сигналами, з аспіраційними установками та необхідністю утримання їх у справному стані, правилами транспортування і перенесення вантажів, неприпустимі загородження проходів та проїздів, з заходами безпеки при санітарній обробці виробничих та складських приміщень, з необхідністю підтримання санітарного стану на робочих місцях» [43].

5.2.2. Основні вимоги безпеки перед початком роботи

Перед початком роботи працівник перевіряє справність та одягає засоби індивідуального захисту (спецодяг, спецвзуття і ін.). У випадку змінної роботи з'явитися на робоче місце завчасно для прийняття зміни та підготовки сировини для переробки.

Перевіряється справність роботи систем вентиляції, технологічного устаткування, комунікацій; справності контрольно- вимірювальних приладів, засобів блокування і сигналізації; наявності та справності засобів пожежогасіння, колективного захисту; в належному рівні освітлення і ін. При безперервній роботі проводиться перевірка режиму роботи обладнання технологічного процесу.

Перевіряється наявність сировини у необхідній кількості, напівфабрикатів, матеріалів, тари, транспортних засобів і ін. На робочому місці мають знаходитися тільки необхідні для ведення технологічного процесу сировина та матеріали.

При виявленні в процесі огляду недоліки не дозволяють приступати до роботи до моменту усунення виявлених порушень керівником.

5.2.3. Вимоги безпеки під час виконання робіт

При підготовці кормів до споживання мікронізацією та екструдуванням в дії використовується велика кількість технологічного обладнання, що має обертові або рухомі частини. Можливі вібрації від машин можуть викрикати руйнування будівель

Обов’язково необхідно мати огорожу усіх з'єднань важелів, дозаторів, храпових механізмів, приводів, ремінних та ланцюгових передач, кінців і вільних ділянок валів, що обертаються. Дозатори повинні бути герметичні, не допускаючи запилення.

Обладнання для завантаження і транспортування сировини повинні бути герметичні. Також необхідна аспірація машин та робочого приміщення.

Готова продукція пакується в спеціальну тару.

5.2.4. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

Загальні ознаки аварійних ситуацій наступні:

- зупинка технологічного процесу внаслідок спрацювання автоматичних захисних блокування;
- завищення робочих параметрів, як температура обробки, тиск, порушення процесу, що може призвести до аварійного стану;
- вибухонебезпечний стан середовища в приміщенні;
- запалювання в апаратурі, обладнанні, керуючих пристроях;
- загоряння технологічного устаткування;

У випадку виникнення аварійної ситуації, робітник повинен негайно повідомити безпосереднього керівника та діяти у відповідності з вказаними у розділі «"Безпечна експлуатація виробництва" (технологічного регламенту для даного виробництва) діями щодо їх усунення, а також у відповідності з Планом локалізації та ліквідації аварійних ситуацій і аварій» [42, 43].

«У випадку виникнення пожежі робітник повинен припинити роботу, знеструмити електрообладнання, негайно розпочати гасіння пожежі наявними

засобами пожежогасіння, діючи у відповідності з вимогами інструкції з пожежної безпеки підприємства. У випадку травмування потерпілому необхідно надати першу долікарську допомогу (до прибуття швидкої медичної допомоги)» [43].

5.2.5. Вимоги безпеки після завершення роботи

Згідно інструкції необхідно: прибрати робоче місце, та коли є зміни не залишати працююче устаткування до прибуття змінника і прийняття ним зміни. Здати зміну увстановленому порядку, повідомивши змінника розповісти про всі недоліки і зауваження, стосовно роботи устаткування. Надати інформацію необхідну для забезпечення подальшої безпечної роботи.

Прибрати спецодяг і інші засоби індивідуального захисту, які використовувалися в процесі роботи, у відведене для цього місце.

Повідомити безпосереднього керівника про всі недоліки, які мали місце під час роботи.

5.3. Аналіз виробничого травматизму на підприємстві по підготовці кормів до споживання мікроназацією та структуруванням

Згідно аналізу – найбільший відсоток нещасних випадків, припадає на приймальні та зерноочисні відділення підприємства, біля 65% пов’язані з ремонтно-механічними та транспортними дільницями. Зробимо розгляд відділення мікронізації та екструдування сировини для підготовки кормів.

