

**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 та оптимізація  
режимів обробки зернових кормових сумішей  
екструдкуванням**

**Виконав:** студент 2 курсу, групи МГХТ-1-19  
за спеціальністю 181 "Харчові технології"

\_\_\_\_\_ Шапошніков М.Л.  
(прізвище та ініціали)

**Керівник:** \_\_\_\_\_ проф. Чурсінов Ю.О.  
(прізвище та ініціали)

**Рецензент:** \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Дніпро 2020

# ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра: «Технології зберігання і переробки сільськогосподарської  
продукції»

Освітній ступінь: "Магістр"

Спеціальність: 181 "Харчові технології"

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри Чурсінов Ю.О.

« 30 » 09 2020 р.

## ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу магістра студенту

Шапошнікову М.Л.

(прізвище, ім'я, по батькові)

**1. Тема роботи:** Обґрунтування процесу та оптимізація режимів обробки зернових кормових сумішей екструдуюванням.

**керівник роботи:** проф. Чурсінов Ю.О.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «29» 09 2020 року №2397

**2. Строк подання студентом роботи:** 30.11.2020р.

**3. Вихідні дані до роботи:** загальна технологія екструдуювання. Технічні характеристики одношнекових екструдерів. Рецептури різних сумішей для споживання тваринами.

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

Аналіз обладнання для екструдуювання з визначенням раціональних конструкцій. Обґрунтування вибору складу зернової суміші для обробки в екструдуюванні корму. Вибір раціональних параметрів процесу екструзії зернової суміші.

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

Графічний матеріал, а також графіки і таблиці використані для презентації і введені в додатки.

## 6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 30.09.2020 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Проведення аналізу обладнання для екструзування	30.09-07.10.2020	
2	Визначення мети і завдань досліджень	07.10-12.10.2020	
3	Визначення складу суміші та режимів обробки сировини	12.10-20.10.2020	
4	Обґрунтування параметрів обробки	20.10-01.11.2020	
5	Підготовка розділу економіки	01.11-08.11.2020	
6	Підготовка розділу охорони праці	08.11-14.11.2020	
7	Підготовка презентації та аналіз роботи	14.11-30.11.2020	

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Шапошніков М.Л.  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

Чурсінов Ю.О.  
(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

**Тема: «Обґрунтування процесу та оптимізація режимів обробки зернових кормових сумішей»**

**Дипломна робота магістра:** 89 с., 20 рис., 17 табл., 2 додатків, 35 літературних джерела.

**Об'єкт дослідження** з'являється склад структурно-механічних властивостей зернової суміші та технологічних режимів її обробки.

**Метою роботи** є обґрунтування процесу екструдуювання зернових сумішей та визначення оптимальних режимів обробки.

**Методи дослідження** пов'язані з визначенням характеру протікання процесу екструдуювання експериментальним методом.

Теоретично та експериментально виявлено характер трансформації визначеного складу зернової суміші в робочих органах шнекового екструдера з отриманням готового екструдата.

Проведена оцінка впливу тиску, температури обробки, форми кінцевих матриць на протікання процесу екструдуювання і обґрунтовані параметри.

Результати роботи пройшли апробацію участю в роботі міжнародної конференції у Таврійському державному агротехнологічному університеті: «Іновації в технології та обладнанні готельно – ресторанних, харчових і переробних виробництв» з публікацією тезисів: «Дослідження процесів пресування та екструдуювання рослинних матеріалів та зернових сумішей».

### КЛЮЧОВІ СЛОВА

ЕКСТРУДУВАННЯ; ЗЕРНОВА СУМІШ; ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС; РОБОЧІ ОРГАНИ; ШНЕК; ЕКСПЕРИМЕНТИ; ЯКІСТЬ; ПАРАМЕТРИ; РЕЗУЛЬТАТИ; ОБґРУНТУВАННЯ.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 СТАН ТЕОРІЇ, ТЕХНОЛОГІЇ І ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ЕКСТРУДОВАНИХ ПРОДУКТІВ.....	10
1.1 Огляд техніки й технології процесів екструзії.....	10
1.2 Склад харчової й кормової сировини зернової суміші як об'єкт дослідження.....	23
1.3 Аналіз літературного огляду й завдання дослідження.....	27
2 ТЕОРЕТИЧНІ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЕКСТРУЗІЇ ЗЕРНОВИХ СУМІШЕЙ.....	30
2.1 Вміст компонентів у зернової суміші та їх значення.....	30
2.2 Програма і методика досліджень.....	31
2.3 Вплив ступеня подрібнення сировини на характер протікання процесу екструзії.....	36
2.4 Планування експерименту процесу екструзії зернової суміші з метою отримання зернових екструдованих продуктів харчового і кормового призначення.....	38
3 ЯКІСНА ОЦІНКА ЕКСТРУДОВАНИХ ПРОДУКТІВ З ЗЕРНОВОЇ СУМІШІ.....	46
3.1 Дослідження якісних показників екструдованих зернових продуктів.....	46
3.1.1 Методи дослідження фізико-хімічних властивостей зразків.....	46
3.1.2 Характеристика показників екструдованих зернових продуктів.....	49
3.1.3 Аналіз якісних показників екструдованих зернових продуктів.....	50
4 ОБГРУНТУВАННЯ РЕЖИМНИХ ПАРАМЕТРІВ ВИРОБНИЦТВА ЕКСТРУДОВАНИХ ПРОДУКТІВ.....	53
4.1 Обґрунтування параметрів екструдера з регульованим теплопідводом.....	53
4.2 Обґрунтування конструктивних параметрів екструдера з матрицею.....	56

4.3 Обґрунтування конструкції шнекового екструдера для виробництва двошарових продуктів.....	59
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	63
5.1 Правила організації охорони праці на підприємстві по виробництву екструдованих кормів.....	63
5.2 Заходи безпеки праці при виробництві екструдованих кормів з біологічно-активними добавками.....	65
5.2.1 Загальні положення.....	65
5.2.2 Вимоги безпеки перед початком роботи.....	66
5.2.3 Вимоги безпеки під час виконання робіт.....	67
5.2.4 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях.....	67
5.2.5 Вимоги безпеки після завершення роботи.....	68
5.3 Аналіз виробничого травматизму на НПФ «Еко-Корм».....	69
5.4 Розрахунок захисного заземлення машин і обладнання виробничої лінії цеху.....	71
5.5 Заходи з поліпшення умов праці.....	74
5.6 Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	75
6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	77
6.1 Організація проведення досліджень.....	77
6.2 Витрати, пов'язані з проведенням дослідження.....	82
6.3 Розрахунок вартості дослідження.....	85
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	87
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	89
ДОДАТКИ.....	92

## ВСТУП

Іноваційні технологічні процеси на сучасному рівні призначені поліпшити фізико-хімічні властивості природних сировинних матеріалів шляхом складного комбінованого впливу на них робочими органами.

Такі процеси як термопластична екструзія забезпечує великий обсяг і різноманітність виробленої продукції й високий економічний ефект, обумовлений, насамперед тим, що один екструдер може замінити цілий комплекс машин і механізмів, необхідних для виробництва продуктів. Його використання дозволяє зробити процес безперервним, легко контрольованим, універсальним за видами сировини, що переробляється, і готових продуктів.

Процес екструзії – це ідеальний технологічний процес для збагачення продуктів білками, волокнами, вітамінами й іншими речовинами. Можливість регулювання складу продуктів убик збільшення вмісту білків, вітамінів або мінеральних речовин, відіграє важливу роль у профілактиці багатьох захворювань людини [13].

Виробництво екструдованих харчових та кормових продуктів потребує різні за складом й властивостям сировину: соєве борошно, крохмалевмісні продукти: зернові – кукурудзяна, рисова й вівсяна крупи, сорго; крохмалі й картофелепродукти, а так само різні суміші білків і полісахаридів, включаючи вторинну сировину м'ясної, молочної й рибної промисловості. Це дозволяє за допомогою екструзійної технології створювати продукти з регульованою харчовою, біологічною й енергетичною цінністю [6].

Екструзійну обробку прийнято розділяти на три види: холодну, теплу й гарячу екструзію. Найбільше поширення одержала холодна екструзія, застосовувана в основному для виробництва макаронних виробів.

Інтенсивніше розбудовуються технології готування різних харчових продуктів методами теплої й гарячої екструзії, так, наприклад, гарячою екструзією виготовляються екструдати, що мають пористу піноподібну структуру (сухі сніданки). Застосування даної технології при виробництві

харчових продуктів забезпечує глибокі біохімічні перетворення живильних речовин – вуглеводів, клітковини, білків, що сприяє підвищенню їх засвоюваності й одержанню екструдатів високої якості.

Технології, за якими виробляються кукурудзяні пластівці, застосовують інший вид сировини, при виробництві традиційного продукту використовуються роздроблені кукурудзяні зерна, при цьому з однієї часточки зерна виходить одна часточка пластівців. При процесі екструзії для виробництва пластівців застосовуються борошністий або круп'яний продукт, відновлюваний у тістоподібну масу, з якого виробляють пластівці. Готові продукти також значно відрізняються один від одного.

Для виробництва кормових екструдатів використовують суміш зернових і бобових культур.

Екструзія – це досить прогресивний спосіб одержання якісних продуктів живлення, основні переваги якої полягають у гнучкості її технологічних схем, високої продуктивності й малих габаритах екструдерів, безперервності процесу, низької собівартості продукції. Однак в Україні ця технологія ще не знайшла широкого розвитку й вимагає цілого ряду комплексних заходів для успішного освоєння споживчого ринку кормових і харчових продуктів [1,22,23]. Для кормових цілей екструзія використовується для виробництва в основному стартерних кормів.

Основним напрямком розвитку сучасної харчової технології є розробка нових продуктів харчового і кормового призначення збалансованого складу, зниження собівартості продукції, що випускається за рахунок використання широко розповсюдженої сировини.

Актуальність дослідження обґрунтована необхідністю збагачення кормів для поросят натуральними біологічно-активними добавками для забезпечення життєвої стабільності птахів та тварин.

Об'єкт дослідження – склад, структурно - механічні властивості зернової суміші та технологічні режими її обробки.

Предмет дослідження є закономірності трансформації зернової суміші в екструдовані продукти робочими органами пристроїв в оптимальних режимах обробки.

Суб'єктом дослідження з'являється елеватор з цехами комбікормовому виробництва.

Метою дослідження є обґрунтування процесу екструдування зернових сумішей та визначення оптимальних режимів обробки.

Наукова новизна одержаних результатів пов'язана з визначенням складу зернових сумішей і відповідно знайденням конструктивних і режимних параметрів пристроїв для її обробки.

Практичне значення одержаних результатів полягає в можливості передачі виробництву технологічних рекомендацій обробки зернової суміші.

Апробація роботи здійснена участю в міжнародній конференції Таврійського агротехнологічного університету та публікацією тезисів за проблемою.

# 1 СТАН ТЕОРІЇ, ТЕХНОЛОГІЇ І ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ЕКСТРУДОВАНИХ ПРОДУКТІВ

1.1 Огляд техніки й технології процесів екструзії харчової та кормової сировини.

Опису структури, пресувальних шнекових механізмів і виявленню призначення окремих елементів їх конструкції приділене багато уваги в роботах [9,10].

У процесі екструзії сировина зазнає фазових перетворень з тендітного склоподібного стану у високоеластичний й потім у в'язкотекучий.

Процес екструдювання здійснюється в такий спосіб. Підготовлена сипка сировина у вигляді крупи або суміші через завантажувальний отвір надходить у робочу камеру, де шнеком переміщається уздовж неї. Продукт усередині робочої камери рухається по складній траєкторії, при цьому збільшується ступінь стиску, який визначається відношенням площі робочого каналу до сумарної площі фільтер на виході продукту із матриці.

В процесі екструдювання вихідний крохмалевмісний матеріал, піддавшись термомеханічній деструкції, переходить із сипучого дисперсного стану в пружно-в'язкопластичну масу (гель), характерну для крохмальних клейстерів високих концентрацій і денатурованих білків. Ці перетворення відбуваються при дії на сировину, з необхідною кількістю вологи (до 40 %), високих температур ( до 200 °С) і тиску ( до 25 МПа). У випадку додавання рідких біологічно-активних добавок, волога випарюється з цих добавок.

Продукт, ущільнюючись, прогрівається за рахунок сил тертя часток о поверхню обертових робочих органів і деформацій зрушення, то такий режим роботи називається автогенним; якщо ж є присутнім додаткове регульоване нагрівання від зовнішнього джерела тепла (електрообігрівання), те режим роботи – політропний. Маса, що утворюється, переміщається шнеком до матриці й при певному тиску випресується через її отвори.

На виході продукту з отворів матриці, у результаті різкого перепаду температури й тиску (між зонами високого й атмосферного тиску (6 – 25 Мпа)) відбувається миттєве випаровування вологи, акумульована продуктом енергія вивільняється зі швидкістю приблизно рівної швидкості вибуху, що приводить до утвору пористої структури й збільшенню обсягу екструдата (розширенню). При цьому в результаті «вибуху» продукту (або «декомпресійного шоку») відбуваються глибокі перетворення його структури: розрив клітинних стінок, деструкція й гідроліз. Під дією тиску пари в продукті утворюються пори, а крохмальні зерна, що залишилися цілими, розриваються. Різде зниження температури забезпечує затвердіння крохмалю й фіксує його структуру, що утворювався під дією водяної пари [4,5,7].

В кормовиробництві розповсюджені шнекові екструдери. Класифікація конструкцій одношнекових екструдерів наведена на рис. 1.1. Фільери матриць складаються, як правило, із циліндричних формувальних каналів і вхідних порожнин змінного перетину, що служать для полегшення входу у формуючий канал пресованого матеріалу. Через фільери матриці здійснюється формування й вихід продукції під високим тиском у вигляді безперервного джгута. Конфігурація фільер визначає ширину виробу й досить різноманітна: кульки, палички, зірочки, колечка та ін.

Процес одержання екструдованих виробів з різними наповнювачами називається спіекструзією. Усередину циліндричної фільери вводиться трубка. Отвір фільери здобуває форму кільцеподібного каналу, по якому проходить екструдований розплав. Одночасно із цим процесом через трубку подається за допомогою автономного насоса пастоподібний наповнювач. На деяку відстань від фільери екструдат пережимається для одержання подушечки з начинкою або ріжеться для одержання трубочки з наповнювачем .

Представляє певний інтерес аналіз перспективних конструкцій екструдерів.

Шнековий екструдер [13], наведений на рис. 1.2, містить циліндричний пресувальний корпус 6 із завантажувальним пристроєм 1, пресувальний шнек 2 і формувальну головку 3, яка виконана з можливістю вільного переміщення відносно корпуса й з'єднана з улаштуванням для виміру крутного моменту 4.

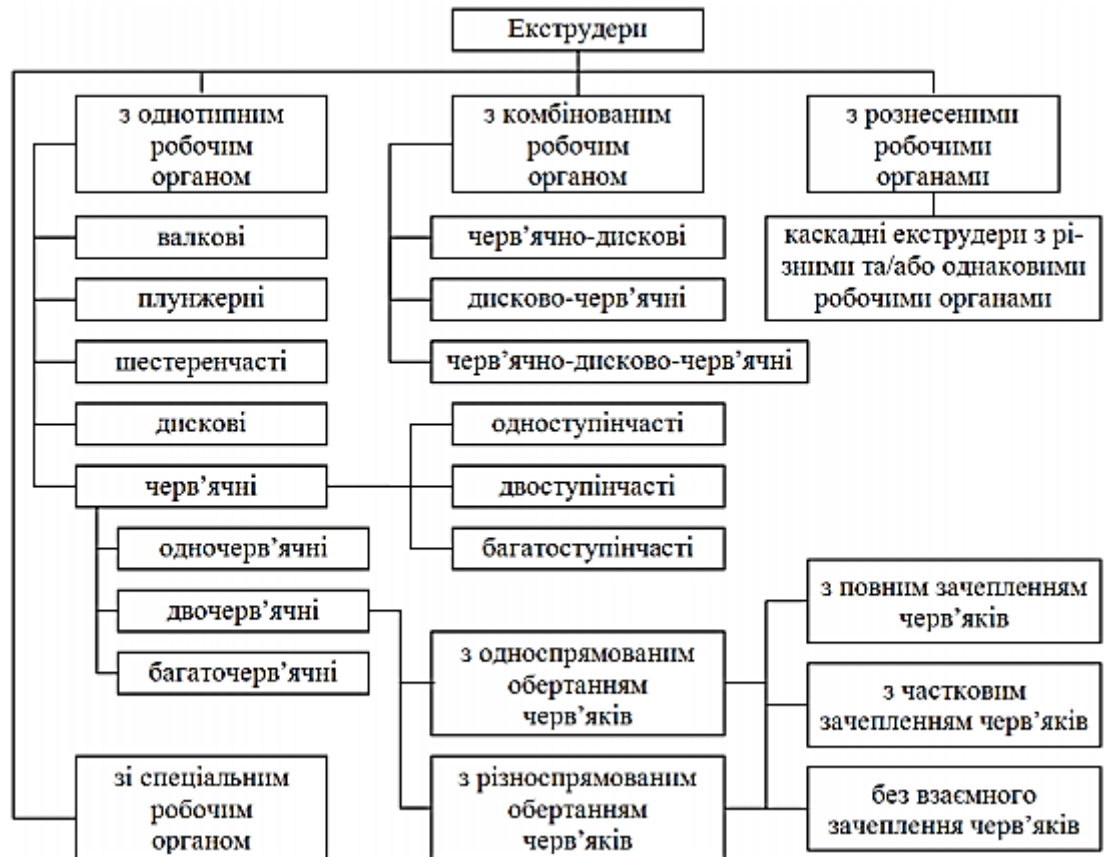


Рисунок 1.1 – Класифікація конструкцій одношнекових пресувальних механізмів

За рахунок адгезійно-когезійних взаємодій крутний момент від шнека 2, за допомогою матеріалу, що переробляється, передається до формувальної головки 3. За ступенем закручування формувальної головки 3, вимірюваної пристроєм для виміру крутного моменту 4, можна з достатньою точністю судити про в'язкість матеріалу, що переробляється, на виході з екструдера і як наслідок про якість вироблюваної продукції.

Екструдер (рис. 1.3) має лопаткові насоси, розташовані між шнеком 4 і соплом 1. Кожний з насосів складається з однієї матриці 2 або пластини з

отворами і в'язаного з нею лопаткового елемента 3 з лопатками, що обертається по на поверхні матриці 2. Деякі конструкції дозволяють підвищити гомогенізацію й текстуру оброблюваних продуктів за допомогою їхнього пропуску через лопаткові насоси. Цей варіант дуже підходить для змішування зернової суміші з біологічно-активним соком зелених рослин при виробництві стартерних кормів для птиць та тварин.

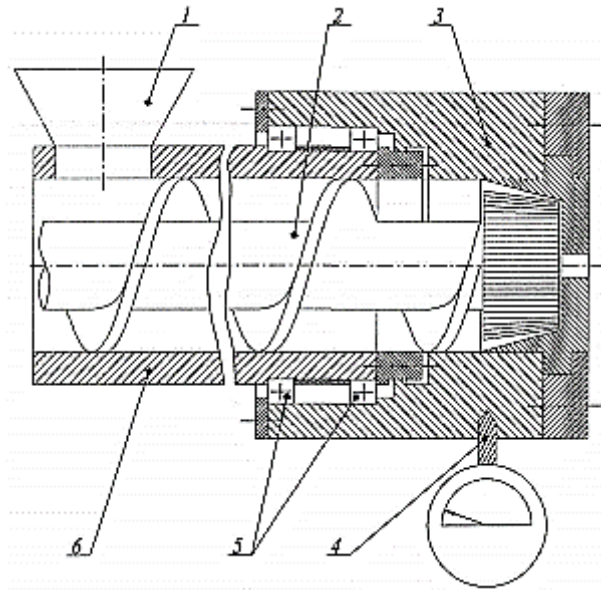


Рисунок 1.2 – Шнековий екструдер

1 – завантажувальний пристрій; 2 – пресувальний шнек; 3 – формувальна головка; 4 – пристрій для виміру крутного моменту; 5 – підшипниковий вузол; 6 – пресувальний корпус.

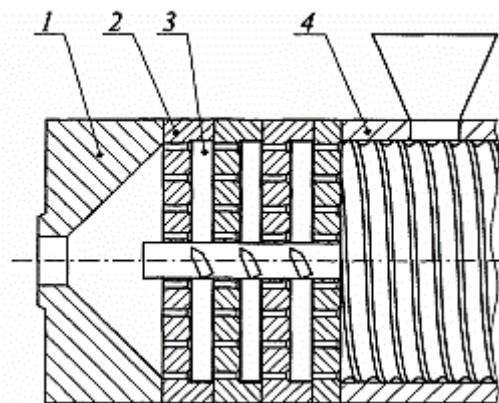


Рисунок 1.3 – Екструдер з лопатковими насосами:

1 – сопло; 2 – матриця; 3 – лопатковий елемент; 4 – шнек.

Шнековий екструдер для переробки зернових сумішей [3,9] (рис. 1.4), складається з корпусу 1, температурної камери 2, яка може бути виконана із двох секцій: секції попереднього підігріву суміші й секції робочого режиму. У середині корпусу 1, на приводному валу 3 установлені жорстко закріплені втулки 4, 5 і 6 з подаючою 7, і пресувальною 8 шнековими лопатами. На кінці приводного вала 3 установлена температурна шайба 9 з можливістю зворотно-поступового переміщення. Між корпусом 1 і температурною шайбою 9 є кільцевий зазор 11, регульований гвинтовою парою 10. Через зазор 11 ведеться видача екструдата. Завантаження зернової суміші проводиться через завантажувальний патрубок 12, розмельний конус 14 при обертанні вала 3 обкочується по внутрішній поверхні 16 у торцевій її частині. Зовнішня поверхня 18 конуса 14 може бути виконана з рифленнями. Для того, щоб не було запресовування смужки, у якому ведеться розмелювання зернової суміші, збірний перетин «а» повинне бути менше перетину «б» у торцевій частині конуса 14. За розмельним конусом 14 установлена додаткова втулка 5 зі шнековою лопатою 7. За допомогою додаткової втулки 5 і її лопатки 7 розмелений матеріал подається на пластифікатор 19. Пластифікатор 19 ексцентрично змонтований на втулці, жорстко закріпленої за допомогою шпонки на валу 3. За пластифікатором 19 на валу 3 жорстко закріплена пресувальна втулка 6 з її прувальною лопаткою 8. Для розподілу екструдата на гранули в кільцевому зазорі 11 може бути встановлено один або кілька обрізних різців 24. Контроль над тиском і температурою екструдата може вестися манометром «Р» і термометрами « $t_1$ » і « $t_2$ ».