У відділенні за 3 роки зареєстровано декілька випадків з тимчасовою втратою працездатності та без неї (табл. 5.1), що пов’язані з високим ступенем механізації робіт і виконання працівниками заходів з охорони праці. Чинники, що призвели до виникнення нещасного випадку - є механічні частини машин, надмірний шум та вібрація, підвищена температура у зв’язку з термічною обробкою сировини.

Таблиця 5.1 – Показники виробничого травматизму

Показники	2019	2020	2021
Кількість робітників цеху	15	14	14
Кількість нещасних випадків	2	1	0
Кількість днів втрати працездатності	14	10	0

Зробимо розрахунок показників виробничого травматизму за останні три роки.

Коефіцієнти частоти і втрати робочого часу визначаємо за статистичними методами аналізу, де коефіцієнт частоти випадків травматизму можливо розрахувати за формулою 5.1:

$$К_ч = (n / P) \cdot 1000, \quad (5.1)$$

де *n* – кількість випадків травматизму;

P – кількість робітників у цеху.

Тоді по рокам, коефіцієнт частоти становить:

$$К_{ч.2019} = (2/15) \cdot 1000 = 133$$

$$К_{ч.2020} = (1/14) \cdot 1000 = 71.4$$

Значення коефіцієнту тяжкості розраховано за формулою:

$$К_Т = Д/n, \quad (5.2)$$

де Д – кількість днів втрати працездатності.

По рокам це буде:

$$К_{Т.2019} = 14/1 = 14$$

$$К_{Т.2020} = 10/1 = 10$$

Коефіцієнт втрати робочого часу:

$$К_{П.2019} = (14/15) \cdot 1000 = 933,3$$

$$К_{П.2020} = (10/10) \cdot 1000 = 1000$$

Результати розрахунку показників виробничого травматизму на підприємстві за останні три роки наведено у табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Показники травматизму на виробництві

Показники	2019	2020	2021
Коефіцієнт частоти	133	71,4	0
Коефіцієнт тяжкості	14	10	0
Коефіцієнт втрати робочого часу	933,3	1000	0

Найбільші значення коефіцієнтів частоти та втрати робочого часу, зафіксовано у 2020 році, тому що зменшилась кількість робітників.

5.4. Розрахунок захисного заземлення машин та обладнання виробничої лінії цеху (наведено у додатку А)

5.5. Заходи з поліпшення умов праці

В технологічних дільницях підприємства існує достатня кількість обладнання, яке аспірується і де встановлені вентилятори, що створюють значний шум та вібрацію. Зменшення шуму та вібрацій дозволить покращити соціальні умови праці і зменшити ризик виробничого травматизму, тобто це знімає втомленість працівників.

«Для захисту робітників від впливу шуму, встановлено допустимі норми звукового тиску в актавних рисах (тобто ділянках діапазону частот, по відношенню до яких верхні частоти дорівнюють нижній (2)» [20, 43, 46].

За результатами проведеного аналізу та виявлених недоліків з охорони праці (з урахуванням особливості процесів мікронізації та екструдування сировини) можливо створити заходи поліпшення умов:

- забезпечити низькі показники регламентованих рівнів шуму, вібрації, випромінювань та інших факторів.
- забезпечити захист від електричних частин та термічних поверхонь мікронізаторів та екструдатів;
- встановити захисні засоби розвантаження гарячої сировини після обробки

мікронізацією та екструдуванням;

- організувати обов’язково кабінет з охорони праці з необхідною літературою та плакатами;

5.6. Безпека у надзвичайних ситуаціях на виробництві

Велика кількість надзвичайних ситуацій відбувається об’єктивно.

Необхідні заходи ліквідації можливих випадків, а це залежить від відповідальних осіб.

«Згідно до Кодексу цивільного захисту України, підготовка персоналу на підприємствах (незалежно від форм власності) до дій у надзвичайних ситуаціях, здійснюється за спеціально розробленою схемою заходів захисту населення та територій.