Екструдер дозволяє якісно розмолоти, перемішати й екструдувати в одному механізмі зернову суміш і одержати готовий екструдат із застосуванням мінімальної кількості апаратів.

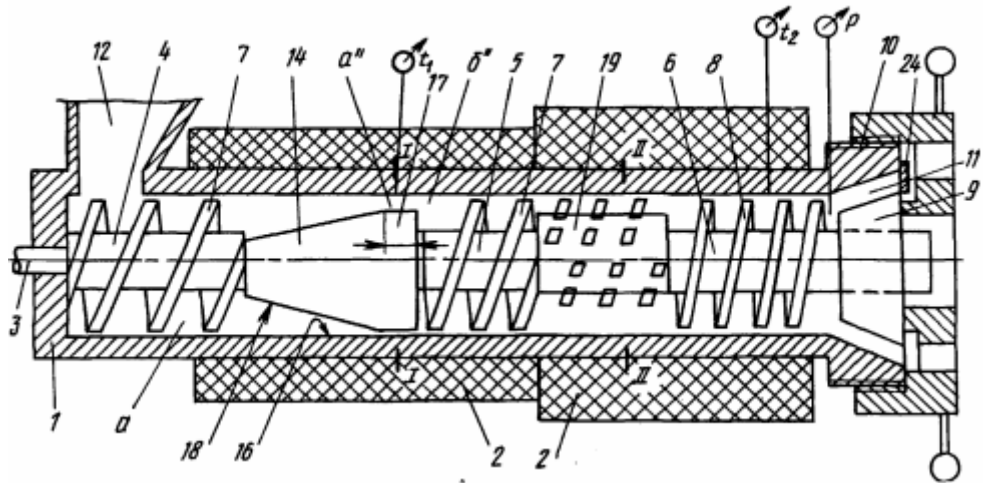


Рисунок 1.4 – Шнековий екструдер для переробки зернових сумішей

Виробництво фірми «Insta-Pro» (США) широко застосовують в комбікормовій і харчовій промисловості свої конструкції. В екструдерах «Insta-Pro» проводяться процеси теплової обробки, експандування, стерилізації, дегідратації, текстуризації й профілювання кінцевої продукції. Можливе використання пари для кондиціювання сировини перед екструдуванням, що дозволяє збільшити продуктивність екструдера, поліпшити форму профільованих продуктів, знизити зношування робочих частин екструдера й, відповідно, виробничі витрати. На екструдерах «Insta-Pro» (рис. 1.6) виробляється різноманітний асортименти продукції як для тваринництва й птахівництва, так і харчові продукти.

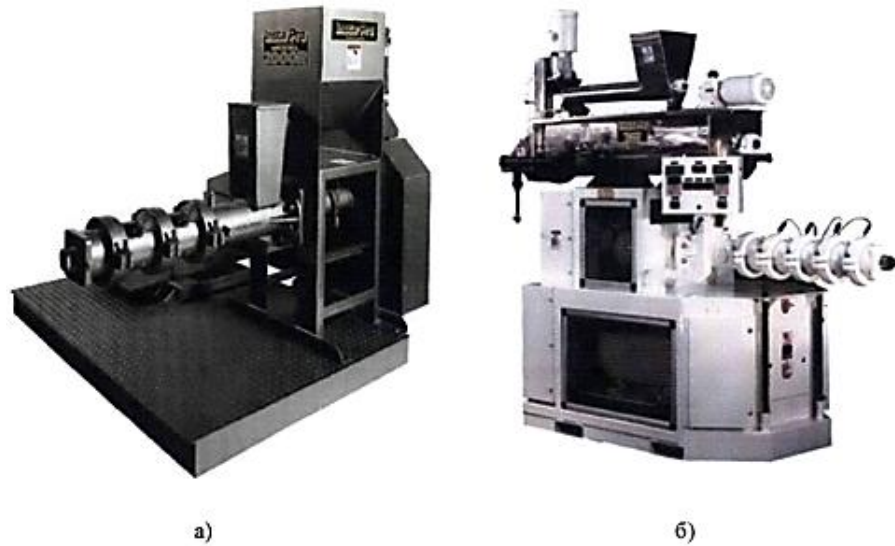


Рисунок 1.5 – Екструдери «Insta-Pro»

Фірма «N.P.&Companу Inc» (Японія) пропонує екструдер МС-1102 (рис. 1.6), який завдяки змінній частоті обертання приводів шнека (30 кВт) і механізму різання, а також набору матриць дозволяє робити різноманітні за формою (колечка, черепашки, трубочки, кульки, хвилі, пластівці, краби й плетінка), товщині й довжині напівфабрикати (рис. 1.7.) із крохмаловмісною сировиною.



Рисунок 1.6 – Екструдер МС-1102



Рисунок 1.7 – Пеллети

Одношнекові екструдери фірми Buhler AG (Швейцарія) знаходять широке застосування: переробка сої, зерна, рисових висівок, модифікація крохмалю, виробництво снєків, корму для риби й свійських тварина. По

якості перетворення крохмалів, білків, і жирів ці машини (рис. 1.9) не поступаються двошнековим.

Вироблені екструдери випускаються із кондиціонерами для попередньої обробки сировини паром і без них (суха екструзія). Для якісної обробки продукту температура контролюється в кожній секції робочої камери, яких може поставлятися від трьох до п'яти. Для лабораторних досліджень випускається модель малої продуктивності BASL, усі двигуни якої мають можливість зміни частоти обертання.



Рисунок 1.8 – Екструдери «BUHLER»  
а) BASH; б) BASL



Рисунок 1.10 – Продукти «Extru-Tech Inc»

Компанія «Guar Group» (Великобританія) випускає одношнекові екструдери серії IP2000W (рис. 1.11), які використовуються для виробництва продуктів з різних сумішей злаків (пшениці, кукурудзи і т.д.) з олійними насіннями (соя й ін.).

В таких екструдерах забезпечені: перемінна частота обертання шнека живильника (рис. 1.12) двигуном постійного струму (потужність 0,75 кВт), продуктивність 400 – 600 кг/год, модульне виконання корпуса (рис. 1.13) і шнека, додаткове водяне й парове встаткування, компактність, простий в обслуговуванні.



Рисунок – 1.11 – Экструдер серии IP2000W



Рисунок 1.12 – Живильник    Рисунок 1.13 – Корпус

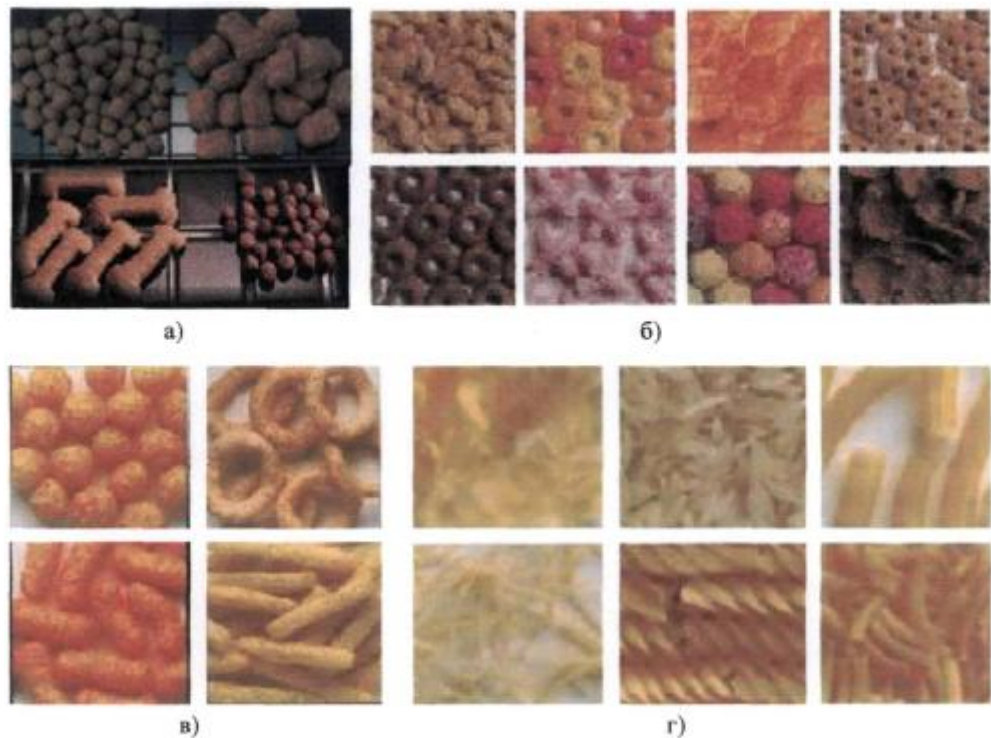


Рисунок 1.14 – Продукти фірми «Wenger»

а) корм для тварин; б) готові сніданки; в) снеки; г) макарони

Екструдовані продукти можна розділити на три групи (рис. 1.15).

У середині цих груп продукти підрозділяються на прямо-екструдовані продукти – гаряча екструзія та на опосередковано-екструдовані продукти – холодної екструзії (снеки, пелети). Опосередковано-екструдовані продукти вимагають додаткової теплової обробки в гарячому маслі для додаткового розширення й додавання ароматичних речовин. Екструдовані продукти мають велику різноманітність форм (кульки, колечка, трубочки, коліщата з зубчиками, зірочки, ріжки та інші), можуть бути обсмажені або підсушені й покриті цукром, начинені наповнювачем. Вони пропонуються як готові сніданки, при цьому особливо смачно запивати їх молоком або фруктовим соком.

У якості напівфабрикатів екструдовані продукти використовуються як швидкорозчинні суміші, дитяче харчування, смакові добавки, що поліпшують якість традиційних супів і каш, киселів, ковбас, випічки,

цукерок, а також лешкозасвоюваного комбікорму для сільськогосподарських і свійських тварина, птахів і риби.

Екструзія широко застосовується для виробництва харчових продуктів різного призначення, при цьому використовується практично вся існуюча крохмаловмісна сировина. Тому що вихідний продукт перед екструдуюванням звичайно подрібнюють, тоді це дає можливість використання сумішей різних по властивостях компонентів, у тому числі побічних продуктів інших виробництв.

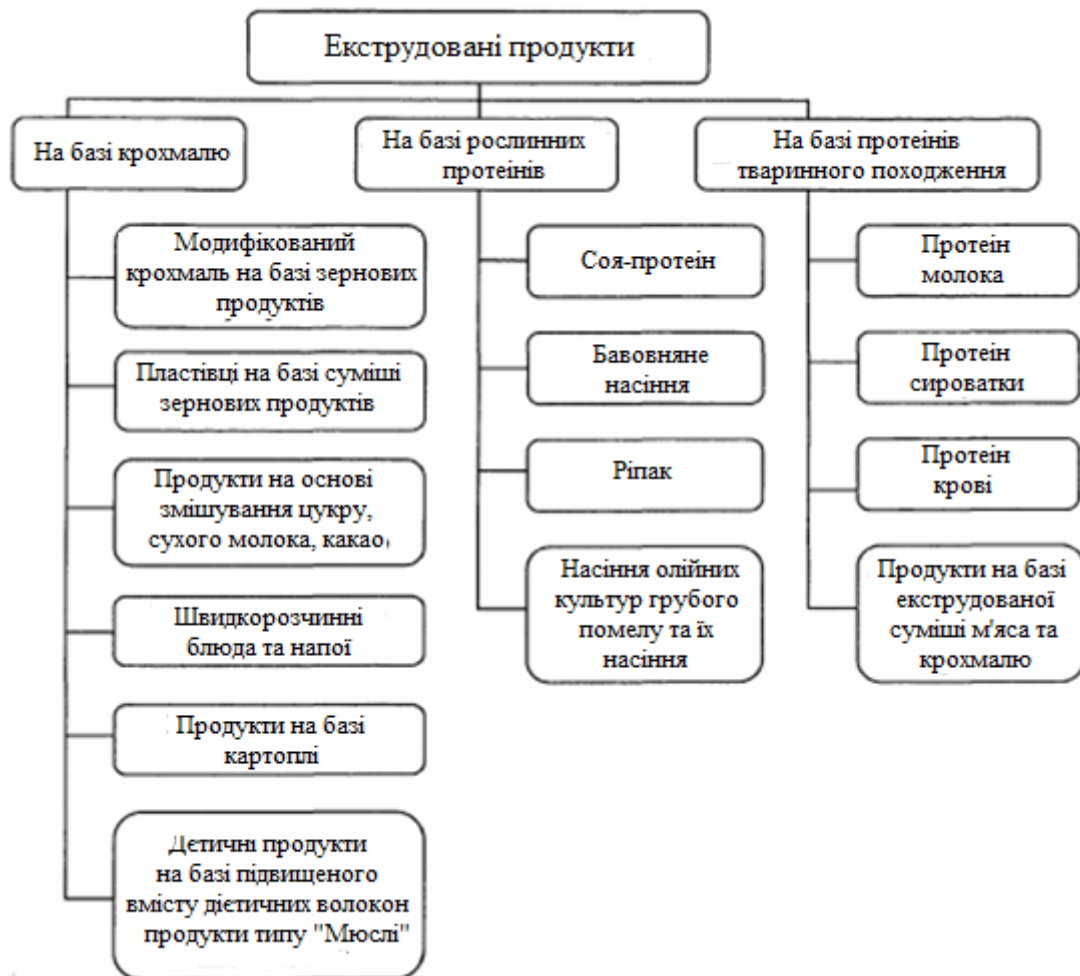


Рисунок 1.15 – Класифікація екструдованих продуктів

Також для виробництва біологічно-активних добавок в роботі в експериментах нами прийнято соки зелених рослин з люцерни та амаранту.

В Іспанії розроблена технологія виробництва борошна для дитячого харчування [12,16,19,21], одержувана екструдуюванням суміш рисового й соєвого борошна (70:30) з вологістю 18 %. Швидкість подачі суміші у

двошнековий екструдер становить 20,8 кг/год, швидкість обертання шнека  $100 \text{ хв}^{-1}$ , діаметр вихідних отворів 5 мм. Найкраща якість продукту досягається при температурах в 4-ой зонах екструдера 30-80-80-160 і 30-80-100-120 °С. Проби борошна після екструдювання не містять активного інгібітору трипсину.

Фірмою «Nestle» пропонується спосіб виробництва термооброблених і екструдованих рисових гранул, відновлюваних у холодній або теплій воді. До складу гранульованого продукту входить рисове борошно зі ступенем клейстеризації 50 – 95 % (переважно 75 – 85 %), 5 – 30 % води, 3 – 9 % жирів.

У США розроблений спосіб їх виробництва готових до вживання зернових продуктів для сніданків [15,24], наприклад, у вигляді пластівців та паличок, що включає наступні етапи: підготовку шматочків зерен, що мають розміри 0,5 – 2,5 мм і утримуючих 20 % вологи; готування тіста з термообробленого зерна у варильному екструдері з метою одержання тістової маси, що містить дрібні частки зерен; другий етап теплової обробки тістової маси при температурі 121 – 180 °С протягом 15 – 45 хвилин з метою одержання розтяжного тіста з диспергованими в ньому частками; виготовлення з тіста кульок масою по 0,25 – 10 г; сушіння кульок до досягнення вмісту вологи в них 7 – 22 %. Площа однієї частки зерна становить приблизно 1 мм. На етапі готування тіста в масу додають достатню кількість рідини для того, щоб вміст вологи в готовому тісті становив 21 – 35 %. Продукт відрізняються поліпшеним зовнішнім виглядом і містить помітно дрібні частки зерен.

Французькою фірмою «Clextral» запропонований спосіб безперервного виробництва закусконого харчового продукту у вигляді кульок з обсягом, що збільшується, з натуральної крохмалевмісної сировини [8,21]. Вміст вологи в продукті становить 9 – 14 %. Сировину попередньо кондиціонують шляхом додавання води або водяної пари з метою доведення вмісту вологи в сировину до 15 – 40.%; безупинно подають матеріал в екструдувальну установку, де матеріал зазнає теплової обробки з метою одержання тіста з

температурою 70 – 150 °С. На виході маса дегазується й охолоджується до 50 – 95 °С. Екструдований жгут, орієнтований у вертикальному напрямку; уводиться в камеру поділу, нарізається на смуги з метою виготовлення з них кульок або паличок.

## 1.2 Склад зернової суміші як об'єкт дослідження

Для екструдування добре підходить насіння бобових таких як соя, горох, чечевиця, а також суміші злакових та кукурудза.

При розгляді, наприклад, чечевиці, бачимо, що вегетаційний період різних форм і сортів коливається від 60 до 105 днів. При правильній агротехніці можна отримати 15 – 20 ц/га й більше.

У насінні чечевиці (рис. 1.16) міститься 21,3 – 36,0 % білка, 43,8 – 53,9 – крохмалю, 2,7 – 4,5 – клітковини, 0,7 – 1,4 – жиру, 2,5 – 3,6 % золи. Білок чечевиці добре засвоюється організмом і має значну кількість незамінних амінокислот: лізин, феніл-ланін і тирозин, лейцин, ізолейцин, валін.



Рисунок 1.16 – Насіння чечевиці

Склад використаної для експериментів чечевиці наведений у табл. 1.1 і 1.2.

У харчовому відношенні чечевиця краще гороху – вона містить більше білка, багата вуглеводами, вітамінами В<sub>1</sub> В<sub>2</sub> і РР. Чечевиця розварюється у два рази швидше гороху. Перетравність білків становить 88 %, вуглеводів – 96 %.

За смаковими якостями, розварюваністю й поживністю чечевиця займає одне з перших місць серед зернових та бобових культур [16].

Не менш важливе значення мають крупи й борошно із чечевиці. Чечевична крупа більш живильна, ніж цільні зерна внаслідок того, що при переробці зерна, оболонки її виділяються.

Чечевицю залежно від кольору зерен підрозділяють на типи:

I (темно-зелена) – у масі рівний зелений колір темних відтінків. Допускається незначна домішка світло-зелених, одиничних мармурових і частково або повністю почервонілих, побурівших, а також потемнілих зерен чечевиці в кількості, що не порушує зелений колір в загальній масі зерна;

II (яскраво-зелена) – у масі рівний зелений колір світлих відтінків. Допускається наявність одиничних мармурових зерен; незначна домішка темно-зелених, частково або повністю почервонілих, побурівших, а також потемнівших зерен чечевиці в кількості, що не порушує в масі зеленого кольору світлих відтінків;

III (неоднорідна) – у масі неоднорідна, пестра за кольором з вмістом необмеженої кількості мармурових, почервонілих, яскраво-зелених, темно-зелених, червоних, побурівших, а також тих що втратили природне забарвлення зерен чечевиці.

Рис, рід однолітніх і багаторічних рослин родини злаків. В роді 19 видів. Рис посівний – однолітня рослина. Плід рису – плвчата зернівка, округла й широка у японського, довга й вузька в індійського, біла, склоподібна, напівсклоподібна або борошніста; 1000 зернівок важить 26 – 45 г. Рисова крупа є продуктом переробки посівного рису (ДСТУ 6292-93) містить велику кількість вуглеводів, а її білок – не замінних амінокислот (табл. 1.1, 1.2).

Соняшниковий шрот (ДСТУ 11246-96) – побічний продукт олійного виробництва, отриманий після добування жиру з насіння соняшника екстрагуванням органічними розчинниками. Соняшниковий шрот (рис. 1.17), має високий вміст білка, амінокислот, харчових волокон і мінеральних речовин (табл. 1.1 і 1.2).



Рисунок 1.17 – Соняшниковий шрот

Таблиця 1.1 – Хімічний склад і енергетична цінність компонентів суміші

Найменування показника	Чечевиця	Рисова крупа	Соняшниковий шрот
Масова частка, г/100 г			
- Води	14,0	14,0	9,45
- Білку	24,0	7,0	38,2
- Жиру	1,1	1,0	2,5
- вуглеводів, з них:	56,8	76,9	38,25
- крохмалю	39,8	70,7	24,65
- не засвоюваних	13,1	1,1	18,5
Зола, мг/100 г	2,7	0,7	6,7
Вміст мінеральних речовин, мг/100 г			
- натрій	55	12	370
- калій	672	100	1495
- кальцій	83	8	848
- магній	80	50	732
- фосфор	390	150	1224
- залізо	11,8	1	141

Вміст вітамінів, мг/100 г			
- В <sub>1</sub>	0,50	0,08	2,00
- В <sub>2</sub>	0,21	0,04	0,21
- РР	1,80	1,60	-
Енергетична цінність, кДж/100 г	1439,7	1489,4	1419,0

У розв'язку проблеми білка величезну роль як сировини для його виробництва відіграють бобові культури, до яких відноситься й чечевиця. По хімічному складу й харчовій цінності ця культура найбільш близька до джерел тваринного білка – м'яса, риби, а також молока. Чечевиця містить на одиницю площі найбільшу кількість перетравлюваного протеїну, лізину, фенілланіну й тирозину. Причому це найдешевший рослинний білок. Чечевиця відрізняється високими харчовими якостями за рахунок здатності накопичувати й утримувати в кілька раз більше високоякісного білка, ніж інші види рослин. Білок чечевиці багатий незамінними амінокислотами, особливо лізином, вміст якого в 2,0 – 2,5 рази вище, чим у білкові, наприклад, злакових культур (табл. 1.2). Розчинність і перетравність його білка вище аналогів з інших рослин //.

Таблиця 1.2 – Амінокислотний склад компонентів суміші

Найменування	Амінокислоти, мг/100 г		
	Чечевиця	Рисова крупа	Соняшниковий шрот
Валін	1270	420	3341
Ізолейцин	1020	330	1572
Лейцин	1890	620	2752
Лізин	1720	260	1278
Метионін	290	160	688
Треонін	960	240	1622
Триптофан	220	100	786
Фенілланін	1250	370	1966
Аланін	1270	390	2162
Аргінін	1020	510	4570
Аспргінова кислота	1040	540	4521
Гістидин	2050	170	1278

Гліцин	2870	320	2801
Глутамінова кислота	710	1200	9435
Пролін	1030	330	2211
Серін	3950	330	2211
Тирозін	1050	290	835
Цистін	1250	137	688
Разом амінокислот	19104	6717	44717

Вітаміни здебільшого є термонестабільними речовинами, і на ступінь їх збереженості або руйнування впливають такі фактори, як температура обробки, якість сировини, її вологість, тиск, частота обертання шнеків, рівень завантаження екструдера, діаметр отворів матриці. Встановлено, що збереженість вітамінів В<sub>1</sub> й В<sub>2</sub> зростала зі зменшенням тривалості обробки сировини й при збільшенні його вологості. Підвищення вологості сировини поліпшує збереженість вітамінів, тому що сприяє зниженню температури обробки й скороченню її тривалості [6,16,17,18].

### 1.3 Аналіз літературного огляду й завдання дослідження

Аналіз закордонних і вітчизняних розробок в області екструзії крохмаловмісної сировини й різних харчових сумішей на їхній основі показав, що технологічні процеси та конструкції екструдерів закордонних виробників відрізняються компактністю, високою питомою продуктивністю й ступенем автоматизації. Вони дозволяють виробляти найширший асортименти продукції з різного за складом й властивостям сировини, переналаштовувати устаткування, змінюючи технології готування й досягаючи при цьому високої якості одержуваної продукції.

Важливе значення мають процеси введення в зернові суміші пастоподібних біологічно-активних добавок, як харчового, так і кормового призначення, тому в роботі велика увага поділяється цієї проблеми.

Для аналізу стану проблеми збирається й узагальнюється інформація про об'єкт дослідження, процеси та устаткування, їх екологічність та безпека,

тому об'єктом дослідження є склад структурно- механічних властивостей суміші та технологічні режими її обробки.

В процесі дослідження об'єкта узагальнюють і аналізують інформацію про якісний склад, фізико-хімічні й структурно-механічні властивості, обмеження, обумовлені технологічними режимами обробки продукту.

Формування й реалізації розв'язків здійснюється практична розробка способів виробництва й устаткування для процесу екструзії.

На основі проведеного аналізу можливо сформулювати мету досліджень та завдання роботи.

Метою дослідження є: обґрунтування процесу екструдуювання зернових сумішей та визначення оптимальних режимів обробки.

На основі виконаного аналізу й відповідно до поставленої мети, визначимо наступні основні завдання роботи:

- обґрунтувати вибір рецептурного складу суміші для виробництва збалансованого зернового продукту;
- дослідити основні закономірності процесу екструзії зернової суміші; вибір раціональних параметрів процесу екструзії суміші на одношнековому екструдері;
- визначити кормову та енергетичну цінність екструдованої зернової суміші;
- обґрунтувати конструкційні параметри екструдерів в технології;
- обґрунтувати спосіб виробництва зернових сумішей;
- на основі експериментальних досліджень знайти оптимальні закономірності процесу.

#### Висновки до розділу

На основі проведеного аналізу, визначених мети та завдань досліджень , зробимо наступні висновки:

1. Встановлено в якості ефективного процесу виробництва харчових і кормових продуктів, збалансованого складу можливо запропонувати екструзію;

2. Розробка способу виробництва харчових і кормових продуктів із суміші рису і соняшникового шроту, суміші різних злакових і бобових культур, забезпечує виробництво якісних кормових продуктів.

3. Визначено вибір для впровадження в виробництво одношнекових екструдерів з набором різноманітних фільтер.

## 2 ТЕОРЕТИЧНІ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЕКСТРУЗІЇ ЗЕРНОВИХ СУМІШЕЙ

### 2.1 Вміст компонентів у зерновій суміші та їх значення.

Екструдовані продукти, які виробляються включають, як правило, один компонент (наприклад, рис, кукурудзу, горох та інші), вони погано збалансовані по амінокислотному й вуглеводному складу. Деякі з них містять білкові добавки, які збільшують біологічну цінність, але при цьому суттєво підвищується їхня собівартість. Тому найбільш вигідно для одержання екструдованих продуктів використовувати суміші круп і зернобобових культур, а також продукти переробки рослинної сировини.

При виборі рецептурного складу суміші враховували ряд факторів: підвищення біологічної цінності; співвідношення білків і вуглеводів, по формулі Покровського, повинно становити 1:4; вміст харчових волокон повинне бути оптимальним; вміст жиру повинний бути мінімальним; компоненти суміші повинні бути недорогими й широко розповсюдженими.

Біологічна цінність білків харчових продуктів залежить від співвідношення в них незамінних амінокислот. Чим ближче це співвідношення до ідеального, тим більше корисний і збалансований по складу даний продукт //.

Мінімальний вміст жирів в екструдованих харчових сумішах обумовлений істотним впливом на величину тиску екструдата. При підвищенні вмісту жиру тиск екструдата знижується, призводячи до зменшення коефіцієнта розширення продукту й неможливості одержання розвиненої пористої макроструктури //.

Після аналізу харчової рослинної сировини було обрано три складові суміші: чечевиця, рисова крупа й соняшниковий шрот. Хімічний склад і

вміст незамінних амінокислот складових екструдованої суміші (чечевиця, рисова крупа й соняшниковий шрот) представлено в таблицях 1.1 і 1.2.

Білок бобових і чечевиці багатий такими незамінними амінокислотами, як лізин і фенілаланін, метіонін+цистин. Усі складові підбиралися так, щоб незамінні амінокислоти, лімітовані в одному компоненті втримувалися в іншому в надлишку, що забезпечує вирівнювання вмісту незамінних амінокислот у суміші.

Наявність у вихідній суміші соняшникового шроту, багатого білком, компенсує його знижений вміст у рисовій крупі. Завдяки цьому досягається оптимальне співвідношення білки – вуглеводи.

Відмінною рисою соняшникового шроту є не тільки високий вміст білка, але й велика кількість харчових волокон, що утримуються в ньому (18,5 %). Усі представлені компоненти широко поширені в нашому регіоні.

## 2.2 Програма і методика досліджень

Об'єктом дослідження були зерносуміш, чечевиця та соєві боби.

Аналіз сировини проводили відповідно до ГОСТ 17110-71. Вологість визначали по ГОСТ 10856-96; домішки, запах і колір – по ГОСТ 10854-88; зараженість шкідниками – по ГОСТ 10853-88.

Аналіз біохімічних показників сировини, яка пройшла термообробку, проводили з використанням: методу К'ельдаля по ГОСТ 10846-91 для визначення загального білка; ГОСТ 13979.3-68 для аналізу сирого і розчинного протеїну; методу Лоурі для визначення водорозчинного білка; методу формольного титрування для визначення вмісту амінного азоту; ГОСТ 13979.9-69 для визначення активності уреазі; тітрометричного методу з потенціометричної індикацією по ГОСТ 5476-80 для визначення кислотного числа соєвого масла; методу Кауфмана по ГОСТ 5475-69 для визначення йодного числа соєвого масла. Амінокислотний склад визначали на аналізаторі марки Хітачі.

Контроль мікробіологічного стану суміші сировини здійснювали шляхом ідентифікації і підрахунку бактеріальної і грибної мікрофлори при посіві на чашки Петрі з селективними живильними середовищами по ГОСТ 26668, ГОСТ 26670; загальної обсіменіння – на сухе живильне середовище по ГОСТ 26672-86.

Показники, що характеризують якість і функціонально-технологічні властивості, отриманих продуктів проводили за загальноприйнятими методиками.

Програма досліджень передбачала проведення експериментів по кінетиці екструдуювання зі зволоженням, яке передбачає введення рідких у вигляді меляси та тих процесів теплообміну, які відбуваються при цьому.

Визначені режими термообробки на показники якості екструдованих продуктів.

Визначені режими термообробки на білковий комплекс кінцевих харчових і кормових продуктів.

Визначено вплив режимів зернової суміші на ліпідний комплекс та мікробіологічні показники екструдуювання готових продуктів.

Для розробки складу комбінованої суміші використовувалася наступна методика розрахунків.

На першому етапі вибираються компоненти суміші, визначається їхній хімічний і амінокислотний склад. Потім, по наведеному нижче алгоритму розраховуються критерії оптимізації, по яких вибирається найкраща комбінація компонентів суміші.

1. Вносимо в розроблену програму дані по використовуваних компонентах (табл. 1.1 і 1.2).

2. Задаючись величинами  $X_i$ , здійснюємо розрахунок вмісту  $i$ -ої незамінної амінокислоти в суміші, мг/г білка

$$A_i = \sum_{j=1}^N \frac{A_{ij} \cdot X_j}{B_j}, \quad (2.1)$$

де  $A_{ij}$  – вміст  $i$ -ої незамінної амінокислоти суміші, мг/г продукту, в  $j$ -тому компоненті, причому  $i \in 1-8$  ;

$X_j$  – вміст  $j$ -го компонента в суміші,  $X_j \in 0-100$  , %, причому

$$\sum_{j=1}^N X_j = 100; B_j - \text{вміст білка в } j\text{-тому компоненту, \%};$$

$N$  – число компонентів.

3. Визначаємо значення амінокислотного складу по кожній незамінній амінокислоті, %

$$C_i = \frac{A_i}{A_i^{etal}} \cdot 100, \quad (2.2)$$

де  $A_i^{etal}$  – вміст  $i$ -ої незамінної амінокислоти, що відповідає фізіологічно необхідній нормі по стандарту, мг/г білка.

4. Серед отриманих результатів знаходимо мінімальний –  $C_{\min}$  , %.

5. Здійснюємо розрахунок біологічної цінності отриманої суміші, %

$$БЦ = 100 - \frac{\sum_{i=1}^n C - C_{\min}}{n} \rightarrow \max, \quad (2.3)$$

де  $n$  – кількість незамінних амінокислот,  $n = 8$  .

6. Здійснюємо розрахунок відношення містів вуглеводи/білки для отриманої суміші

$$Y/B = \frac{\sum_{j=1}^N Y_i \cdot X_j}{\sum_{j=1}^N B_i \cdot X_j} \rightarrow 4, \quad (2.4)$$

де  $Y_i$  – вміст вуглеводів в  $i$ -тому компоненті, %.

7. Здійснюємо розрахунок вмісту незасвоюваних вуглеводів у суміші, %

$$HY = \sum_{j=1}^N \frac{HY_j \cdot X_j}{100} \rightarrow opt, \quad (2.5)$$

де  $HY_j$  – вміст незасвоюваних вуглеводів в  $j$ -тому компоненті, %.

8. Здійснюємо розрахунок вмісту жирів у суміші, %

$$\mathcal{K} = \sum_{j=1}^N \frac{\mathcal{K}_j \cdot X_j}{100} \rightarrow \min, \quad (2.6)$$

де  $\mathcal{K}_j$  – вміст білка в  $j$ -тому компоненті, %.

9. Здійснюємо розрахунок по пунктах 2 – 4, змінюючи величини  $X_i$  доти, поки не будуть знайдені оптимальні значення.

У випадку конфлікту шуканих величин складається область Парето. Далі вибирається найкраще співвідношення компонентів, або кілька таких співвідношень, проводиться серія експериментів і за органолептичними показниками готового продукту вибирається оптимальна суміш.

Описана методика оптимізації рецептурного складу полікомпонентної суміші дозволяє сформувані науково обґрунтовані підходи до вибору вихідних компонентів і розрахувати їхній відсотковий вміст у суміші при виробництві екструдованих зернових паличок з урахуванням критеріїв

оптимізації. По представленому алгоритму була оптимізована трикомпонентна суміш чечевиці-соняшникового шроту-рисової крупи (рис. 2.1).

Аналізуючи отримані графічні залежності можна сказати, що найбільш вдало перераховані критерії сполучаються в середині області, обмеженої кривою біологічної цінності ( $БЦ = 80\%$ ), через неї ж проходить і крива постійних значень  $V/B = 4$ , яка для даного критерію є найкращою. Тому що при екструзії відбувається часткова денатурація білка, то для сировини можна прийняти вміст білків ледве більшим, ніж норма – з області, що перебуває праворуч кривої  $V/B = 4$ . Залежності вмісту жиру й незасвоєваних вуглеводів поблизу перетину перших двох кривих приймаються значення:  $Ж \approx 1\%$ ,  $НУ \approx 8\%$ , що цілком задовольняє заданим умовам. Тому що при отриманій комбінації компонентів у розглянутій суміші вміст жиру малий, а вміст незасвоєваних вуглеводів дозволить при споживанні 100 г екструдата задовольнити добову потребу в харчових волокнах приблизно на 30 %.



Рисунок 2.1 – Номограма для визначення біологічної цінності  $БЦ$ , відношення  $У/Б$ , вмісту незасвоюваних вуглеводів  $НУ$ , вмісту жиру  $Ж$  від співвідношення компонентів у суміші

Таким чином, область оптимальних значень на номограмі являє собою трикутник, відзначений штрихуванням. Вмісту компонентів і граничному значенню оптимізованих критеріїв, що відповідають вершинам заштрихованого трикутника, представлені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Граничні значення критеріїв в оптимальній області

Вміст компонента			Критерій оптимізації			
Чечевиця, %	Соняшниковий шрот, %	Рисова крупа, %	$БЦ$ , %	$У/Б$	$НУ$ , %	$Ж$ , %
41,95	10,65	47,40	80,0	4,0	7,65	1,0
43,96	9,64	43,40	80,0	4,0	8,05	1,2
42,31	13,14	44,55	80,0	3,8	8,46	1,2

Таким чином, екструдкування запропонованої суміші дозволить одержати екструдовані зернові продукти з гарними споживчими властивостями, високою біологічною цінністю й низькою вартістю. Наведена методика добору оптимального співвідношення компонентів може застосовуватися для складання рецептур продуктів збалансованого складу або спеціального призначення.

### 2.3 Вплив ступеня подрібнення сировини на характер протікання процесу екструзії

Вибір гранулометричного складу екструдованої сировини – важлива умова одержання якісного продукту.

Для вибору оптимального розміру часток зернової суміші, що зазнає екструдкування, була проведена серія експериментів при наступних

параметрах процесу: температурі передматричної зони 120 °С, початкової вологості продукту 22,0 %; частоті обертання шнека 1,15 с<sup>-1</sup>; довжині каналу матриці 2,4·10<sup>-2</sup> м і діаметрі прохідного отвору матриці 3·10<sup>-3</sup> м.

Всі компоненти суміші окремо подрібнювали в дробарці й відсівали через набір сит КСИ (ТУ 25.06.1250-77), потім змішувалися в співвідношенні чечевиця – 43 %, соняшниковий шрот – 11 %, рисова крупа – 46 %, отриману суміш зволожили до вологості 22 %. Далі суміш відволожували протягом двох годин для рівномірного розподілу вологи. При досягненні в передматричній зоні й корпусі робочої температури, включали привід установки, відкривали засувку приймальної горловини й обробляли зернову суміш у встановленому режимі.

Після досягнення стійкого режиму роботи періодично робили відбір проб екструдата, вимірюючи їх масу для обчислення продуктивності, фіксували значення діаметра продукту, температури корпусу й екструдату.

На основі отриманих експериментальних даних була побудована залежність коефіцієнта розширення від розміру часток зернової суміші (рис. 2.2). Коефіцієнт розширення визначався по формулі (2.7) як відношення діаметра готового продукту до діаметра отвору матриці.

$$K_p = \frac{d_e}{d_m}, \quad (2.7)$$

де  $d_e$  – діаметр екструдату, м;

$d_m$  – діаметр отворів матриці, м.

При екструдванні зернової суміші з розміром часток до 0,16 мм процес був нестійкий, спостерігалися різкі пульсації тиску, паузи при виході продукту з матриці. Через періодичне забивання вихідного отвору діаметр продукту теж мінявся.

При використанні для екструзії зернових сумішей з розмірами часток від 0,16 до 0,315 і від 0,315 до 0,63 мм процес ішов стабільно. Екструдат

являв собою палички з рівномірної по перетину пористістю й гарними органолептичними показниками.

2.4 Планування експерименту процесу екструзії зернової суміші з метою отримання зернових екструдованих продуктів харчового і кормового призначення

Для дослідження взаємодії різних факторів, що впливають на процес екструзії, були застосовані математичні методи планування експерименту [25]. Математичний опис даного процесу може бути отримано емпірично. При цьому його математична модель має вигляд рівняння регресії, знайденого статистичними методами на основі експериментів. Математична модель досліджуваного процесу представляється у вигляді полінома другого ступеня

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^N b_i x_i + \sum_{i \geq j}^N b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^N b_{ii} x_i^2, \quad (2.8)$$

де  $b_0$  – вільний член рівняння, дорівнює середній величині відгуку за умови, що розглянуті фактори перебувають на середніх, «нульових» рівнях;  
 $x$  – масштабовані значення факторів, які визначають функцію відгуку й піддаються варіюванню;  
 $i, j$  – індекси факторів;  
 $b_i$  – коефіцієнти при лінійних членах;  
 $b_{ij}$  – коефіцієнти двофакторних взаємодій, що показують, наскільки змінюється ступінь впливу одного фактора при зміні величини іншого;  
 $b_{ii}$  – коефіцієнти квадратичних ефектів, визначальні нелінійність вихідного параметра від розглянутих факторів,  
 $N$  – число факторів у матриці планування.

У якості основних факторів, що впливають на процес екструзії, були обрані:  $x_1$  – початкова вологість продукту, %;  $x_2$  – частота обертання шнека,  $\text{с}^{-1}$ ;  $x_3$  – довжина каналу матриці, м;  $x_4$  – діаметр прохідного отвору матриці, м.

Усі ці фактори сумісні й некорельовані між собою. Межі зміни досліджуваних факторів наведені в табл. 2.2.

Вибір інтервалів зміни факторів обумовлена технологічними умовами процесу екструзії, технічними характеристиками екструзійної установки. Критеріями оцінки впливу різних факторів на процес екструзії були обрані:  $Y_1$  – комплексний показник якості (КПЯ);  $Y_2$  – питома продуктивність,  $\text{кг/кДж}$ ;  $Y_3$  – коефіцієнт розширення екструдата.

Таблиця 2.2 – Межі зміни вхідних факторів

Умови планування	Межі зміни факторів			
	$x_1$ , %	$x_2$ , $\text{с}^{-1}$	$x_3$ , м	$x_4$ , м
Основний рівень	22	1,15	0,0240	0,0030
Інтервал варіювання	2	0,25	0,0085	0,0005
Верхній рівень	24	1,4	0,0325	0,0035
Нижній рівень	20	0,9	0,0155	0,0025
Верхня «зіркова точка»	26	1,65	0,0410	0,0040
Нижня «зіркова точка»	18	0,65	0,0070	0,0020

Вибір критеріїв оцінки  $Y$  обумовлений їхньою найбільшою значимістю для процесу екструзії. Так  $Y_1$  – комплексний показник якості, що є оцінкою якості готового продукту;  $Y_2$  – питома продуктивність, що характеризує енергетичну ефективність процесу,  $\text{кг/кДж}$ ;  $Y_3$  – коефіцієнт розширення екструдата, що відбиває глибину фізико-хімічних змін живильних речовин при екструдуванню.

Програма досліджень була закладена в матрицю планування експерименту (табл. 2.3).

Для одержання емпіричної математичної моделі був проведений факторний експеримент  $2^4$  відповідно до центрального композиційного плану другого порядку. Порядок дослідів рандомізували за допомогою таблиці випадкових чисел, що виключав вплив неконтрольованих параметрів на результати експерименту.

Експериментальні дані оброблялися за допомогою програмного забезпечення Matematika 4.2.