На великих та малих підприємствах, система заходів захисту від надзвичайних ситуацій складає:

• планування та здійснення необхідних заходів, щодо захисту своїх працівників та об’єктів господарювання;

• розроблення планів локалізації та ліквідації аварій (подальшим погодженням з Державною службою України з надзвичайних ситуацій);

• підтримання у готовності до застосування сил та засобів із запобігання виникнення та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій;

• створення та підтримання матеріальних резервів, для попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій;

• забезпечення своєчасного оповіщення своїх працівників, щодо загрози виникнення або створення надзвичайної ситуації» [41, 43].

Загальні умови, щодо загрози або виникненню надзвичайних ситуацій складаються з захисту, насамперед, персоналу. «Згідно інструкції щодо дій працівників у надзвичайних ситуаціях, не повинно суперечити положенням та

вимогам Кодексу цивільного захисту України. Понад інструкції, на підприємстві розробляється План евакуації при пожежі або загрозі вибуху. Також, на підприємстві необхідно розробити й довести до всіх працівників Порядок цілодобового оповіщення керівництва та працівників, у випадку загрози або виникнення надзвичайної ситуації.

Всім працівникам підприємства необхідно знати дії, чітко виконувати свої обов'язки. Окрім того, це стосується адміністрації підприємства, що в екстремальній обстановці не може приймати помилкові рішення або віддавати необґрунтовані розпорядження» [41-43].

Висновки по розділу 5

1. Проведений аналіз стану з охорони праці на підприємстві що підготовлює до споживання корму мікронізацією та екструдуванням виявляв недоліки в роботі з охорони праці.
2. Зроблено аналіз з виробничого травматизму за останні три роки, а також розроблено технологічні та організаційні заходи сприятливі покращенню з охорони праці на дільницях мікронізації сировини та її екструдуванню.
3. Розроблено розрахунок існуючих засобів заземлення виробничої дільниці (приведено в додатку)

Все це направлено на поліпшення умов праці та стану її охорони в умовах розглянутого підприємства.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

За результатами проведеного аналітичного огляду можна зробити наступні висновки:

1. Процес мікронізації будується на складових – волога, та механічний тиск, – які необхідні для желатинування крохмалю з мінімальною втратою вологи.
2. Основна відмінність установок для мікронізації – обробка продукту, а саме зернових мас, викладених у три шари, інфрачервоним випромінюванням;
3. В залежності від марки установки для мікронізації визначаються параметри оброблення;
4. Запропонована програма досліджень, яка включає визначення основних показників процесів підготовки кормів до споживання мікронізацією та екструдуванням.
5. Обґрунтовано процес нагрів зерна сої при інфрачервоної обробці у випадку нерухомого шару, де встановлено, що лише при терміну обробки 50 сек та потужності у 2,5 кВт, температура зерна досягає 140 С, що достатньо для якісного отримання кормового продукту.
6. При обробці ІЧ промінням в рухомому шарі раціональними резжимами слід обирати термін обробки 80-90 сек при електричної потужності від 2,5 до 3 кВт і це призводить до умов отримання температури обробки 150 °С, достатньої для якісного перетворення зерна сої в кормову продукції.
7. Встановлені граничні діапазони температури обробки сої, які свідчать, що лише при температурі обробки 120-160 °С рівень активності уреази зменшується з показників 2,3 pH в сировині, до рівня 0,2-0,008 pH, гарантує безпечність для шлунка тварини споживання такого корму.
8. Встановлено, що при тиску в робочій зоні від 0 до 3 мПа, при обробці зернової сировини екструдуванням, температура досягає 120°С, що свідчить про можливість отримання лише напівфабрикатів корму, а для відбування

високотемпературної екструзії 150-160°С, та отримання високоякісного екструдату необхідно встановлювати тиск не менше 4 мПа, при таких умовах екструдат формується в пористу і якісну для вживання твариною структуру.