Таблиця 2.3 – Матриця планування й результати експерименту

Досліди	Кодовані значення факторів				$Y_1$	$Y_2$ , кг/кДж	$Y_3$
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$			
1	-1	-1	-1	-1	8,9	134	2,14
2	-1	+1	-1	-1	9,2	230	2,50
3	+1	-1	-1	-1	8,9	247	1,94
4	+1	+1	-1	-1	9,3	343	2,28
5	-1	-1	+1	-1	8,7	117	2,00
6	-1	+1	+1	-1	9,2	213	2,42
7	+1	-1	+1	-1	9,0	231	1,98
8	+1	+1	+1	-1	9,4	327	2,23
9	-1	-1	-1	+1	8,4	315	1,71
10	-1	+1	-1	+1	8,7	515	2,10
11	+1	-1	-1	+1	8,4	428	1,50
12	+1	+1	-1	+1	9,0	627	1,88
13	-1	-1	+1	+1	8,3	298	1,73
14	-1	+1	+1	+1	8,7	498	2,12
15	+1	-1	+1	+1	8,5	411	1,52
16	+1	+1	+1	+1	8,9	612	1,70
17	-2	0	0	0	8,3	321	2,00
18	+2	0	0	0	8,6	548	1,61
19	0	-2	0	0	8,8	176	1,68
20	0	+2	0	0	9,6	472	2,36
21	0	0	-2	0	8,9	340	2,06

22	0	0	+2	0	8,9	306	2,00
23	0	0	0	-2	9,4	74	2,51
24	0	0	0	+2	8,5	539	1,70
25	0	0	0	0	9,4	343	2,30
26	0	0	0	0	9,4	342	2,31
27	0	0	0	0	9,4	343	2,30
28	0	0	0	0	9,4	343	2,30
29	0	0	0	0	9,4	343	2,29
30	0	0	0	0	9,4	342	2,30
31	0	0	0	0	9,4	342	2,30

При обробці результатів експерименту були застосовані наступні статистичні критерії: перевірка однорідності дисперсій – критерій Кохрена, значимість коефіцієнтів рівнянь регресії – критерій Стьюдента, адекватність рівнянь – критерій Фішера. У результаті статистичної обробки експериментальних даних отримані рівняння регресії, що адекватно описують даний процес під впливом досліджуваних факторів:

$$\begin{aligned}
 Y_1 = & -25,33 + 2,705x_1 + 6,127x_2 - 125,0x_3 + 4153x_4 - 0,2228x_1x_2 + \\
 & + 6,765x_1x_3 - 108,2x_1x_4 + 23,53x_2x_3 - 2729x_2x_4 - 7059x_3x_4 + \\
 & + 1,471x_1x_2x_3 + 145,6x_1x_2x_4 + 1176x_1x_3x_4 + 4,706 \cdot 10^4 x_2x_3x_4 - 2941x_1x_2x_3x_4 - \\
 & - 5,978 \cdot 10^{-2} x_1^2 - 0,8262x_2^2 - 1753x_3^2 - 4,565 \cdot 10^5 x_4^2;
 \end{aligned}
 \tag{2.9}$$

$$\begin{aligned}
 Y_2 = & -3,436 \cdot 10^{-4} + 4,164 \cdot 10^{-5} x_1 + 4,275 \cdot 10^{-4} x_2 - 1,451 \cdot 10^{-3} x_3 + \\
 & + 4,241 \cdot 10^{-2} x_4 - 4,49 \cdot 10^{-5} x_1x_2 - 8,435 \cdot 10^{-4} x_1x_3 - 1,205 \cdot 10^{-2} x_1x_4 - \\
 & - 2,212 \cdot 10^{-3} x_2x_3 - 0,1293x_2x_4 - 4,779x_3x_4 + 8 \cdot 10^{-4} x_1x_2x_3 + \\
 & + 2,102 \cdot 10^{-2} x_1x_2x_4 + 0,3259x_1x_3x_4 + 1,506x_2x_3x_4 - 0,3882x_1x_2x_3x_4 - \\
 & - 1,005 \cdot 10^{-7} x_1^2 - 7,843 \cdot 10^{-5} x_2^2 + 0,2337x_3^2 + 30,29x_4^2,
 \end{aligned}
 \tag{2.10}$$

$$\begin{aligned}
Y_3 = & -11,56 + 1,196x_1 + 3,020x_2 - 206,8x_3 + 193,4x_4 - 1,110 \cdot 10^{-2} x_1 x_2 + \\
& + 9,926x_1 x_3 + 13,51x_1 x_4 + 39,41x_2 x_3 - 386,5x_2 x_4 + 4,224 \cdot 10^4 x_3 x_4 - \\
& - 0,7353x_1 x_2 x_3 + 27,79x_1 x_2 x_4 - 1324x_1 x_3 x_4 + 2,235 \cdot 10^4 x_2 x_3 x_4 - 1471x_1 x_2 x_3 x_4 - \\
& - 3,117 \cdot 10^{-2} x_1^2 - 1,135x_2^2 - 947,2x_3^2 - 1,988 \cdot 10^7 x_4^2;
\end{aligned}
\tag{2.11}$$

Аналіз рівнянь регресії (2.9) – (2.11) дозволяє виділити найбільш впливові фактори на розглянутий процес (рис. 2.7 – 2.18).

На комплексний показник якості найбільший вплив виявляє діаметр отвору матриці, найменше – початкова вологість продукту. Ступінь впливу параметрів відносно один одного в рівнянні (2.9)  $b_1 : b_2 = 0,44$ ;  $b_1 : b_3 = -2,16 \cdot 10^{-2}$ ;  $b_1 : b_4 = 6,51 \cdot 10^{-4}$ ; причому знак плюс перед коефіцієнтом при лінійних членах указує на те, що при збільшенні вхідного параметра значення вихідного параметра збільшується, а знак мінус – зменшується.

На питому продуктивність найбільший вплив має діаметр отвору матриці, найменше – початкова вологість продукту. Ступінь впливу параметрів один відносно одного  $b_2 : b_1 = 10,4$ ;  $b_2 : b_3 = -0,295$ ;  $b_2 : b_4 = 1,01 \cdot 10^{-2}$ .

Залежності критеріїв оцінки від досліджуваних факторів, якщо проаналізувати, то можна сказати, що комплексний показник якості й коефіцієнт розширення екструдату показують схожі зміни. Це пов'язане з тим, що максимальне розширення досягається, як правило, саме при оптимальній комбінації смаку, форми, пористості й запаху, що входять у формулу для розрахунків комплексного показника якості екструдату. Встановлено, що з підвищенням частоти обертання шнека й початкової вологості продукту комплексний показник якості й коефіцієнт розширення екструдату зростають, досягають максимальних величин, а потім неухильно знижуються. Це пов'язане з тим, що при малих значеннях частоти обертання

шнека розплав екструдату більший час перебувати в передматричній зоні при максимальних значеннях температури й тиску. У результаті відбувається часткове термічне розкладання мікроструктури крохмальних зерен, спікання частини розплаву, що знижує розширення екструдату за рахунок сил пружного відновлення й перешкоджають розширенню й фіксації структури при підривному випаровуванні вологи. При надмірно більших значеннях частоти обертання шнека акумулюється зайва тепла енергія, що призводить до тих же наслідків. Збільшення або зменшення вмісту води в екстудованій сировині призводить до зниження індексу розширення екструдатів і їх якості.

Збільшення довжини каналу матриці й діаметра прохідного отвору спочатку призводить до незначного росту розглянутих критеріїв, потім – до їхнього зниження. Це пов'язане з тим, що для одержання якісного екстудату з розвинутою пористістю необхідно забезпечити максимальний тиск розплаву зернової суміші на виході з матриці екструдера, яке залежить від характеристик шнека й опору формувального інструменту – матриці. При максимальному значенні діаметра й мінімальній довжині формувального каналу опір матриці мінімальний, тому продуктивність досягає максимуму, а тиск розплаву й коефіцієнт розширення екстудату – мінімуму. При зменшенні діаметра отвору матриці тиск розплаву екстудату росте, причому, досягаючи певної величини, знижується. Це зв'язане зі значним збільшенням «зворотного струму» розплаву, що приводить до збільшення часу перебування зернової суміші в умовах підвищеної температури й тиску, а відповідно, що викликає спікання крохмальних зерен, зниження коефіцієнта розширення й комплексного показника якості. Підвищення довжини формувального каналу спочатку приводить до збільшення розглянутих критеріїв, що відбувається з-за підвищення тиску в передматричній зоні, а потім до їхнього зниження. Це пов'язане з витратою отриманої в процесі екстудування енергії на подолання опорів руху

розплаву екструдату по каналу матриці, а отже й тиску на виході з нього (рис. 2.3 – 2.4).

Продуктивність процесу екструдювання зернових продуктів з суміші залежить від продуктивності екструдера й потужності, споживаної в установленному режимі. Збільшення початкової вологості продукту приводить до зниження в'язкості розплаву екструдату, а отже, росте й продуктивність.

Знайдено, що з підвищенням частоти обертання шнека й діаметра прохідного отвору матриці питома продуктивність екструдера підвищується, а зі збільшенням довжини каналу матриці – знижується.

Виявлення описаних закономірностей допоможе визначити оптимальна комбінація досліджених факторів для досягнення максимальних значень критеріїв.

У результаті застосування певних математичних перетворень було отримано оптимальну комбінацію параметрів:  $x_1 = 21,8\%$ ;  $x_2 = 1,59 \text{ с}^2$ ;  $x_3 = 2,22 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ ;  $x_4 = 2,89 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ , відповідне до наступних значень критеріїв:  $Y_1 = 9,61$ ;  $Y_2 = 2,89 \cdot 10^{-3} \text{ кг/кДж}$ ;  $Y_3 = 2,44$ .

### Висновки до розділу

В даному розділі роботи було проведено:

1. Теоретичні і експериментальні дослідження процесу екструзії зернової суміші, а саме обґрунтовано вміст компонентів у зерновій суміші;
2. Визначено вплив ступеня подрібнення зернової сировини на характер протікання процесу екструзії та виконано математичне планування експерименту процесу екструзії зернової суміші;
3. Як результат отриманих значень отримано оптимальну комбінацію параметрів процесу екструзій зернової сировини, а саме:  $x_1 = 21,8\%$ ;  $x_2 = 1,59$

$c'$ ;  $x_3 = 2,22 \cdot 10^{-2}$  м;  $x_4 = 2,89 \cdot 10^{-3}$  м, відповідне до наступних значень критеріїв:  $Y_1 = 9,61$ ;  $Y_2 = 2,89 \cdot 10^{-3}$  кг/кДж;  $Y_3 = 2,44$ .

## 3 ЯКІСНА ОЦІНКА ЕКСТРУДОВАНИХ ПРОДУКТІВ З ЗЕРНОВОЇ СУМІШІ

### 3.1 Дослідження якісних показників екструдованих зернових продуктів

#### 3.1.1 Методи дослідження фізико-хімічних властивостей зразків

Відібрані проби екструдата подрібнювали, просівали через металеву сітку № 025 (ГОСТ 4601-73) і аналізували. Вони були досліджені за наступними показниками: органолептичним, фізико-хімічним, вмісту амінокислот і показникам безпеки. Визначення зазначених показників дозволяє виявити структурні зміни зернової суміші (43 % чечевиці (ГОСТ 7066-77), 11 % соняшникового шроту (ДСТУ 11246-96) і 46 % рисової крупи (ДСТУ 6292-93)), що відбуваються в процесі її екструзійної обробки й оцінити якість одержуваних зернових паличок.

В залежності від режимів екструдкування відповідно були отримані екструдати з різними характеристиками. Для оцінки якісних характеристик зернових продуктів були досліджені наступні їх фізико-хімічні властивості: набрякання (водопоглинальна здатність); розчинність і вологоутримувальна здатність. Ці важливі показники, що демонструють можливість екструдата зв'язувати воду й розчинятися в ній, характеризують його вуглеводний склад, а також споживчі властивості й частково засвоюваність продукту.

При контакті з вологою набрякання екструдатів визначали згідно ТУ 18406-77: наважку здрібненого зразка масою 5 г змішували в мірному циліндрі з дистильованою водою, доводили обсяг суміші до 100 мл і залишали на 24 години для набрякання, після чого вимірювали обсяг набряклого продукту (у мл). Набрякання, мл/г, розраховували по формулі:

$$H = \frac{V}{m}, \quad (3.1)$$

де  $V$  – обсяг набряклого матеріалу в циліндрі, мл;

$m$  – маса наважки, г.

Вологоутримувальну здатність, %, визначали шляхом центрифугування набряклої наважки здрібнених гранул при 3000 об/хв протягом 15 хв за формулою:

$$B = \frac{100 \ c - b}{a}, \quad (3.2)$$

де  $c$  – маса центрифужної пробірки, г;

$b$  – маса центрифужної пробірки з набряклим крохмалем, г;

$a$  – наважка крохмалю, г.

Насипну масу екструдатів визначали шляхом заповнення досліджуваним зразком спеціальної мірної склянки обсягом 1 дм<sup>3</sup>. Надлишок екструдату видаляли сухою плоскою металевою пластинкою й зважували. Насипну масу обчислювали по формулі:

$$M = \frac{c - t}{V}, \quad (3.3)$$

де  $c$  – маса мірної склянки, заповненої екструдатом, г;

$t$  – маса порожньої мірної склянки, г;

$V$  – об'єм мірної склянки, дм<sup>3</sup>.

Отримані наступні результати: набрякання – 2,3 г/г, розчинність – 45,4 % і водоутримувальна здатність здрібненого екструдата – 3,64 г/г. Встановлено, що дані показники екструдованих продуктів відповідають властивостям: харчові – сухим сніданкам, а кормові – стартер ним кормам.

Екструдовані зернові продукти аналізували за органолептичними показниками за ГОСТ 15113.3-77, вологості – за ГОСТ 15113.4-77,

кислотності – за ГОСТ 15113.5-77. Масову частку жиру за ГОСТ 15113.9-77. Об'ємну масу визначали методом, прийнятим у макаронному виробництві. Механічну міцність зернових продуктів вимірювали на приладі Строганова [11,2,9].

Коефіцієнт теплопровідності екструдата визначали методом «двох точок». Теплопровідність визначається по температурі, обмірюваній у двох різних точках зразка. Коефіцієнти теплоємності й температуропровідності вимірювали методами.

Визначення білка в екструдатах здійснювали по Кельдалю (ДСТУ 10846-91), загального цукру – по Починку, крохмалю – поляриметрично по Еверсу на поляриметру СУ-4 (ГОСТ 10845-64).

Визначення пектинових речовин, вітамінів здійснювали методами, наведеними в [34]; вміст клітковини – по Ганнебергу-Штоману (ДСТУ 13496.2-91).

Амінокислотний склад харчових продуктів – необхідна інформація й важливий критерій для визначення їх біологічної цінності. Визначення амінокислот робили за допомогою капілярного електрофореза на системі капілярного електрофореза «Капель-105» за методикою, розробленою Науково-виробничою фірмою аналітичного приладобудування «Люмекс» (НВФ АП «Люмекс»).

Масову частку амінокислоти,  $X_i$ , %, обчислювали по формулі

$$X_i = \frac{C_i \cdot V_{гидр} \cdot Q}{m} \cdot 100, \quad (3.4)$$

де  $C_i$  – масова концентрація  $i$ -ї амінокислоти, мг/дм<sup>3</sup>;

$V_{гидр}$  – обсяг гідролізата, 0,01 дм<sup>3</sup>;

$Q$  – коефіцієнт розведення, дорівнює відношенню загального обсягу випробуваного розчину, отриманого після розведення, до обсягу взятої для розведення частини;

100 – переведення у відсотки;

$m$  – маса наважки, мг.

Показники безпеки екструдатів (вміст мікотоксинів, пестицидів, солей важких металів, радіонуклідів) проводили атестованими методиками.

### 3.1.2 Характеристика показників екструдованих зернових продуктів

Екструдат, отриманий при раціональних параметрах процесу, аналізували з комплексу показників, що характеризують його споживчі властивості, харчову й енергетичну цінність.

Органолептичні показники: отриманий продукт у вигляді прямих або вигнутих коротких паличок округлого поперечного переріза, із шорсткуватою поверхнею й розвитою пористістю. За кольором (кремовий з жовтуватим відтінком), смаку й аромату (відповідному до вихідного виду сировини) екструдат має задовільні споживчі дані, характерні для такої групи харчових продуктів, як харчоконцентратні продукти.

Інші фізико-хімічні характеристики (табл. 3.1) також відповідали нормам для цієї категорії виробів. Енергетична цінність отриманого екструдата (табл. 3.2) становить 1500 кДж/100 г, у той час як кукурудзяних екструдатів – 1648 кДж/100 г. Співвідношення вуглеводів і білків близько до рекомендованого у формулі Покровського й становить 1:3,9.

Таблиця 3.1 – Фізико-хімічні й теплофізичні показники екструдата

Найменування показника	Розмірність	Екструдат
Вологість	%	9,0
Кислотність	Градуси	8,10
Об'ємна маса	кг/м <sup>3</sup>	227,50
Механічна міцність	Н	1,41
Масова частка загальних цукрів, в	%	4,29

перерахунку на СР		
Масова частка жиру, в перерахунку на СР	%	2,00
Коефіцієнт теплопровідності	Вт/(м·К)	0,27
Коефіцієнт теплоємності	Дж/(кг·К)	1780

Таблиця 3.2 – Хімічний склад і енергетична цінність зернової суміші й екструдата

Найменування показника	Зернова суміш	Екструдат
Масова частка, г/100 г		
- води	13,5	9,0
- білку	17,74	17,58
- жиру	1,20	1,23
- вуглеводів, в тому числі:	63,76	66,46
- крохмалю	51,2	49,8
- клітковини	3,8	3,8
Зола, мг/100 г	2,20	3,34
Вміст мінеральних речовин, мг/100 г		
- натрій	70	70
- калій	500	400
- кальцій	200	110
- магній	138	120
- фосфор	670	660
- залізо	21	21
Вміст вітамінів, мг/100 г		
- В <sub>1</sub>	0,47	0,31
- В <sub>2</sub>	0,13	0,09
- РР	1,51	1,21
Енергетична цінність, кДж/100 г	1455	1500

### 3.1.3 Аналіз якісних показників екстродованих зернових продуктів

Усі вихідні компоненти подрібнювали в дробарці й відсівали через набір сит КСИ ТУ 25.06.1250-77. Потім компоненти з розміром часток 0,16 – 0,63 мм завантажували в змішувач і ретельно перемішували й викладали отриману суміш до вологості 22 %. Готову суміш (зразок 1) і екструдат (зразок 2) розчиняли в дистильованій воді в співвідношенні 1:5, після чого проводили екстрагування протягом 24 год при температурі 5 °С.

Аналіз табл. 3.3 показує, що в отриманому екструдаті втримується на 78 % менше фруктози й глюкози, але суттєво зріс вміст олігосахаридів: сахарози – на 64 %, мальтози – на 106 %, трисахаридів – на 270 %, тетра- і пентосахаридів – на 115 %, а декстринів і крохмалю – на 190 %. Дані зміни позитивно позначається на засвоюваності екструдата.

При екструзійній обробці крахмалевмісних матеріалів у момент декомпресії загальний вміст крохмалю зменшується через розщеплення молекул амілози й амілопектину з одночасним збільшенням кількості олігосахаридів і декстринів. Тобто, відбувається термічна й механічна деструкція вуглеводів. Отримані результати узгоджуються з літературними даними [3,4,5].

Таблиця 3.3 – Порядок утримання  $R_f$  і площі плям  $S$  вуглеводів вихідної сировини і екструдатів

Найменування вуглеводів	$R_f$	Вихідна суміш		Екструдат		Відношення	
		1	2	1	2	1	2
Моносахариди							
Ксилани	0,92 – 0,96	65874	72319	23640	43140	0,36	0,59
Фруктоза, глюкоза	0,84 – 0,92	264384	264384	33642	57282	0,13	0,22
Олігосахариди							
Сахароза, мальтоза	0,78 – 0,840	107902	10902	176190	176613	1,63	1,64
	0,58 – 0,78	479661	474974	979785	979785	2,04	2,06
Трисахариди	0,50 – 0,58	128480	168582	591501	623073	4,60	3,70
Тетра і пентосахариди	0,18 – 0,50	549899	563770	917820	1213392	1,67	2,15
Полісахариди другого порядку							
Декстрини крохмалю	0,01 – 0,18	365855	372618	1319271	1081443	3,61	2,90

## Висновки до розділу

1. Проведено оцінку якості екструдованих зернових продуктів, а саме досліджено якісні показники екструдованих зернових сумішей, до яких входило дослідження фізико-хімічних властивостей зразків, аналіз якісних показників екструдату, аналіз вмісту вуглеводів в них. Виконано аналіз цінності досліджуваного екструдованого продукту харчового і кормового призначення.

2. На підставі отриманих результатів можливо стверджувати, що екструдовані зернові продукти відрізняються збалансованістю складу, мають гарні споживчі властивості й мають високу харчову цінність.

3. Внаслідок низької вологості екструдата й перспективи його тривалого зберігання, збільшення вмісту жиру в ньому недоцільно, так як може призвести до збільшення кислотного числа; збагачення продукту можна здійснювати за рахунок уведення до складу рецептурної суміші будь-якої вітамінної добавки.

## 4 ОБГРУНТУВАННЯ РЕЖИМНИХ ПАРАМЕТРІВ ВИРОБНИЦТВА ЕКСТРУДОВАНИХ ПРОДУКТІВ

Проведений аналіз одношнекових екструдерів / /дозволяє визначити доцільність подальших наукових розробок і обґрунтування параметрів робочих органів екструдерів з метою інтенсифікації екструзійного процесу, досягнення оптимальних енерговитрат на його здійснення й одержання збалансованих за свої складом, біологічно повноцінних високоякісних продуктів. Тому було обґрунтовано параметри одношнекових екструдерів.

### 4.1 Обґрунтування параметрів екструдера з регульованим теплопідводом

У результаті проведених досліджень і аналізу отриманих результатів були обґрунтовані параметри екструдера з регульованим теплопідводом (рис. 4.1), використання якого дозволяє поліпшити якість готового продукту за рахунок використання щадного режиму обробки сировини, звести до мінімуму втрати живильних речовин у робочій камері екструдера й стабілізувати тиск у передматричній зоні екструдера.

Екструдер (рис. 4.1) містить корпус із завантажувальним патрубком, привід, станину, розташований у корпусі шнек із гвинтовою нарізкою й матрицю. У передматричній зоні встановлено три послідовно розташовані камери охолодження. Кожна камера має кільцеву форму й облаштована патрубками для підведення вихідного холодоагенту й відводу відпрацьованого холодоагенту. Поверхня вала шнека у кожній камері охолодження облаштована похилими лопатками овальної форми, що повторюють профіль кільцевого каналу й жорстко закріплені на поверхні валу. Кожна наступна камера охолодження з'єднана з попередньою за допомогою сполучного отвору, виконаного в бічних суміжних стінках.

Причому всі три сполучні отвори зміщені один відносно іншого таким чином, щоб екструдат переміщався по максимально можливій довжині каналу, тобто максимальний час перебував у камері.

Кут нахилу лопаток овальної форми вибирається таким чином, щоб забезпечити захват основного потоку продукту, переміщення його уздовж кільцевого каналу й видавлювання через сполучний отвір у сусідню камеру охолодження.

При порушенні стійкого режиму роботи екструдера (пульсації тиску, яка може виникнути, наприклад, при наявності недостатньої однорідності складу суміші, зміні режиму роботи або при зміні рецептури суміші і т.д.) потрібно швидко оперативне втручання, спрямоване на підтримку стабільного тиску, за допомогою відводу частини теплоти із передматричної зони за рахунок подачі холодоагенту в камери охолодження.

У цьому випадку в пропонованому пристрої передбачається регулювання кількості теплоти, що приділяється, розплаву екструдата за рахунок відводу її із передматричної зони за допомогою трьох послідовно розташованих камер охолодження.

Пропонований екструдер працює в такий спосіб. Вихідний продукт завантажується в екструдер через завантажувальний патрубок. Включається привід і шнек починається захоплювати й переміщати продукт. Потім продукт послідовно переміщається через зони завантаження, змішування, гомогенізації й дозування за допомогою обертового шнека. У міру просування продукт переміщується в зоні змішування, нагрівається й розм'якшується.

Далі в зоні гомогенізації відбувається перетворення розм'якшених круп або зернові суміші зернових і бобових культур в однорідний розплав за рахунок зростання тиску.

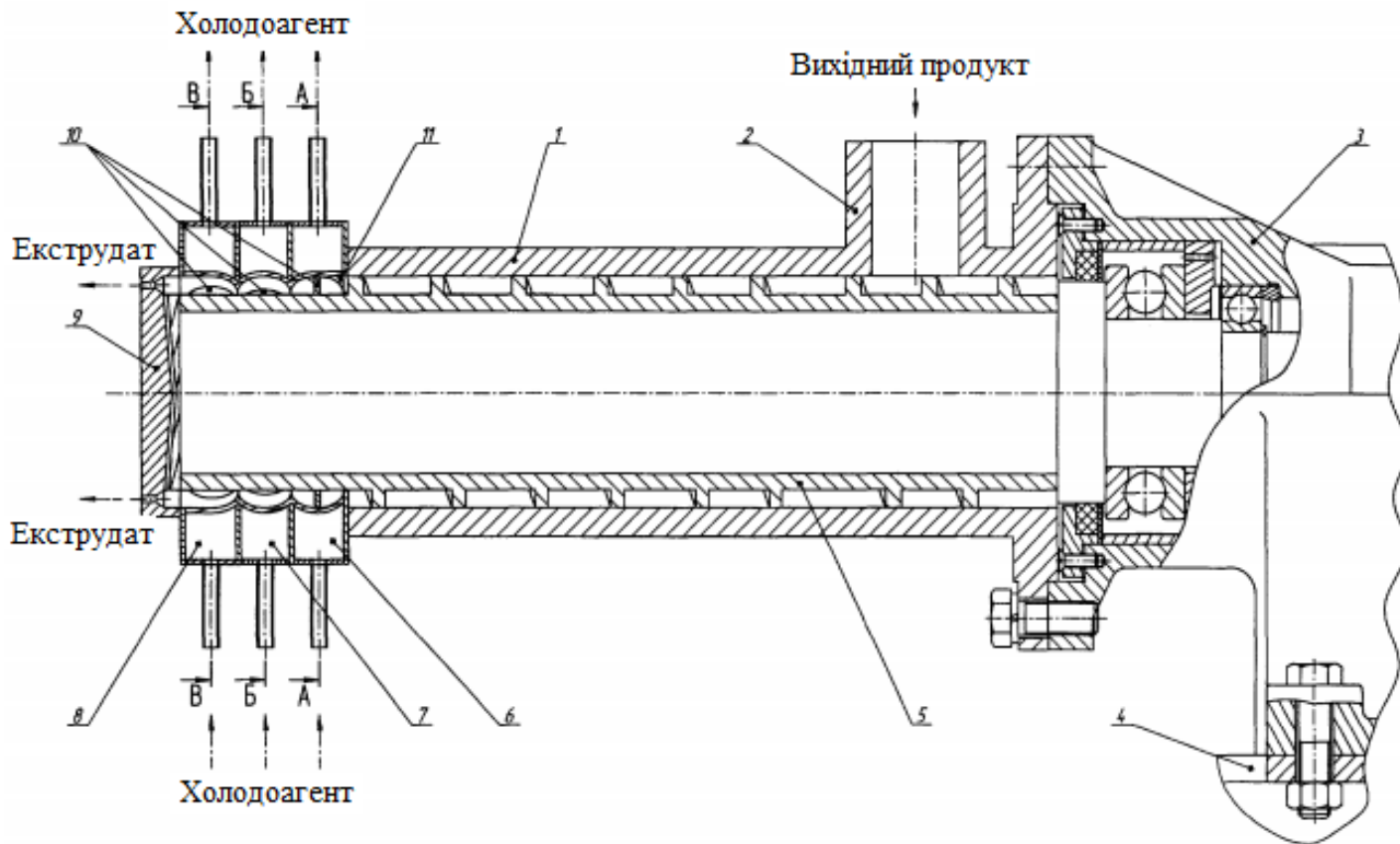


Рисунок 4.1 – Екструдер з регульованим теплопідводом

1 – корпус; 2 - завантажувальний патрубков; 3 – привід; 4 – станина; 5 – шнек; 6, 7, 8 – камери охолодження; 9 – матриця; 10 – похилі лопатки овальної форми; 11 – сполучний отвір

Тиск розплаву продукту в зоні дозування досягає бажаного значення, відбувається остаточне розплавлення дрібних включень і утворюється розплав однорідний за структурою й температурі. Це дозволяє для нормальної роботи екструдера мати задану, однорідну по перетину температуру розплаву продукту.

Екструдер працює при тиску продукту в передматричній зоні, що не перевищує заданого оптимального значення (рис. 4.1). Це необхідно, тому що величина тиску однозначно визначає температуру обробки продукту, від якої у свою чергу залежить якість готового продукту. Оптимальними з'являються діаметру корпусу 150 мм, довжина шнеку конусного 1200 мм,

діаметр робочої камери 170 мм, температура обробки 155С, продуктивність 500 кг/год.

У випадку підвищення тиску розплаву продукту в передматричній зоні при надходженні продукту в першу камеру охолодження у її охолоджувальну сорочку подається холодоагент (крижана вода, розсіл, повітря та інше), який інтенсивно прохолоджує зовнішню поверхню. Продукт, переміщаючись по кільцевому каналу камери, контактує з охолоджуваною поверхнею, у результаті чого його температура знижується. Тому що процес екструдювання можна вважати адіабатичним (тобто, що протікає при постійному обсязі – обсяг робочої камери не змінюється), відповідно це у свою чергу знижує величину тиску екструдата. Охолоджений у камері продукт через другий сполучний отвір видавлюється в другу камеру охолодження. Якщо цього зниження тиску виявляється недостатньо й воно продовжує збільшуватися в передматричній зоні, тобто якщо екструдат недостатньо остудився в першій камері, то тоді аналогічним чином він прохолоджується в другій камері [10,26].

Використання екструдера дозволить оптимізувати процес екструдювання різної вихідної сировини за рахунок підтримки сприятливого тиску внаслідок регулювання величини температури продукту в передматричній зоні, одержувати екструдати високої якості завдяки розв'язку проблеми стабілізації тиску, звести до мінімуму втрати корисних харчових речовин у робочій камері екструдера.

#### 4.2 Обґрунтування конструктивних параметрів екструдера з матрицею

У результаті проведених досліджень і аналізу отриманих результатів було обґрунтовано конструкцію екструдера з матрицею (рис. 4.2), використання якої дозволяє регулювати й підтримувати необхідний тиск у заданих межах у матричній зоні екструдера.

Шнековий екструдер (рис. 4.2) містить циліндричний корпус 1, що закінчується формувальною головкою 10, що виконана з можливістю обертання щодо корпусу, завантажувальний пристрій 2 і шнек 3.

Глибина каналу, виконаного по внутрішній поверхні формувальної головки 10 збільшується в напрямку зменшення діаметра конуса для збільшення прохідного перетину каналу, який приводить до зменшення гідравлічного опору й стабілізації швидкості плинину розплаву екструдата по довжині каналу, а, отже, і тиску екструдуювання.

Екструдер працює в такий спосіб. Вихідний продукт завантажується в екструдер через завантажувальний патрубок 2. Включається привід і шнек 3 починається захоплювати й переміщати продукт. Потім продукт послідовно переміщається через зони завантаження, змішування, гомогенізації й дозування за допомогою обертового шнека 3. У міру просування продукт переміщується в зоні змішування, нагрівається й розм'якшується. Далі в зоні гомогенізації відбувається перетворення розм'якшеної зернової суміші в однорідний розплав за рахунок зростання тиску.

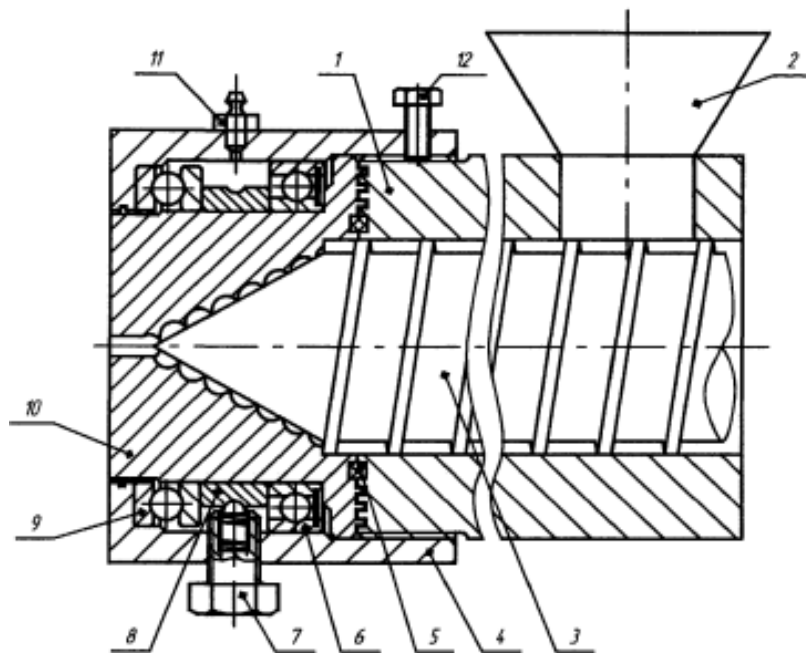


Рисунок 4.2 – Екструдер з матрицею, що гасить пульсації тиску

1 – корпус; 2 – завантажувальний пристрій; 3 – шнек; 4 – гільза; 5 – чепцеве ущільнення; 6, 9 – підшипники; 7 – притискний пристрій; 8 – втулка; 10 – формувальна головка; 11 – маслянка; 12 – стопорний болт.

Тиск розплаву продукту в зоні дозування досягає бажаного значення, відбувається остаточне розплавлювання дрібних включень і утворюється розплав, однорідний за структурою й температурі. Це дозволяє для нормальної роботи екструдера мати задану, однорідну по перетину температуру розплаву продукту.

Потім він попадає в матричну зону, де входить у виконаний по внутрішній поверхні формувальної головки 10 канал змінного перетину. Глибина якого збільшується в напрямку зменшення діаметра конуса, це створює умови для стабілізації швидкості плинущу розплаву екструдата по довжині каналу, а отже, і тиску екструдування при відсутності його пульсацій. Потім екструдат виходить із екструдера через вихідні отвори циліндричної форми у формувальній головці 10. Сама ж формувальна головка 10 при цьому рівномірно обертається або перебуває в нерухомому стані. Подібним чином екструдер працює при тиску продукту в передматричній зоні, що не перевищує заданого оптимального значення. Це необхідно, тому що величина тиску однозначно визначає температуру обробки продукту, від якої у свою чергу залежить якість готового продукту. Від величини тиску залежить також однорідність і пористість готового продукту.

У випадку підвищення тиску розплаву продукту в передматричній зоні при надходженні продукту у формувальну головку 10 він, переміщаючись по каналу змінного перетину, починає збільшувати частоту обертання формувальної головки 10, на яку давить кулька притискного пристрою 7. Регулюючи зусилля притиску кульки, можна впливати на кількість енергії, що приділяється. Таким чином, проводиться гасіння пульсацій тиску.

Межі регулювання зусилля притиснення кульки визначаються твердістю пружини, діаметром кульки, величиною робочого ходу пружини й болта притискного пристрою.

Таким чином, використання винаходу дозволить підвищити якість готового продукту за рахунок підтримання оптимального тиску внаслідок відводу зайвої енергії руху продукту при обертанні формувальної головки.

#### 4.3 Обґрунтування конструкції шнекового екструдера для виробництва двошарових продуктів

Шнековий екструдер такого типу дозволяє одночасно обробляти дві вихідні суміші з різними реологічними властивостями й одержувати двошарові продукти. Наприклад, зернова суміш і добавки кормового призначення.

На рис. 4.3 зображений розріз робочої камери пропонованого екструдера, на рис. 4.4 – поперечний розріз у місці завантажувальної горловини другої вихідної суміші, на рис. 4.5 – поздовжній розріз матричної зони екструдера.

Шнековий екструдер (рис. 4.3) містить циліндричний корпус 1, порожній шнек 2 і матрицю 4. На внутрішній циліндричній поверхні порожнього шнека 2 виконана гвинтова нарізка. Кінцева частина внутрішньої циліндричної поверхні порожнього шнека 2 виконана гладкою – без нарізки. Крок нарізки й глибина внутрішнього гвинтового каналу шнека 2 зменшуються в напрямку виходу продукту.

В процесі роботи екструдера напрямки обертання порожнього шнека 2 і вала 3 протилежні. Через завантажувальну горловину 5, розміщену на корпусі 1, подається перша вихідна суміш. Матриця 4 накручується на корпус 1 по різьбленню. Шнек 2 установлено в корпусі 1 на підшипниках 6, 7 і 8. Обертаючий момент на шнек 2 передається через зубчасте колесо 9. Порожній вал 3 установлено на підшипниках 10 і 11.

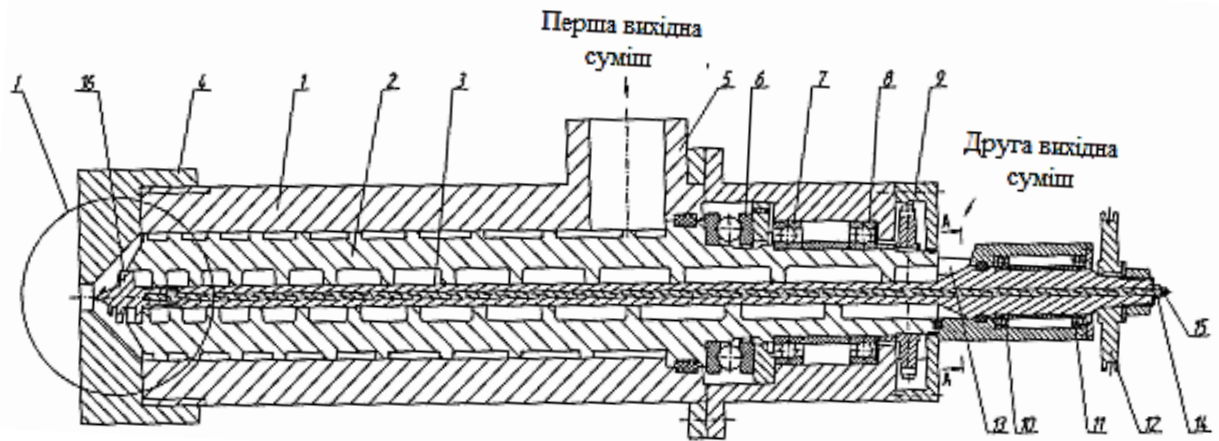


Рисунок 4.3 – Шнековий екструдер для виробництва двошарових продуктів

Через завантажувальний бункер 13 подається друга вихідна суміш. Для поліпшення завантаження під бункером 13 порожній вал 3 має конусність у напрямку руху продукту.

Досліджувані екструдери послідовно переміщуються через зони завантаження, змішування, гомогенізації й дозування. Порожній шнек 2 захоплює й переміщає першу вихідну суміш зовнішньою гвинтовою нарізкою, а другу вихідну суміш – внутрішньою гвинтовою нарізкою. У міру просування продукт переміщується в зоні змішування, нагрівається й розм'якшується. Далі в зоні гомогенізації відбувається перетворення розм'якшених гранул в однорідний розплав за рахунок зростання тиску до 480 кг/куб.см, збільшення температури до 190град.С.

Тиск розплаву продукту в зоні дозування досягає заданого значення, відбувається остаточне розплавлювання дрібних включень і утворюється розплав, однорідний за структурою й температурі. При одночасному екструдюванні двох вихідних сумішей з різними реологічними властивостями тиск розплавів першої й другої вихідних сумішей у передматричній зоні може бути різний. Для вирівнювання тиску розплавів першої й другої вихідних сумішей у передматричній зоні на кінцевій частині вала 3 жорстко

закріплений циліндроскопічний наконечник, що має зовнішню гвинтову нарізку. При збільшенні частоти обертання вала 3 циліндроскопічний наконечник обертається швидше – це призводить до збільшення тиску й продуктивності, відповідно зменшення частоти обертання вала 3 приводить до їхнього зниження. Максимальна частота обертання вала 3 визначається умовою нерозривності руху другої суміші в зоні її переходу із гвинтової нарізки, виконаної на внутрішній циліндричній поверхні порожнього шнека 2.

Для нормальної роботи екструдера необхідно мати однаковий тиск розплаву першої й другої вихідних сумішей. Рівність тисків забезпечує плавний паралельний плин розплавів у передматричній зоні. Потім комбінований екструдат виходить із екструдера через вихідний отвір циліндричної форми в матриці.

У випадку використання двох вихідних сумішей з різними реологічними властивостями для переходу в розплав обох сумішей може вимагатися підведення різної кількості тепла до цих сумішей. Для нагрівання першої суміші, що рухається по зовнішніх витках порожнього шнека 2, можуть використовуватися тенти (не показані). Нагрівання другої суміші, що рухається по гвинтовій нарізці, виконаній на внутрішній циліндричній поверхні порожнього шнека 2 здійснюється за рахунок передачі теплоти від зовнішньої нарізки й тертя продукту про поверхню вала 3 при його обертанні. Варіюючи частоту обертання вала 3, можна в заданих межах регулювати тиск другої суміші, змінюючи кількість теплоти, що до неї підводиться.

Таким чином, дана конструкція дозволить: розширити асортименти комбінованих багат шарових продуктів, одержуваних за рахунок одночасної екструзії двох вихідних сумішей з різними реологічними властивостями; оптимізувати процес екструдювання різних вихідних сумішей за рахунок підведення необхідної кількості теплоти внаслідок варіювання частоти й напрямку обертання вала; стабілізувати тиск двох потоків продукту в

передматричній зоні екструдера за рахунок регулювання тиску другої вихідної суміші шляхом зміни частоти й напрямку обертання вала.

#### Висновки до розділу

1. Обґрунтовано параметри робочих органів і способів для одержання екструдованих продуктів, а саме обґрунтовано конструкцію екструдера з регульованим теплопідводом;

2. Обґрунтовано параметри екструдера з матрицею та параметри шнекового екструдера для виробництва двошарових продуктів з додаванням біологічно-активних добавок.

3. Обґрунтовано спосіб одержання зернових екструдів та встановлено, що одним з основних вимог до екструдованих кормових продуктів з зернових сумішей злакових та бобових культур, крім високих споживчих властивостей, є збалансованість їх складу.

4. Порівняльний аналіз отриманих результатів показав, що готовий продукт має досить близьке до оптимального співвідношення вуглеводів і білка, біологічно-активних добавок, а також багатий харчовими волокнами.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 5.1 Правила організації охорони праці на підприємстві по виробництву екструдювання кормів

Загальне підприємство з комплексним виробництвом кормових продуктів має складну структуру і свої особливості в технологічних процесах. Виробничі дільниці мають як загальні так індивідуальні небезпечні фактори, що впливають на якість виробництва кормів, але всі вони відносяться до категорії особливо небезпечних виробництв. Тому охороні праці на підприємстві екструдювання кормів приділяється багато уваги.

Контроль заходів з охорони праці на підприємстві складна і розгалужена, як і загальна структура функціональних взаємозв'язків. Особою, що відповідає за стан охорони праці по всьому підприємству є керівник підприємства, а організаційно-методичне керівництво охороною праці покладено на інженера з охорони праці, який підпорядковується тільки правлінню підприємства. На інженера з охорони праці покладені обов'язки по організації, виконанню та контролю заходів з охорони праці по всіх виробничих дільницях [27,29].

Відповідальний інженер з охорони праці контролює: 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 [30].

Керівники та спеціалісти основних структурних підрозділів, стосовно питань охорони праці мають своїми обов'язками:

- проведення первинного інструктажу працівникам всіх виробничих відділень;
- щоденний огляд стану технологічного обладнання всіх 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 і приготуванням миючих засобів для обладнання;
- контроль стану засобів поліпшення умов праці (освітлення виробничих цехах, їх вентилявання та кондиціонування);
- контроль за станом системи аварійної сигналізації в цехах;
- контроль за станом та своєчасною перевіркою обладнання, що працює під високим тиском чи підвищених температурах (компресорні станції, парогенератори, і т.д.);
- організація доцільного графіку роботи операторів фасувальних автоматів, які 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 в цехах транспортних засобів і механізмів з метою забезпечення безпеки для працівників.

Працівники підприємства по екструдуванию кормів повністю забезпечені засобами індивідуального захисту (спецодягом, взуттям, респіраторами, рукавицями, то що). У виробничих приміщеннях підприємства витримані всі

необхідні санітарно-гігієнічні умови. В приміщенні де працюють люди параметри повітря відповідають ГОСТ 12.1.005-88. Концентрації шкідливих речовин в повітрі приміщень крупного цеху не перевищує гранично-допустимих норм. Освітленість виробничих і побутових приміщень відповідає вимогам СНиП II-4-79. Рівень шуму не перевищує норм, встановлених ГОСТ 12.1.003-83, СН 3223-85.

Фінансування охорони праці здійснюється за рахунок підприємства в обсяг 0,5 відсотка від фонду оплати праці.

## 5.2 Заходи безпеки праці при виробництві екструдованих кормів з зернових сумішей

### 5.2.1. Загальні положення

Робітники повинні знати і виконувати всі вимоги, що стосуються 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 висвітлює такі питання, як правила внутрішнього трудового розпорядку, небезпеки, пов'язані з знаходженням працівника на території, рухом транспорту, особливо при прийманні сировини, знаходженням в складських приміщеннях, прийомних пристроях, загальні правила електробезпеки, заходи пожежної безпеки, порядок використання санітарно-побутових приміщень, спецодягу, надання першої допомоги при нещасних випадках і т.д. Проведення ввідного інструктажу по техніці безпеки обов'язково відображається в особистих контрольних картках [28,30].