9. Процес екструдування забезпечує виробництво пористих екструдатів об'ємною масою 100-120 кг/м3, товщиною 20-30 мм, вологістю 8-9%, з позитивним запахом та смаком, що дозволяє збільшити харчову цінність вироблених кормів в 1,5-1,8 рази.
10. Запропонована для виробництва раціональна схема мікромінізатора, використовуючи яку можливо отримувати якісні кормові продукти при підготовці для споживання тваринам та птахам.
11. Виконана економічна оцінка проведення експериментальних досліджень процесів мікронізації та екструдування, а також розроблені пропозиції до поліпшення умов праці на діючому підприємстві по виробництву кормів екструдуванням.
12. На теперішній час, процес мікронізації достатньо поширений для виробництва кормових сумішей;
13. Мікронізація зернових культур дозволяє більш ефективно використовувати їх у складі кормових сумішей;
14. Мікронізація є важливим процесом, оскільки завдяки їй порушується структура зерна, та складні біологічні компоненти перетворюються на більш прості, що, в свою чергу, спрощує процеси перетравлювання та засвоювання організмом продукту, до складу якого входитимуть утворені складові.
15. Найбільш ефективно відбувається процес мікронізації пропареного зерна з вологістю 19%.

СПИСОК ВИКОРИСТАННИХ ДЖЕРЕЛ

1. Авраменко, В.М., Есельсон, М.П., Заїка, А.А. інфрачервоні спектри харчових продуктів. - М .: Харчова промисловість, 1999. - 174 с.
2. Афанасьєв В.А. Науково-практичні основи теплової обробки зернових компонентів в технології комбікормів. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук. - М.: 2003.
3. Кочанов Д.С. Наукове забезпечення процесу мікронізації зернових культур і розробка технології виробництва комбікормів із мікронізованного зерна. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. – 2014 р.
4. Бєляєв, М. І., Пахомов, П.Л. Теоретичні основи комбінованих способів теплової обробки харчових продуктів. Харків: Ін-т громадського харчування, 1991. - 158 с.
5. Борхерт Р., Юбіц В. Техніка інфрачервоного нагріву [текст]. - Н.- Л .: Гос. Енерг. Видавництво, 1963.
6. Брагінець Н., Рабштина В. Мікронізація зерна // Комбікормова промисловість. - 1984. - № 4.
7. Єлькіна Н., Кірдяшкін В. Інфрачервоні технології для обробки зерна // Комбікорми. - 2006. - № 6.
8. Звєрєв С., Лігідов В. Підвищення ефективності мікронізації зерна // Комбікорми. - 2005. - № 5.
9. Звєрєв С.В. Високотемпературна мікронізація у виробництві зернопродуктів - 2009. - с. 222.
10. Звєрєв С.В. Техніка і технологія інфрачервоного нагріву в харчовій промисловості. Стан питання // Збірник праць МГУПП. - М.: МГУПП - 2010 р.
11. Ільясов С.Г., Красніков В.В. Фізичні основи інфрачервоного опромінення харчових продуктів. - М .: Харчова промисловість, 1973.

12. Применение экструзионной технологии в комбикормовой промышленности/ Ковбаса В.М., Махинько Л.В., Герасименко О.В., Шаран А.В., Піддубний В.А. // Зернові продукти і комбікорми. – 2005. - №1. – С.29-31.
13. Єгоров Б.В. Технологія виробництва комбікормів. Одеса «Друкарський дім», 2011. 447 с.
14. Братерский Ф. Д., Пелевин А. Д. Оценка качества сырья и комбикормов. – М.: Колос, 1983. – 319 с.
15. Єгоров Б. В., Шаповаленко О. І., Макаринська А.В, Технологія виробництва преміксів. Підручник. – К.: Центр учбової літератури, 2007. – 288 с.
16. Демидов П. Г. Технология комбикормового производства. – М.: Колос, 1968. – 224 с.
17. Кучинскас З. М., Особов В. И., Фрегер Ю. Л. Оборудование для сушки, гранулирования и брикетирования кормов. – М.: Агропромиздат, 1988. – 208 с.
18. Мартыненко Я. Ф. Промышленное производство комбикормов. – М.: Колос, 1975. – 215 с.
19. Методы и приборы для контроля качества сырья и готовой продукции комбикормового производства /Ю. М. Колпаков, Ю. В. Работкин, В. В. Мешкова, Л. А. Николенко. – М.: ЦНИИТЭИ хлебопродуктов, 1993. – 49 с.
20. Шклюдов В. Р. Безопаснось производства процессов на комбикормовых заводах: Учебник – М.: Агропромиздат, 1990. – 160 с.
21. Машини та обладнання переробних виробництв / За редакцією проф. О. В. Дацишина. – К.: Вища освіта, 2005. – 159 с.
22. Обладнання підприємств харчової та переробної промисловості / І.С. Гулий, М. М. Пушанко, Л. О. Орлов та ін.–Вінниця: Нова Книга, 2001.–576 с.
23. Процеси і апарати харових виробництв: підручник / За редакцією проф. І. Ф. Анежика.- К.: НУХТ, 2003. – 400 с.
24. СОУ73.1-37-413:2006 Енергоощадність. Методика визначення енергомісткості сільськогосподарської продукції під час її зберігання та перероблення.