Проводиться також інструктаж на робочому місці. Роблять це начальник цеху, майстер або керівник ділянки робіт. Під час інструктажу робочий повинен бути ознайомлений з технологічним процесом, правилами техніки безпеки та вибухової безпеки на даній ділянці роботи, з пристроєм машин і заходами безпеки щодо їх обслуговування, з призначенням і практичним застосуванням

запобіжних пристроїв, з безпечним поводженням з електроустаткуванням. Робочого ознайомлюють з правилами поведінки у виробничих приміщеннях, з внутрішнім цеховим зв'язком і сигналами, з аспіраційними установками і необхідністю утримання їх в справному стані, правилами транспортування та перенесення вантажів, неприпустимості загородження проходів та проїздів, з заходами безпеки при санітарної обробки виробничих і складських приміщень, з необхідністю підтримання санітарного стану на робочих місцях.

### 5.2.2. Основні вимоги безпеки перед початком роботи

Необхідно перевірити справність та одягти 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.

Провести огляд (разом з робітником, якого він змінює, у випадку змінної роботи) робоче місце, переконатися: у справній роботі 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 - перевірити режим роботи устаткування (хід технологічного процесу).

Визначити наявність необхідної кількості сировини, напівфабрикатів, матеріалів, тари, транспортних засобів і ін. На робочому місці апаратника повинні знаходитися тільки необхідні для ведення технологічного процесу сировина, матеріали, тара і ін. Заслухати інформацію працівника, якого він змінює, про недоліки і зауваження стосовно роботи устаткування, приладів і ін. Прийняти зміну за встановленим на підприємстві порядком.

При виявленні в процесі огляду не справність і порушень сповістити безпосереднього керівника і не приступати до роботи до усунення виявлених

порушень, якщо ці порушення унеможливають безпечно і безаварійне ведення технологічного процесу.

### 5.2.3. Вимоги безпеки під час виконання робіт

При виробництві кормів екструдуванням з зернових сумішей використовується доволі велика кількість технологічного обладнання яке має обертові або рухомі частини. Швидкість обертання ротора дробарок, наприклад, 1300-2800 об/хв. Така велика швидкість обертання викликає необхідність ретельно їх балансувати. Якщо ротор дробарки не збалансований, то дробарка працює з вібрацією і характерним шумом. Вібрація машини шкідливо відображається на перекриттях, але, найголовніше, це може привести до аварії і нещасного випадку.

Щоб виключити можливості розриву при обрушенні продукту конуси над дозаторних бункерів і патрубки над дозаторами повинні мати підвищену міцність. Необхідно, щоб клапани для відбору проб були добре відрегульовані і перемикалися без особливих зусиль обслуговуючого персоналу. Необхідно передбачити надійну огорожу всіх з'єднань важелів дозаторів, храпових механізмів, приводів, ремінних і ланцюгових передач, кінців і вільних ділянок валів, що обертаються. Дозатори повинні бути герметичні, не допускати запилення.

Устаткування для зважування, подрібнення і змішування мікродобавок. (мікроелементи, антибіотики, вітаміни і патогенні біологічно-активні добавки) з наповнювачами (макухи, шроти, висівки і ін.) повинні бути загерметизовані, мати аспірацію, що виключає пиловиділення з мікродробарок, просіювачій, змішувачів і механізмів, що транспортують мікродобавки не допускається попадання частин тари в суміш для виробництва екструдованих кормів.

### 5.2.4 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

Для переробних виробництв ознаки аварійних ситуацій такі:

- тимчасова зупинка технологічного процесу внаслідок спрацювання авто-

матичних захисних блокування;

- небезпечний режим роботи устаткування - вихід за межі допустимих значень параметрів (тиску, температури, швидкості руху, рівня і т.п.) технологічного процесу, що може призвести до аварійного стану;
- утворення вибухонебезпечного середовища в приміщенні;
- розгерметизація технологічного устаткування, трубопроводів, тари і ін. з проникненням продуктів, їх пари, пилу у виробниче та зовнішнє середовище;
- наявність джерел запалювання в апаратурі та поза устаткуванням;
- загоряння технологічного устаткування, трубопроводів, продуктів, та ін.;

У випадку виникнення аварійної ситуації робітник повинен негайно повідомити про те, що сталося, 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.

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).

#### 5.2.5 Вимоги безпеки після завершення роботи

Прибрати робоче місце. У випадку змінної роботи не залишати працююче устаткування до прибуття змінника і прийняття ним зміни. Здати зміну у встановленому порядку, повідомивши змінника про всі недоліки і зауваження, стосовно роботи устаткування, приладів і ін. та надавши іншу, необхідну для забезпечення подальшої безпечної роботи, інформацію.

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 виробництву екструдованих кормів

Аналіз показав, що найбільша доля нещасних випадків припадає на приймальні та зерноочисні відділення підприємства всіх виробничих підрозділів (70 %), далі йдуть ремонтно-механічний цех та транспортна дільниця. Оскільки в даному проекті розглядається тільки цех з виробництва екструдованих кормів із зернових сумішей, то здійснимо аналіз виробничого травматизму тільки для нього.

В цеху з виробництва екструдованих кормів за останні п'ять років виникла невелика кількість нещасних випадків з тимчасовою втратою працездатності та без неї (табл. 5.1). Це пов'язане з високим ступенем механізації робіт в цеху та дотримання працівниками заходів з охорони праці. Основними чинниками, які призводили до виникнення нещасного випадку є обертові робочі органи машин, підвищена запиленість деяких ділянок цеху, надмірний шум та вібрація, підвищена температура, недостатня освітленість робочих місць.

Таблиця 5.1 – Загальні статистичні показники виробничого травматизму

Показники	2017	2018	2019
Кількість робітників цеху	13	14	15
Кількість нещасних випадків	1	1	0
Кількість днів втрати працездатності	9	12	0

Проведемо розрахунок основних показників виробничого травматизму по підприємству, згідно статистичних даних за останні п'ять років (табл. 5.1).

Коефіцієнти частоти, тяжкості та втрати робочого часу визначимо за статистичними методами аналізу виробничого травматизму.

Коефіцієнт частоти нещасних випадків визначаємо за формулою:

$$K_{\text{ч}} = (n / P) \cdot 1000, \quad (5.1)$$

де  $n$  – кількість нещасних випадків;

$P$  – кількість робітників в цеху.

Тоді по роках коефіцієнт частоти буде становити:

$$K_{\text{ч.2010}} = (1/15) \cdot 1000 = 66.6$$

$$K_{\text{ч.2011}} = (1/14) \cdot 1000 = 71.4$$

Коефіцієнт тяжкості визначаємо за формулою:

$$K_{\text{т}} = D/n, \quad (5.2)$$

де  $D$  – кількість днів втрати працездатності.

По роках цей коефіцієнт становитиме:

$$K_{\text{т.2017}} = 9/1 = 9$$

$$K_{\text{т.2018}} = 12/1 = 12$$

Коефіцієнт втрати робочого часу визначаємо за формулою:

$$K_{\text{п}} = (D/P) \cdot 1000 \quad (5.3)$$

а по роках:

$$K_{\text{п.2017}} = (9 \setminus 13) \cdot 1000 = 692,3$$

$$K_{П.2018} = (12 \setminus 14) \cdot 1000 = 857,1$$

Результати розрахунку показників виробничого травматизму по підприємству за останні три роки наведено в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Показники виробничого травматизму

Показники	2017	2018	2019
Коефіцієнт частоти	66,6	71,4	0
Коефіцієнт тяжкості	9,0	12,0	0
Коефіцієнт втрати робочого часу	692,8	857,1	0

Як видно з аналізу, найбільші коефіцієнти частоти та втрати робочого часу спостерігались у 2018 році, коли зменшилась кількість робітників в цеху, а загалом ситуація з виробничим травматизмом досить стабільна, і на рік трапляються лише кілька нещасних випадків не пов'язаних з сильними ушкодженнями та втратою працездатності лише на кілька днів або взагалі без втрати працездатності.

#### 5.4 Розрахунок захисного заземлення машин і обладнання виробничої лінії цеху

Для забезпечення належного заземлення машин і обладнання виробничої лінії цеху з виробництва екструдованих кормів підприємства проведено розрахункову перевірку.

Обов'язково приймаємо, що обладнання цеху заземлене. Заземлювач виконаний рядно з чоти-рьох розташованих на відстані 2 м одна від одної та заглиблених на 0,5 м нижче рівня землі сталевих труб діаметром 25,4 мм і довжиною по 2 м кожна. За-землюючі труби з'єднані між собою сталевією полосією шириною 0,04 м, яка також заведена до виробничого приміщення та закріплена уздовж обладнання лінії на стіні. Неструміведучі частини машин і

обладнання, що можуть опинитись під дією електричного струму з'єднані зі сталевую половою магістралі заземлення заізолюваним мідним дротом з перерізом 3 мм<sup>2</sup>. З'єднання дроту з половою виконане через болтове з'єднання.

Визначаємо розрахунковий опір землі за формулою [11]:

$$R_{pz} = \phi \cdot \rho_{сер}, \text{ Ом} \cdot \text{м} \quad (5.4)$$

де  $\phi$  – коефіцієнт сезонності, який враховує можливі коливання питомого опору землі при зміні вологості ґрунту протягом року (згідно [11]  $\phi = 1,3$ );

$\rho_{сер}$  – середній питомий опір ґрунту (згідно [11] для глинистої землі  $\rho_{сер} = 60$  Ом·м), Ом·м.

$$R_{pz} = 1,3 \cdot 60 = 78 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

Визначаємо опір розтіканню струму в землі одного вертикального заземлювача за формулою [11]:

$$R_B = \frac{\rho_{pz}}{2\pi L \cdot \ln \frac{2L}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+L}{4t-L}}, \text{ Ом} \quad (5.5)$$

де  $L$  – довжина заземлювача ( $L = 2$  м), м;

$d$  – діаметр заземлювача ( $d = 0,0254$  м), м;

$t$  – відстань від поверхні землі до середини заземлювача ( $t = L/2 + h = 2/2 + 0,5 = 1,5$  м), м.

$$R_B = \frac{78}{3 \cdot 3,14 \cdot 2 \cdot \ln \frac{2 \cdot 2}{0,0254} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 1,5 + 2}{4 \cdot 1,5 - 2}}, \text{ Ом}$$

Визначаємо загальну довжину горизонтального заземлювача, що з'єднує вертикальні заземлювачі по формулі [11]:

$$L_{\Gamma} = a \cdot (n - 1), \text{ м} \quad (5.6)$$

де  $a$  – відстань між вертикальними заземлювачами ( $a = 2$  м), м;

$n$  – кількість вертикальних заземлювачів ( $n = 5$  шт.), шт.

$$L_{\Gamma} = 2 \cdot (5 - 1) = 8 \text{ м}$$

Визначаємо опір горизонтального заземлювача за формулою [11]:

$$R_{\Gamma} = \left( \frac{\rho_{\text{пз}}}{2\pi L_{\Gamma}} \right) \cdot \ln \frac{2L_{\Gamma}^2}{b \cdot h}, \text{ Ом} \quad (5.7)$$

де  $b$  – ширина стрічкової сталі, з якої виконано горизонтальний заземлювач ( $b = 0,04$  м), м;

$h$  – глибина розташування горизонтального заземлювача ( $h = 0,05$  м), м.

$$R_{\Gamma} = \left( \frac{78}{2 \cdot 3,14 \cdot 8} \right) \cdot \ln \frac{2 \cdot 8^2}{0,04 \cdot 0,05} = 17,15 \text{ Ом}$$

Обчислюємо загальний опір заземлюючого пристрою за формулою [11]:

$$R_3 = \frac{R_B \cdot R_{\Gamma}}{(n \cdot R_{\Gamma} \cdot \eta_B + R_B \cdot \eta_{\Gamma})}, \text{ Ом} \quad (5.8)$$

де  $\eta_B, \eta_{\Gamma}$  – відповідно коефіцієнти використання вертикального та горизонтального заземлювача (згідно [11]  $\eta_B = 0,74$  та  $\eta_{\Gamma} = 0,77$ ).

$$R_3 = \frac{15,87 \cdot 17,15}{(5 \cdot 17,15 \cdot 0,74 + 15,87 \cdot 0,77)} = 3,6 \text{ Ом}$$

Для винесення висновку про відповідність виконаного заземлення у виробничому підприємстві по виробництву екструдованих кормів, порівнюємо одержане розрахункове значення опору штучного заземлення з нормативним:

$$R_3 \leq R_0;$$

$$R_0 \leq 4 \text{ Ом};$$

$$R_3 < 4 \text{ Ом}.$$

Виконання штучного заземлення у виробничому цеху НПФ «Еко-Корм» відповідає нормам.

### 5.5 Заходи з поліпшення умов праці

Так як на виробничому підприємстві встановлена велика кількість обладнання, що аспірується і на якому встановлено вентилятори, що створюють досить значний шум та вібрації, то боротьба з цими чинниками є досить актуальною для цього підприємства. Зменшення шуму та вібрацій на підприємстві дозволить покращити умови праці, підвищити її продуктивність та зменшити ризик виробничого травматизму.

Для захисту робітників від впливу шуму встановлені допустимі норми звукового тиску в октавних полосах (тобто ділянках діапазону частот, для яких відношення верхніх частот до нижніх дорівнює 2) ГОСТ 12.1.003 – 83 «Шум. Общие технические требования» [20,8].

На основі проведеного аналізу та виявлених недоліків охорони праці на рекомендуємо наступні заходи поліпшення умов праці:

- здійснення конструктивних рішень та заходів, що забезпечують на діючому устаткуванні виключення або зниження до регламентованих рівнів шуму, вібрації, випромінювань та інших факторів.
- упровадження устаткування та пристроїв, які забезпечують застосування безпечної напруги до 12 В — у приміщеннях особливо небезпечних та до 42 В — у приміщеннях із підвищеною небезпекою ураження електричним струмом;
- заходи щодо розширення, реконструкції санітарно-побутових приміщень, їх додаткове обладнання;
- улаштування кабінетів і куточків з охорони праці;
- Забезпечення захистними парканами зони розвантаження екструдата з фільтер робочих органів так як екструдовані корми мають температуру більше 100 °С.

## 5.6 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Аналіз надзвичайних ситуацій за останні 4-5 років, показав що значна кількість різноманітних надзвичайних ситуацій виникає на об'єктовому рівні.

Від ефективності розроблення та впровадження в життя заходів із запобігання та ліквідації надзвичайної ситуації в разі її виникнення залежатиме життя та здоров'я персоналу та відвідувачів цих підприємств і розміри заподіяної шкоди.

Відповідно 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.

Для великих і малих підприємств система заходів захисту від надзвичайних ситуацій включає:

- планування та здійснення необхідних заходів для захисту своїх працівників, об'єктів господарювання;
- розроблення планів локалізації та ліквідації аварій з подальшим погодженням з Державною службою України з надзвичайних ситуацій;
- підтримання у готовності до застосування сил і засобів із запобігання виникненню та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій;
- створення та підтримання матеріальних резервів для попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій;
- забезпечення своєчасного оповіщення своїх працівників про загрозу виникнення або при виникненні надзвичайної ситуації.

Основною особливістю дій кормовиробних підприємств при загрозі або виникненні надзвичайних ситуацій є в першу чергу захист персоналу та відвідувачів, Розроблена інструкція що до дій працівників в надзвичайних ситуаціях не повинна суперечити положенням та вимогам Кодексу цивільного захисту України. Крім Інструкції, на підприємстві розробляється План евакуації

при пожежі або загрозі вибуху. Крім того, на підприємстві необхідно розробляти й доводити 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. Також стосується адміністрації підприємства, яка в екстремальній обстановці не може приймати помилкові рішення або віддавати необгрунтовані розпорядження.

#### Висновки по розділу

1. Аналіз стану охорони праці на підприємстві по виробництву екструдованих кормів дозволив виявити недоліки та порушення стану охорони праці.
2. Проведено аналіз виробничого травматизму за останні три роки роботи підприємства і на цій основі розроблено заходи з поліпшення охорони праці на підприємстві.
3. Запропоновані заходи з поліпшення умов праці, особливо на ділянці виробництва екструдованих кормів з зернових сумішей.
4. Проведено перевірочний розрахунок існуючих засобів заземлення виробничого цеху.

Усі перелічені заходи спрямовані на поліпшення умов праці та стану її охорони на підприємстві.

## 6. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 6.1 Організація проведення досліджень

Економічні розрахунки по обґрунтуванню процесу виробництва екструдованих кормів з зернових сумішей, пов'язано з плануванням графіку виконання досліджень та проведення попередньої обробці, змішування, дозування.

Для систематизації робіт необхідно складання переліку конкретних робіт, з визначенням їх взаємозв'язку і тривалості, побудовою сітьового графіка, визначенням критичного шляху та виконанням розрахунків кошторису витрат на проведення експерименту.

Загальний перелік передбачених згідно теми по робіт дослідженню наведений у табл.6.1.

Таблиця 6.1. – План проведення досліджень по підготовці зернової суміші та компонентів до екструдування

Шифр робіт $i-j$	Найменування робіт	Тривалість робіт $t_{ij}$ , днів
1	2	3
1-2	Вибір направленості теми роботи	2
2-3	Обробка літературних та патентних джерел за визначеною темою та підготовка аналізу	14
3-4	Планування досліджень та вибір методик для проведення досліджень	9
4-5	Проведення аналізу фізико-механічні і біологічних властивостей суміші перед обробкою	7
4-6	Визначення властивостей компонентів та їх вплив на показники мікроелементів в кормових сумішах	8
4-7	Визначення вологості суміші до процесу очищення і термообробки екструдуванням з тиском	18

1	2	3
4–8	Проведення аналізу органолептичних і фізико – хімічних показників якості екструдата після термообробки	13
5–9	Обробка результатів лабораторних досліджень по всім факторам	10
5–10		
5–11		
6–12	Визначення витрат теплової енергії екструдування	8
7–13	Оформлення дипломної роботи та виконання презентаційних матеріалів та додатків	12

Відповідно до плану проведення дослідження будується сітьовий графік – графічна модель, що 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 ходом виконання роботи (рис. 6.1).

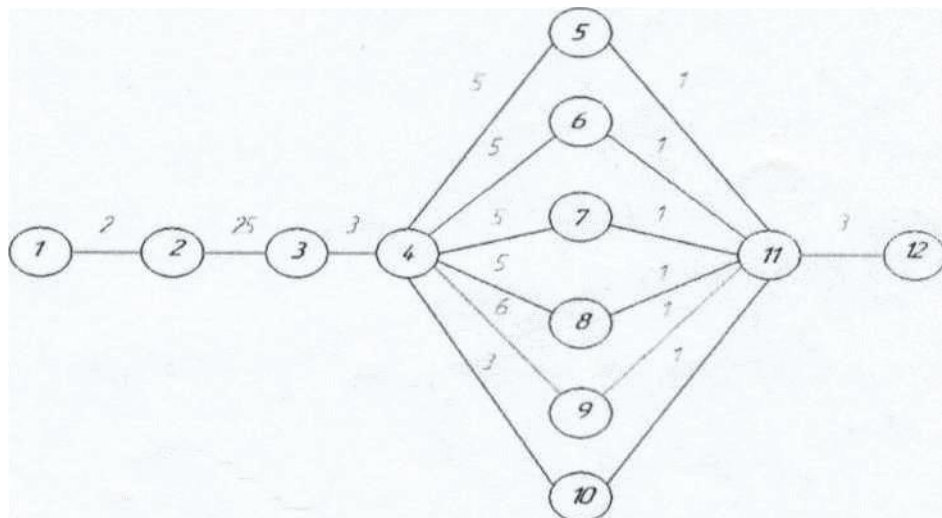


Рис. 6.1 – Сітьовий графік проведення науково–дослідної роботи

З урахуванням схеми сітьового графіка знаходимо повний шлях – тривалість послідовних робіт від початкової події до кінцевої.

$$L^1_{1-2-4-5-11-12-8}=2+14+9+8+18 = 51;$$

$$L^2_{2-3-4-6-11-12}=2+14+9+8+18+10=61;$$

$$L^3_{1-2-3-12-13} = 2+18+17+9+6+10=62;$$

$$L^4_{1-2-3-11-12-13}=2+14+9+8+18+8=59;$$

$$L^5_{1-2-3-4-9-11-12}=2+14+8+18+10=52;$$

$$L^6_{1-2-3-4-10-12-13} = 2+18+8+18+10=56.$$

Шлях, який має максимальну тривалість називають критичним. В даному випадку критичним є п'ятий шлях з тривалістю в 62 дні.

Наступний етап – розрахунок параметрів часу:

- пізній термін здійснення події ( $T^n_1$ ) – різниця між критичним шляхом та максимальним шляхом від даної події до кінцевої;

- ранній термін здійснення події ( $T^p_1$ ) – найбільший шлях від початкової до і-тої події; ранній термін здійснення кінцевої події дорівнює тривалості критичного шляху  $L_{кр} = 62$  дні.

Визначаємо резерв за формулою:

$$R_1 = T^n_1 - T^p_1, \quad (6.1)$$

де  $R_1$  – резерв шляху, днів;

$T^n_1$  – пізній термін здійснення події, днів;

$T^p_1$  – ранній термін здійснення події, днів.

Результати розрахунку представлені у табл. 6.2.

Повний резерв часу роботи – максимальна кількість часу, на який можна збільшити тривалість даної роботи, не змінюючи при цьому тривалість критичного шляху. Повний резерв часу роботи розраховують за формулою:

$$R^n_{ij} = T^n_j - T^n_i - t_{ij}, \quad (6.2)$$

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

$t_{ij}$  – загальна тривалість роботи, днів.

Таблиця 6.2. – Терміни здійснення подій (ранній та пізній) і резерв шлях

Номер події	Ранній термін здійснення події $T^p_1$ дні	Пізній 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	30	3
9	24	26	0
10	24	26	4
11	32	30	0
12	62	62	0

Резерв часу вільний – це максимальна кількість часу, на який можна збільшити тривалість робіт чи відстрочити її початок, не змінюючи при цьому ранніх термінів початку наступних робіт. Його визначають по формулі:

$$R^b_y = T^p_j - T^n_i - t_{ij}, \quad (6.3)$$

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

$T^n_i$  – пізній термін здійснення події, днів;

$T^p_j$  – ранній термін здійснення події, днів.