25. Соколов А. Я. Технологическое оборудование предприятий по хранению и переработке зерна. – М.: Колос, 1967. – 488 с.
26. Гулий І. С., Пушанко М. М., Орлов Л. О., Мирончук В. Г., Українець А. І., Лісовенко О. Т., Таран В. М., Гуцалюк В. М., Яровий В. Л., Литовченко І. М., Пушако Н. М. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості. Вінниця: Нова книга, 2001. – 576 с.
27. Агрономов Е. А. Хранение и сушка соевых бобов. – М.; Л., 1933. – 44 с.
28. Бабич А. А. Современное состояние и перспективы мирового производства и использование сои в решении проблемы белка и растительного масла // Возделывание, переработка и использование сои для решения проблемы белка и растительного масла: Тез. докл. нау.-произв. конф. – Винница, 1990. – С. 3-7.
29. Бабич А. О. Проблема білка: сучасний стан, перспективи виробництва і використання сої // Корми і кормовиробництво. – 1992. - № 33. – С. 3-13.
30. Горанов Х. Промышленное производство сои // Международный с. – х. журн. – 1977. – № 4. – С.37-41.
31. Серкл С. Д., Смит А. К., Соевые бобы: переработка и продукты // Источники пищевого белка. – М.: Колос, 1979. – С. 67-87.
32. Сичкарь В. И. Значение сои в решении проблемы кормового белка на юге Украины // Современные аспекты решения проблемы увеличения ресурсов и повышения эффективности использования растительного белка: Тез. симп. – Винница, 1992. – С. 16-18.
33. Нисис М. И., Гинкруг Г. Н. Справочник по технике безопасности. – К.: Будівельник, 1973. – 172 с.
34. Charlton S. J., Ewing W. N. The vitamins directory. – Packington.: Context Products Itd., 2007. – 250 p.
35. Scott M. L., Nesheim M. G., Young R. J. Nutrition of the chicken. – 4-th edition. – Ontario, Ganada.: University books, 2001. – 591 p.
36. Чернобривенко С. И. Зернобобовые культуры на Украине. – К., 1947.–156 с.

37. Brazil's Soybean Expansion Seen Shifting to New Arears // Foreign Agriculture, 1977. – v. 15. – N 12. – p. 5.
38. Мельніков В.С. Планирование эксперимента в исследованиях сельхозяйственных процессов. // Л. – Колос, 1980. – 488 с.
39. Павленко В.С. Лабораторний практикум з деталей машин та основ конструювання./ В.С. Павленко і ін. \\ - К. ІСДО, 1995. – 144 с.
40. Закон України про охорону праці «345 – VI від 02.09.2008.
41. Ткачук А.В., Запашний Р.В. та ін. Навчальний посібник. Охорона праці та промислова безпека. – К. 2009.
42. Вінокурова Л.Е., Васильчук М.В., Гаман М.В. Основи охорони праці. Підручник. – К. 2001.
43. Зеркалов Д.В. Охорона праці в галузі. – К.2011.
44. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
45. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення.
46. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.