Коефіцієнт напруженості робіт дозволяє судити про те, наскільки вільно можна мати у своєму розпорядженні наявні резерви.

Коефіцієнт напруженості робіт розраховують за формулою:

$$K_{ij}^H = L_{\max ij} - t_{ij} / L_{\text{кр}} - t_{ij}, \quad (6.4)$$

де  $K_{ij}^H$  – довжина максимального шляху, що проходить через роботу;

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

Результати розрахунків наведені у табл. 6.3.

Отже, використання мережевого планування допомагає правильно організувати дослідження, змоделювати, проаналізувати, а також, при необхідності, перебудувати його план з метою економії часу і коштів. При складанні сітьового графіка потрібно прагнути до рівнобіжного виконання окремих робіт, що дозволяє скоротити загальний термін проведення експерименту.

Таблиця 6.3 – Результати розрахунку вільного і повного резервів часу

Шифр робіт i–j	Вільний резерв часу R <sub>в</sub> у дні	Повний резерв часу R <sub>п</sub> у; 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

Якщо проаналізувати отримані розрахункові дані, можна зробити висновок, що для виконання досліджень, передбачених планом, потрібно витратити 62 днів. Роботи критичного шляху слід виконувати своєчасно в чітко встановлені строки остільки вони не мають резерву часу і їх коефіцієнт напруженості, при цьому, відповідає найбільшому значенню.

## 6.2. Витрати, пов'язані з проведенням дослідження

Проведення досліджень потребує витрат, які визначаються за допомогою кошторису витрат. До них входять: витрати на матеріали, електроенергію, нарахування на заробітну плату, амортизацію, накладні витрати.

Витрати на основні та побічні матеріали розраховують за формулою:

$$M = \sum m_i \cdot C_i \quad . \quad (6.5)$$

де  $m_i$  – кількість витраченого  $i$ -го матеріалу;

$C_i$  – ціна одиниці  $i$ -го матеріалу, грн.

Результати розрахунку витрат на матеріали наведені в табл. 6.4.

Таблиця 6.4 – Необхідна кількість основних матеріалів та їх вартість

№ з/П	Найменування, одиниці	Ціна за одиницю, грн.	Кількість	Сума, грн.
1	Кормова суміш, кг	50,0	20,0	1000,00
2	Електроенергія для теплоносія, кВт	3,72	120,0	464,4
<b>Всього</b>				<b>1464.4</b>

Допоміжний матеріал, який приймає участь у дослідженнях, визначається множенням середньочасового заробітку працівника на кількість витраченого часу. Результати розрахунку наведені в табл. 6.5.

Таблиця 6.5 – Розрахунок витрат на заробітну плату

Виконавець	Середньомісячний заробіток, грн.	Середній заробіток одного дня, грн.	Кількість критичних днів	Сума, грн.
Керівник-дослідник	8200	341,6	62	21183,3
Всього				21183,3

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

$$H = 21183,3 \cdot 22/100 = 4660,3 \text{ грн.}$$

Визначення затрат на електроенергію, яка витратилась визначають за формулою:

$$E = M \cdot K \cdot T \cdot a, \quad (6.6)$$

де  $M$  – потужність встановленого електрообладнання, кВт;

$K$  – коефіцієнт використання потужності ( $K = 0,9$ );

$T$  – час роботи на установці, год;

$a$  – тариф за електроенергію, грн./(кВт/год.).

При проведенні дослідів застосовувались такі споживачі енергії:

– установка екструдера

– сушильна шафа

– ваги аналітичні

Витрати енергії на термообробку сої дорівнюють:

$$E_1 = 8,2 \cdot 0,9 \cdot 29,5 \cdot 1,68 = 365,75 \text{ грн.}$$

Таким чином загальні затрати електроенергії  $E = 365,75$  грн.

Витрати на амортизацію устаткування, що використовується в процесі проведення досліджень, розраховуємо за формулою:

$$A = \Phi \cdot H \cdot t / 100 \cdot 12 \quad (6.7)$$

де  $A$  – амортизаційні відрахування, грн.;

$\Phi$  – вартість устаткування, грн.;

$H$  – річна норма амортизації, %;

$t$  – тривалість проведення дослідження на устаткуванні, днів;

12 – кількість місяців у році.

Результати розрахунків витрат на амортизацію наведені в табл. 6.6.

Таблиця 6.6 – Результати розрахунків витрат на амортизацію

Устаткування	Вартість, грн.	Річна норма амортизації, %	Тривалість роботи, днів	Витрати на амортизацію, грн
Екструдерний пристрій	2800,00	20	30	46,6
Термо шафа	1400,00	20	30	23,3
Всього				69,9

Накладні витрати пов'язані з обслуговуванням та управлінням виробництвом. До них відносять: витрати на оплату праці обслуговуючого та адміністративно-управлінського персоналу. Накладні витрати, що включають витрати пов'язані з обслуговуванням установки, приймаються рівними 80 % від розрахованої заробітної плати виконавців дослідження і становлять:

$$\frac{(21183,3 \cdot 80)}{100} = 16946,6 \text{ грн.}$$

Кошторис витрат на проведення дослідження наведений в табл. 6.7.

Таблиця 6.7 – Кошторис витрат на проведення дослідження

Витрати	Сума, грн.
Основні матеріали	1464,4
Заробітна плата	21183,3
Нарахування на заробітну плату	4660,3
Електроенергія	365,75
Амортизація	69,9
Накладні витрати	16946,6
Всього	44690,25

При аналізі отриманих даних видно, що найбільшими є витрати на основні матеріали та заробітну плату.

### 6.3 Розрахунок вартості дослідження

Проведена науково–дослідна робота належить до фундаментальних досліджень, тому ціна визначалась на основі витрат на дослідження і рентабельності:

$$Ц = C + (P \cdot C) / 100 \quad (6.8)$$

де Ц – вартість дослідження, грн.

C – витрати на дослідження, грн.;

P – нормативна рентабельність (P = 30), %.

$$Ц = 44690,25 + (30 \cdot 44690,25 / 100) = 58097,32 \text{ грн.}$$

Висновки до розділу

Проведені дослідження, пов'язані з підготовкою зернової суміші та її термоекструдунні в корми показали, що був зроблений план проведення досліджень, також створено сітьовий графік, тривалість критичного шляху якого складає 62 дні. Тривалість критичного шляху не перевищує попередньо визначений термін виконання досліджень, а отже, складений сітьовий графік можна вважати реальним.

Витрати по кошторису свідчать, що найбільшу долю загальних витрат займають витрати на заробітну платню, що складають 21183,3 грн., що становить 36,4% витрат на дослідження.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Аналіз науково-практичних джерел показав, що ефективний процес виробництва харчових і кормових продуктів збалансованого складу можливо використовувати екструзію;
2. Розробка способу виробництва харчових і кормових продуктів із суміші кормового соняшникового шроту та суміші злакових культур з'являється важливою науково-технічною проблемою;
3. Експериментально досліджено процес екструзії зернової суміші і обґрунтовано вміст компонентів у зерновій суміші;
4. Проведено оцінку якості екструдованих зернових продуктів, а саме досліджено якісні показники екструдованих зернових сумішей, до яких входило дослідження фізико-хімічних властивостей зразків, аналіз якісних показників екструдату, аналіз вмісту вуглеводів в них.
5. На підставі отриманих результатів встановлено, що екструдовані зернові продукти відрізняються збалансованістю складу, мають гарні споживчі властивості й мають високу харчову цінність.
6. Для екструдера з регульованим теплопідводом оптимальними конструктивними параметрами визначено: довжина конусного шнека 1200мм, діаметр робочої камери 170 мм, технологічними режимами-обробкою при температурі 155 град.С з продуктивністю 500 кг/год;
7. Обґрунтовано параметри екструдера з матрицею та параметри шнекового екструдера для виробництва двошарових кормових і харчових продуктів з параметрами процесу 480 кг/см<sup>3</sup> тиску та обробкою при температурі 190 град.С;
8. Обґрунтовано спосіб одержання зернових екструдів та встановлено, що одним з основних вимог до екструдованих продуктів, крім високих споживчих властивостей, є збалансованість їх складу;

9. Порівняльний аналіз отриманих результатів показав, що готовий продукт має досить близьке до оптимального співвідношення вуглеводів і білка, а також багатий харчовими волокнами;

10. Запропоновані заходи до поліпшення техніко-технологічних і соціальних умов охорони праці на підприємстві.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Братерский Ф. Д., Пелевин А. Д. Оценка качества сырья и комбикормов. – М.: Колос, 1983. – 319 с.
2. Єгоров Б. В., Шаповаленко О. І., Макаринська А.В, Технологія виробництва преміксів. Підручник. – К.: Центр учбової літератури, 2007. – 288 с.
3. Демидов П. Г. Технология комбикормового производства. – М.: Колос, 1968. -224 с.
4. Кучинская З. М., Особов В. И., Фрегер Ю. Л. Оборудование для сушки, гранулирования и брикетирования кормов. – М.: Агропромиздат, 1988. – 208 с.
5. Мартыненко Я. Ф. Промышленное производство комбикормов. – М.: Колос, 1975. – 215 с.
6. 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.
7. Шклюдов В. Р. Безопасность производства процессов на комбикормовых заводах: Учебник – М.: Агропромиздат, 1990. – 160 с.
8. Машини та обладнання переробних виробництв / За редакцією проф. О. В. Дацишина. – К.: Вища освіта, 2005. – 159 с.
9. Обладнання підприємств харчової та переробної промисловості / І.С. Гулий, М.М. Пушанко, Л.О. Орлов та ін.–Вінниця: Нова Книга, 2001.– 576 с.
10. Процеси і апарати харчових виробництв: підручник / За редакцією проф. І. Ф. Анежика.- К.: НУХТ, 2003. – 400 с.
11. СОУ73.1-37-413:2006 Енергоощадність. Методика визначення енергомісткості сільськогосподарської продукції під час її зберігання та перероблення.

- 12.Соколов А. Я. Технологическое оборудование предприятий по хранению и переработке зерна. – М.: Колос, 1967. – 488 с.
- 13.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.
- 14.Агрономов Е. А. Хранение и сушка соевых бобов. – М.; Л., 1933. – 44 с.
- 15.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.
- 16.Бабич А. О. Проблема білка: сучасний стан, перспективи виробництва і використання сої // Корми і кормовиробництво. – 1992. - № 33. –С.3-13.
- 17.Горанов Х. Промышленное производство сои // Международный с. – х. журн. – 1977. – № 4. – С.37-41.
- 18.Серкл С. Д., Смит А. К., Соевые бобы: переработка и продукты // Источники пищевого белка. – М.: Колос, 1979. – С. 67-87.
- 19.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.
- 20.Нисис М. И., Гинкруг Г. Н. Справочник по технике безопасности. – К.: Будівельник, 1973. – 172 с.
- 21.Charlton S. J., Ewing W. N. The vitamins directory. – Packington.: Context Products Ltd., 2007. – 250 p.
- 22.Scott M. L., Nesheim M.G., Young R. J. Nutrition of the chicken. – 4-th edition. – Ontario, Ganada.: University books, 2001. – 591 p.
- 23.Чернобривенко С.И. Зернобобовые культуры на Украине.–К., 1947.– 156 с.

24. Brazil's Soybean Expansion Seen Shifting to New Areas // Foreign Agriculture, 1977. – v. 15. – N 12. – p. 5.
25. Мельніков В.С. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов. // Л. – Колос, 1980. – 488 с.
26. Павленко В.С. Лабораторний практикум з деталей машин та основ конструювання. / В.С. Павленко і ін. \ - К. ІСДО, 1995. – 144 с.
27. Закон України про охорону праці «345 – VI від 02.09.2008.
28. Ткачук А.В., Запашний Р.В. та ін. Навчальний посібник. Охорона праці та промислова безпека. – К. 2009.
29. Вінокурова Л.Е., Васильчук М.В., Гаман М.В. Основи охорони праці. Підручник. – К. 2001.
30. Зеркалов Д.В. Охорона праці в галузі. – К.2011.
31. Основи охорони праці: Підручник. 2-ге видання. /К.Н. Ткачук, М.О. Халімовський, В.В. Зацарний та інші. –К: Основа, 2006. – 448 с.
32. Охорона праці на малих підприємствах : Практичні поради : Посібник / під ред. М. О. Лисюка – Харків, 2005, - 60с.
33. Основи охорони праці: Підручник/. Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О. – Київ : Каравела, 2006, - 392с.
34. НПАОП 0.00-4.14-94 “Положення про опрацювання, прийняття, перегляд та скасування державних міжгалузевих і галузевих нормативних актів про охорону праці”, затверджений наказом Держнаглядохоронпраці України 16.03.1994 р. №19, зареєстрований в Мін’юсті України 12.05.1994р. №94/303;
35. НПАОП 0.00-4.15-98 “Положення про розробку інструкцій з охорони праці”, затверджений наказом Держнаглядохоронпраці України 29.01.98 №9, зареєстрований в Мін’юсті України 07.04.1998 р. №226/2666.

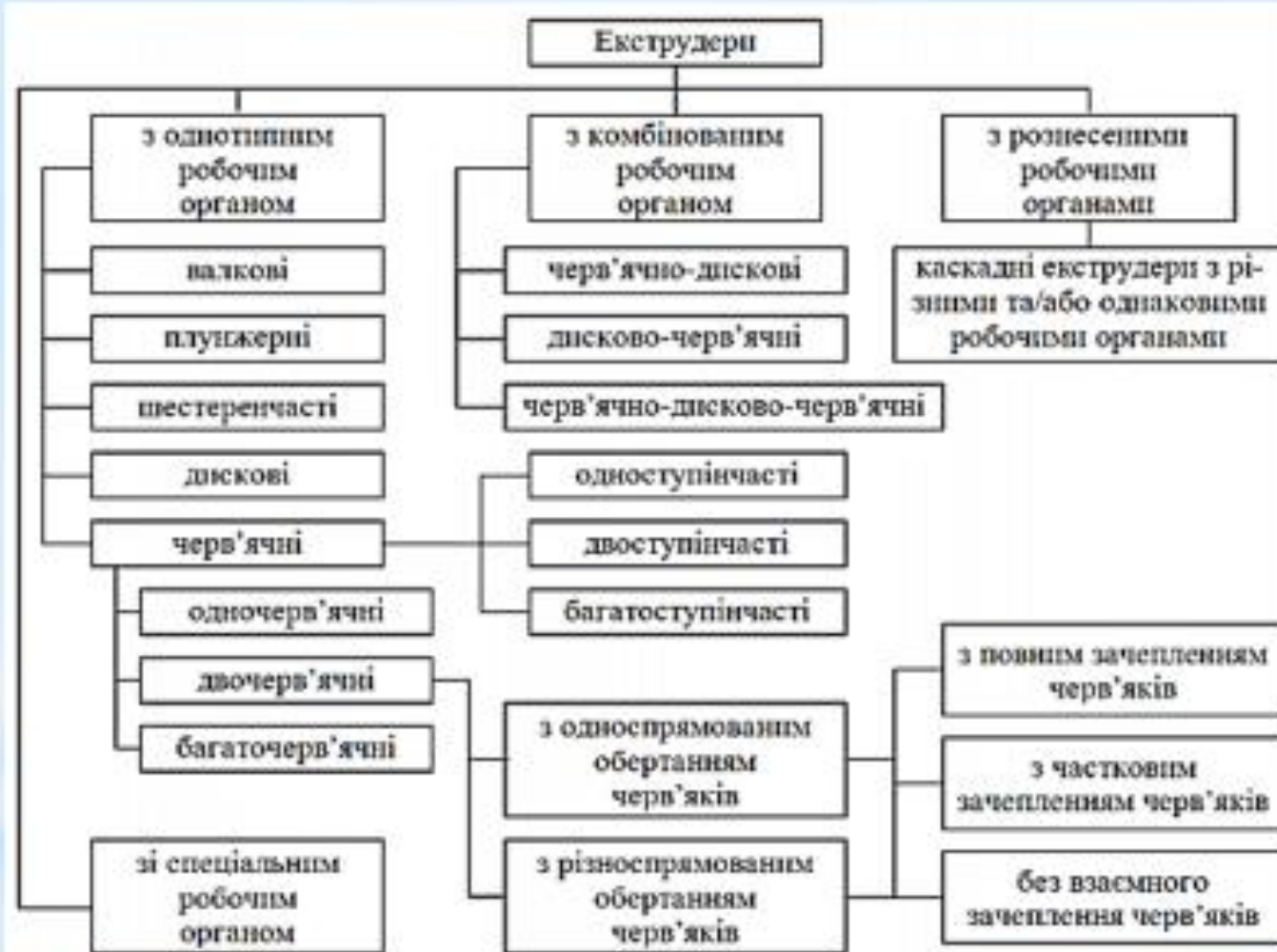
# ДОДАТКИ

**\* Обґрунтування процесу та  
оптимізація режимів  
обробки зернових  
кормових сумішей  
екструдкуванням**

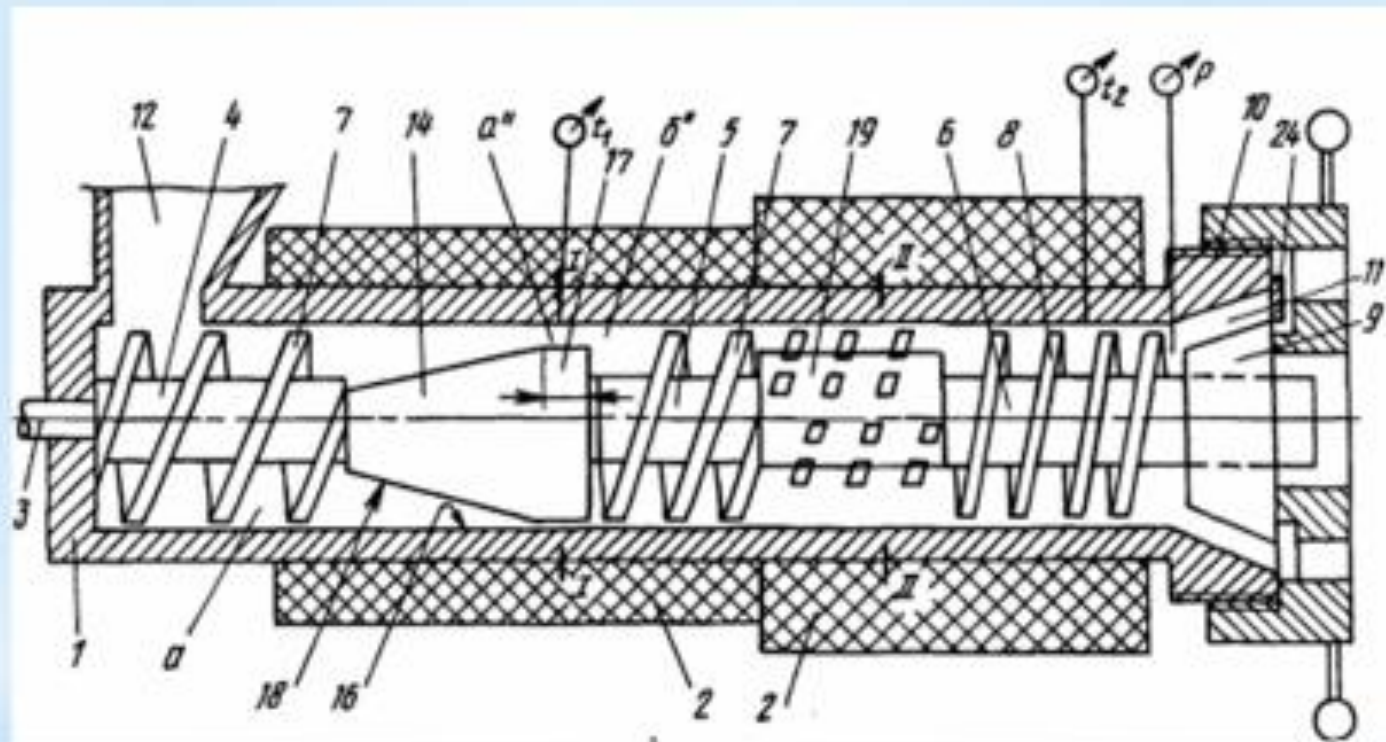
Виконавець студент 2 курсу, групи МгХТ-1-19  
за спеціальністю 181 "Харчові технології"

Шапошніков М.Л.

- \* Актуальність дослідження обґрунтована необхідністю збагачення кормів для поросят натуральними біологічно-активними добавками для забезпечення життєвої стабільності птахів та тварин.
- \* Об'єкт дослідження - склад, структурно - механічні властивості зернової суміші та технологічні режими її обробки.
- \* Предмет дослідження є закономірності трансформації зернової суміші в екструдовані продукти робочими органами пристроїв в оптимальних режимах обробки.
- \* Суб'єктом дослідження з'являється елеватор з цехами комбікормовому виробництва.
- \* Метою дослідження є обґрунтування процесу екструдування зернових сумішей та визначення оптимальних режимів обробки.
- \* Наукова новизна одержаних результатів пов'язана з визначенням складу зернових сумішей і відповідно знайденням конструктивних і режимних параметрів пристроїв для її обробки.
- \* Практичне значення одержаних результатів полягає в можливості передачі виробництву технологічних рекомендацій обробки зернової суміші.
- \* Апробація роботи здійснена участю в міжнародній конференції Таврійського агротехнологічного університету та публікацією тезисів за проблемою.



\* Класифікація конструкцій одношнекових пресувальних механізмів



\* Шнековий екструдер для переробки зернових сумішей



\* Экструдеры «Insta-  
Pro»

Экструдеры «BUHLER»  
а) BASH; б) BASL





\* Класифікація екструдованих продуктів

Найменування показника	Чеченська	Рисова група	Синцирковий шрот
Масова частка, г/100 г			
- Води	14,0	14,0	9,45
- Білку	24,0	7,0	38,2
- Жирю	1,1	1,0	2,5
- вуглеводів, з них:	56,8	76,9	38,25
- крохмалю	39,8	70,7	24,65
- не засвоєння	13,1	1,1	18,5
Зола, мг/100 г	2,7	0,7	6,7
Вміст мінеральних речовин, мг/100 г			
- натрій	55	12	370
- калій	672	100	1495
- кальцій	83	8	848
- магній	80	50	732
- фосфор	390	150	1224
- залізо	11,8	1	141
Вміст вітамінів, мг/100 г			
- В <sub>1</sub>	0,50	0,08	2,00
- В <sub>2</sub>	0,21	0,04	0,21
- РР	1,80	1,60	-
Енергетична цінність, кДж/100 г	1439,7	1489,4	1419,0

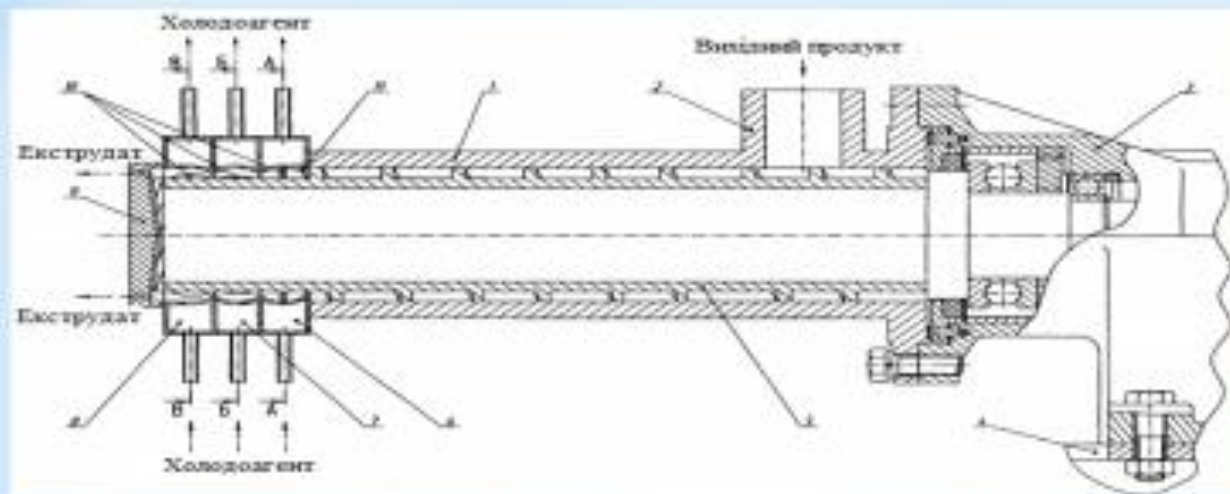
**\*Хімічний склад і енергетична цінність компонентів суміші**

- \* Метою дослідження є: обґрунтування процесу екструдювання зернових сумішей та визначення оптимальних режимів обробки.
- \* На основі виконаного аналізу й відповідно до поставленої мети, визначимо наступні основні завдання роботи:
- \* обґрунтувати вибір рецептурного складу суміші для виробництва збалансованого зернового продукту;
- \* дослідити основні закономірності процесу екструзії зернової суміші; вибір раціональних параметрів процесу екструзії суміші на одношнековому екструдері;
- \* визначити кормову та енергетичну цінність екструдованої зернової суміші;
- \* обґрунтувати конструкційні параметри екструдерів в технології;
- \* обґрунтувати спосіб виробництва зернових сумішей;
- \* на основі експериментальних досліджень знайти оптимальні закономірності процесу.

- \* Програма досліджень передбачала проведення експериментів по кінетиці екструдювання зі зволоженням, яке передбачає введення рідких у вигляді меляси та тих процесів теплообміну, які відбуваються при цьому.
- \* Визначені режими термообробки на показники якості екструдованих продуктів.
- \* Визначені режими термообробки на білковий комплекс кінцевих харчових і кормових продуктів.
- \* Визначено вплив режимів зернової суміші на ліпідний комплекс та мікробіологічні показники екструдювання готових продуктів.
- \* Для розробки складу комбінованої суміші використовувалася наступна методика розрахунків.
- \* На першому етапі вибираються компоненти суміші, визначається їхній хімічний і амінокислотний склад. Потім, по наведеному нижче алгоритму розраховуються критерії оптимізації, по яких вибирається найкраща комбінація компонентів суміші.
- \* 1. Вносимо в розроблену програму дані по використовуваних компонентах (табл. 1.1 і 1.2).
- \* 2. Задаючись величинами здійснюємо розрахунок вмісту -ої незамінної амінокислоти в суміші, мг/г білка

Найменування показника	Зернова суміш	Екструдат
Масова частка, г/100 г		
- води	13,5	9,0
- білку	17,74	17,58
- жиру	1,20	1,23
- вуглеводів, в тому числі:	63,76	66,46
- крохмалю	51,2	49,8
- клітковини	3,8	3,8
Зола, мг/100 г	2,20	3,34
Вміст мінеральних речовин, мг/100 г		
- натрій	70	70
- калій	500	400
- кальцій	200	110
- магній	138	120
- фосфор	670	660
- залізо	21	21
Вміст вітамінів, мг/100 г		
- В <sub>1</sub>	0,47	0,31
- В <sub>2</sub>	0,13	0,09
- РР	1,31	1,21
Енергетична цінність, кДж/100 г	1455	1500

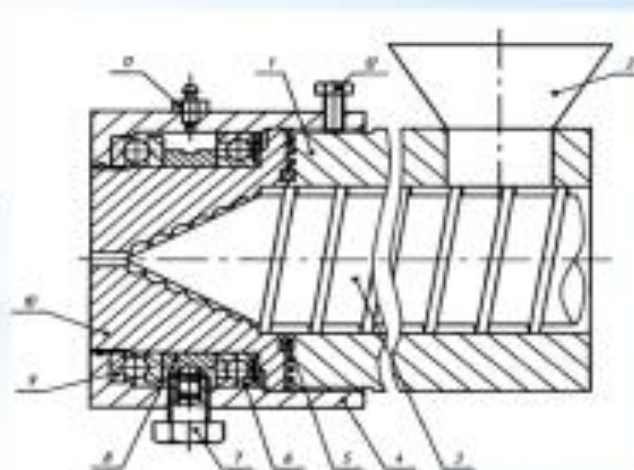
Хімічний склад і енергетична цінність зернової суміші й екструдата

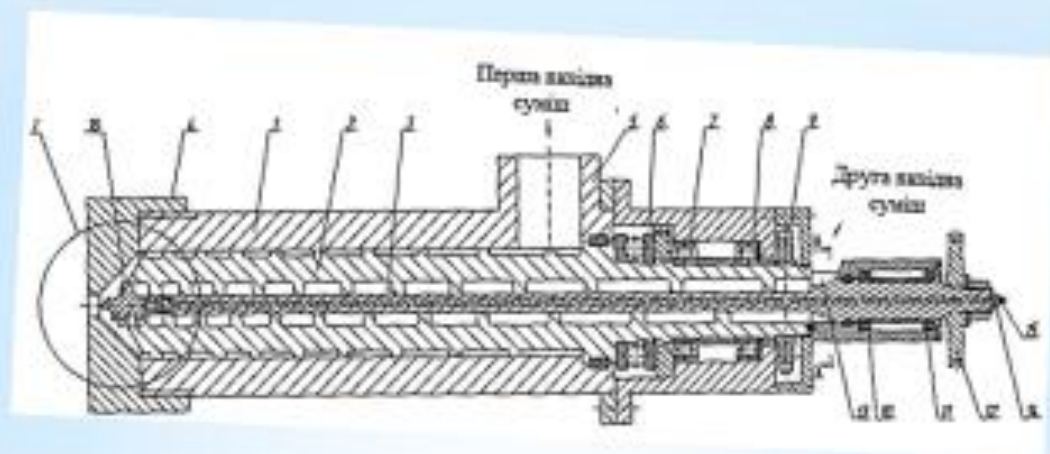


• **Екструдер з регульованим теплопідводом**

1 - корпус; 2 - завантажувальний патрубок; 3 - привід; 4 - станина; 5 - шнек; 6, 7, 8 - камери охолодження; 9 - матриця; 10 - похилі лопатки овальної форми; 11 - сполучний отвір

Екструдер з матрицею, що гасить пульсації тиску  
 1 - корпус; 2 - завантажувальний пристрій; 3 - шнек; 4 - гільза; 5 - чепцеве ущільнення; 6, 9 - підшипники; 7 - притискний пристрій; 8 - втулка; 10 - формувальна головка; 11 - маслянка; 12 - стопорний болт.





\* Шнековий екструдер для виробництва двошарових продуктів

\* Гомогенізація відбувається перетворенням розм'якшених гранул в однорідний розплав за рахунок зростання тиску до 480 кг/куб.см, збільшення температури до 190град.С.

- \* На основі проведеного аналізу та виявлених недоліків охорони праці на рекомендуємо наступні заходи поліпшення умов праці:
- \* - здійснення конструктивних рішень та заходів, що забезпечують на діючому устаткуванні виключення або зниження до регламентованих рівнів шуму, вібрації, випромінювань та інших факторів.
- \* упровадження устаткування та пристроїв, які забезпечують застосування безпечної напруги до 12 В – у приміщеннях особливо небезпечних та до 42 В – у приміщеннях із підвищеною небезпекою ураження електричним струмом;
- \* заходи щодо розширення, реконструкції санітарно-побутових приміщень, їх додаткове обладнання;
- \* улаштування кабінетів і куточків з охорони праці;
- \* Забезпечення захистними парканами зони розвантаження екструдата з фільтер робочих органів так як екструдовані корми мають температуру більше 100 °С.

Шифр робіт i-j	Найменування робіт	Тривалість робіт $t_{op}$ днів
1	2	3
1-2	Вибір направленості теми роботи	2
2-3	Обробка літературних та патентних джерел за визначеною темою та підготовка аналізу	14
3-4	Планування досліджень та вибір методик для проведення досліджень	9
4-5	Проведення аналізу фізико-механічні і біологічних властивостей суміші перед обробкою	7
4-6	Визначення властивостей компонентів та їх вплив на показники мікроелементів в кормових сумішах	8
4-7	Визначення вологості суміші до процесу очищення і термообробки екструдуюванням з тиском	18

План проведення досліджень по підготовці зернової суміші та компонентів до екструдуювання

#### \* ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

- \* 1. Аналіз науково-практичних джерел показав, що ефективний процес виробництва харчових і кормових продуктів збалансованого складу можливо використовувати екструзію;
- \* 2. Розробка способу виробництва харчових і кормових продуктів із суміші кормового соняшникового шроту та суміші злакових культур з'являється важливою науково-технічною проблемою;
- \* 3. Експериментально досліджено процес екструзії зернової суміші і обґрунтовано вміст компонентів у зерновій суміші;
- \* 4. Проведено оцінку якості екструдованих зернових продуктів, а саме досліджено якісні показники екструдованих зернових сумішей, до яких входило дослідження фізико-хімічних властивостей зразків, аналіз якісних показників екструдату, аналіз вмісту вуглеводів в них.
- \* 5. На підставі отриманих результатів встановлено, що екструдовані зернові продукти відрізняються збалансованістю складу, мають гарні споживчі властивості й мають високу харчову цінність.
- \* 6. Для екструдера з регульованим теплопідводом оптимальними конструктивними параметрами визначено: довжина конусного шнека 1200мм, діаметр робочої камери 170 мм, технологічними режимами- обробкою при температурі 155 град.С з продуктивністю 500 кг/год;
- \* 7. Обґрунтовано параметри екструдера з матрицею та параметри шнекового екструдера для виробництва двошарових кормових і харчових продуктів з параметрами процесу 480 кг/см<sup>3</sup> тиску та обробкою при температурі 190 град.С;
- \* 8. Обґрунтовано спосіб одержання зернових екструдів та встановлено, що одним з основних вимог до екструдованих продуктів, крім високих споживчих властивостей, є збалансованість їх складу;
- \* 9. Порівняльний аналіз отриманих результатів показав, що готовий продукт має досить близьке до оптимального співвідношення вуглеводів і білка, а також багатий харчовими волокнами;
- \* 10. Запропоновані заходи до поліпшення техніко-технологічних і соціальних умов охорони праці на підприємстві.

**\* Дякую за  
увагу!**

## МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

Український проект бізнес-розвитку плодоовочівництва

Громадська організація "Інтеркультурне гастрономічне коло"



# НОВАЦІЇ В ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННІ ГОТЕЛЬНО-РЕСТОРАННИХ, ХАРЧОВИХ І ПЕРЕРОБНИХ ВИРОБНИЦТВ

Матеріали міжнародної науково-практичної інтернет-конференції

24 листопада 2020 року

UHVDP  
agro MEDIA  
Міжнародна Інтернет-Конференція  
Canada

Мелітополь

## МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного



Український проєкт бізнес-розвитку плодоовочівництва



Громадська організація «Інтеркультурне гастрономічне коло»



Кафедра обладнання  
переробних і харчових  
виробництв імені  
професора  
Ф.Ю. Ялпачика



Кафедра харчових  
технологій та готельно-  
ресторанної справи

## НОВАЦІЇ В ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННІ ГОТЕЛЬНО-РЕСТОРАННИХ, ХАРЧОВИХ І ПЕРЕРОБНИХ ВИРОБНИЦТВ

### *Матеріали*

*міжнародної науково-практичної інтернет-конференції*

*24 листопада 2020 року*

Мелітополь  
2020

УДК [640.4+664].001.76

T 13

**Новації в технології та обладнанні готельно-ресторанних, харчових і переробних виробництв:** міжнародна науково-практична інтернет-конференція, 24 листопада 2020 р. : [матеріали конференції] / під заг. ред. В.М. Кюрчева. – Мелітополь : ТДАТУ, 2020. – 286 с.

У матеріалах міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Новація в технології та обладнанні готельно-ресторанних, харчових і переробних виробництв», організованої Таврійським державним агротехнологічним університетом імені Дмитра Моторного, розглянуто проблеми та перспективи розвитку обладнання харчових виробництв, інноваційні підходи та креативні рішення у формуванні технічного оснащення підприємств готельно-ресторанної індустрії, питання вдосконалення процесів і технологій переробки сільськогосподарської сировини.

Збірник розрахований на наукових та практичних працівників, викладачів вищої школи, аспірантів, магістрантів та студентів закладів вищої освіти, що здійснюють підготовку фахівців для харчової та переробної промисловості, торгівлі, ресторанного, готельного та туристичного господарств.

Відповідальність за зміст наданих матеріалів, точність наведених даних та відповідність принципам академічної доброчесності несуть автори. Матеріали видані в авторській редакції.

**Редакційна колегія:** *Кюрчев В.М.*, д.т.н., проф., член-кореспондент НААН України, ректор Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного; *Надикто В.Т.*, д.т.н., проф., член-кореспондент НААН України, проректор з наукової роботи та міжнародної діяльності ТДАТУ; *Самойчук К.О.*, д.т.н., доц., завідувач кафедри обладнання переробних і харчових виробництв імені професора Ф.Ю. Ялпачика ТДАТУ; *Прісс О.П.*, д.т.н., проф., завідувач кафедри харчових технологій та готельно-ресторанної справи ТДАТУ; *Кюрчев С.В.*, д.т.н., проф. кафедри технології конструкційних матеріалів, декан механіко-технологічного факультету ТДАТУ; *Іванова І.Є.*, к.т.н., доцент кафедри плодоовочівництва, виноградарства і біохімії, декан факультету агротехнологій та екології ТДАТУ; *Ялпачик В.Ф.*, д.т.н., проф. кафедри обладнання переробних і харчових виробництв імені професора Ф.Ю. Ялпачика ТДАТУ

*Адреси для листування:*

*72310, Україна, Запорізька обл., м. Мелітополь, пр. Б. Хмельницького, 18*

*E-mail: [ophv@tsatu.edu.ua](mailto:ophv@tsatu.edu.ua)*

*Сайт конференції: <http://www.tsatu.edu.ua/ophv/mizhnarodna-naukovo-praktychna-internet-konferencija/>*

© Автори тез, включені до збірника, 2020

© Таврійський державний агротехнологічний університету імені Дмитра Моторного, 2020

## ЗМІСТ

стор.

**СЕКЦІЯ 1. ТЕНДЕНЦІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ  
ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ І ПЕРЕРОБНИХ ВИРОБНИЦТВ**

<i>1. Науменко О.П., Зубенко А.В., Науменко О.О., Прокопенко Ю.Є.</i> Доцільність створення мобільного модулю переробки фруктово-овочевої сировини у сухий напівфабрикат	9
<i>2. Самойчук К.О., Паляничка Н.О.</i> Комп'ютерне моделювання при дослідженні процесу гомогенізації молока	12
<i>3. Лубешко А.О., Литвиненко О.А.</i> Перспективне обладнання для деалкоголізації пива	15
<i>4. Стадник І.Я., Пилипець О.М., Коломісць О.М.</i> Вплив невідомих значень дії сил тертя на розрахунок потужності змішування	17
<i>5. Доценко Н.А., Горбенко О.А., Бацуровська І.В.</i> Аналіз тенденцій розвитку процесу віджимання рослинної олії	21
<i>6. Чурсінов Ю.О., Донець Д.П., Шапошиников М.Л., Ткаченко Т.В., Кордюкова В.С.</i> Дослідження процесів пресування та екструдуювання рослинних матеріалів та зернових сумішей	25
<i>7. Дударев І.М., Ольховський В.О.</i> Обґрунтування конструкції зернового сепаратора ножичного типу	27
<i>8. Червоний В.М., Горбенко В.І., Постнов Г.М.</i> Шляхи підвищення ресурсо- і енергоефективності роботи закладів ресторанного господарства	30
<i>9. Бойко В.С., Тарасенко В.Г.</i> Обробка харчових продуктів методом надвисокого тиску	32
<i>10. Олексієнко В.О., Петриченко С.В.</i> Вплив зношування молотків зернової дробарки на ефективність процесу подрібнення	35
<i>11. Самойчук К.О., Ковальов О.О.</i> Визначення координат зони подачі вершків у струминному гомогенізаторі молока з роздільною подачею жирової фази	37
<i>12. Ткаченко Г.В., Улянич І.Ф.</i> Результати випробувань зерносушарки brice-backer з рекуперацією на комбінованих видах палива	40
<i>13. Тарасенко В.Г., Бойко В.С.</i> Машинно-апаратне оснащення процесів обробки продуктів надвисоким тиском	43
<i>14. Самойчук К.О., Ковальов О.О.</i> Підвищення енергоефективності гомогенізації при використанні струминно-щілинного диспергатора молока	46
<i>15. Дмитревський Д.В., Дое Д.Б., Собокар П.О.</i> Використання мембранної технології під час обробки харчових напоїв	49
<i>16. Самойчук К.О., Лебідь М.Р.</i> Аналіз конструкції клапанного гомогенізатора	51
<i>17. Ковальов О.О., Колодій О.С.</i> Експериментальне визначення коефіцієнту витрат струминних диспергаторів жирової фази молока	53

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ПРЕСУВАННЯ ТА ЕКСТРУДУВАННЯ  
РОСЛИННИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ЗЕРНОВИХ СУМІШЕЙ**

**Чурсінов Ю.О.**, доктор техн. наук, проф.,  
**Донець Д.П.**, магістрант,  
**Шапошников М.Л.**, магістрант,  
**Ткаченко Т.В.**, магістрант,  
**Кордюкова В.С.**, магістрант

*Дніпровський державний аграрно – економічний університет*

В технологіях переробки зелених рослин для виробництва біологічно – активних добавок, та в процесах екструдювання зернових сумішей, загальними з'являються процеси подрібнення та пресування матеріалів.

У першому випадку при переробці зелених рослин в соки і біологічно – активні добавки, необхідні процеси подрібнення сировини та її відпресовування з метою отримання рідкої фракції – соку та твердої – віджимок.

Такі два процеси одночасно може зробити такий пристрій як екструдер, за рахунок особливості шнекового робочого органна, спеціального нерухомого корпусу та проти дії тиску філь'єри.

У другому випадку, при переробці зернових сумішей такий пристрій в змозі трансформувати зернову сировину в тістоподібну масу і потім під тиском видавлювати її через філь'єру з метою отримання в зіваного екструдюваного продукту.

В дослідженнях нами як для переробки зелених рослин, та і для зернової сировини, проходили випробування різні пресувальні пристрої, з різними робочими органами та з різною схемою впливу на перероблений матеріал. Досліджувались різні умови контактування робочих поверхонь пристроїв безпосередньо з переробленим матеріалом, з метою знаходження найбільш ефективної дії, як з показником якості обробки, так і з позиції енергонасиченості процесу.

Встановлено, що валкові робочі пари при обробці рослин, за рахунок контактного короткочасного тиску не в змозі провести ефективно відділення соку, а при переробці зернової сировини спостерігається велика крихкість зернових частинок.

Найбільш раціональним між валковим процесом обробки і екструдюванням, нами визначена можливість переробки вказаних різнопланових видів сировини крім одношнекових в двошнекових робочих органах, які в змозі забезпечувати поступове заповнення робочого простору між шнеками, плавне збільшення тиску, одночасно з пресуванням сировини по ходу технологічного процесу і досягнення максимального тиску на виході з пресу.

Тому оцінювання описаних способів обробки різної сировини з можливістю знайдення універсального методу обробки двошнековими

---

пристроями, на наш погляд може виявити значний інтерес і допоможе знайти раціональні конструктивні і режимні параметри.

Література:

1. Identification of patterns in the production of a biologically-active component for food products / O. Kovaliova, Yu. Tchursinov, V. Kalyna, V. Koshulko, E. Kunitsia, A. Chernukha, O. Bezuglov, O. Bogatov, D. Polkovnychenko, N. Grigorenko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2/11 ( 104 ) 2020. P.61-68. DOI: <http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2020.200026>.

2. Машини та обладнання переробних виробництв. / За редакцією проф. О.В. Дацишина. – К. Вища освіта, 2005. – 159с.