

Міністрство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Інженерії машин, споруд та технологій  
(повна назва факультету)  
Технічної механіки та сільськогосподарських машин  
(повна назва кафедри)

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Обґрунтування параметрів обладнання індивідуального підприємства для виготовлення ковбасних виробів

Виконав (ла) студента (ка) 6 курсу групи МСМ-61  
спеціальності \_\_\_\_\_

133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва спеціальності)

Борис І.І.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Довбуш Т.А.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Сташків М.Я.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

Бабій А.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль  
2022

Міністерство освіти і науки України  
**Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя**

Факультет Інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра Технічної механіки та сільськогосподарських машин

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Бабій А.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«    »

20\_\_ р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва спеціальності)

студенту Борис Ірині Ігорівній

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Обґрунтування параметрів обладнання індивідуального підприємства для виготовлення ковбасних виробів

Керівник роботи Довбуш Тарас Анатолійович, к.т.н., доцент

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

Затверджені наказом ректора від « 01 » листопада 2022 року № 4/7-872

2. Термін подання студентом завершеної роботи грудень 2022 року

3. Вихідні дані до роботи вага необхідного фаршу: для дрібного помолу – 120 кг; середнього помолу – 120 кг; грубого помолу – 360 кг.

4. Змість роботи (перелік питань, які необхідно розробити)

Реферат Вступ. 1. Аналіз особливостей об'єкту проектування .

2. Обґрунтування параметрів об'єкту розробки.

3. Дослідження продуктивності вовчка ЛПК-1600в в залежності від його комплектації та технологічного процесу подрібнення

4. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях. Загальні висновки.

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

1. Схеми технологічного процесу виробництва ковбасних виробів (1А1). 2. Шприц (1А1).

3. Фаршмішалка (1А1). 4,5. Вовчок ЛПК-1600В. Складальне креслення (2А1).

6. Деталювання складових елементів Вовчок ЛПК-1600В (1А1). 7. Графіки досліджень (1А1).

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці та	Окіпний І.Б., зав.каф. МП		
Безпека у надзвичайних ситуаціях	Стручок В.С., ст. викл.		

7. Дата видачі завдання

01 листопада 2022 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз особливостей об'єкту проектування	до 8.11.22	
2	Обґрунтування параметрів об'єкту розробки	до 25.11.22	
3	Дослідження продуктивності вовчка ЛПК-1600В в залежності від його комплектації та технологічного процесу подрібнення	до 8.12.22	
4	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	до 10.12.22	
5	Реферат. Вступ. Загальні висновки.	до 13.12.22	
6	Графічна частина. Специфікації.	до 13.12.22	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпи)

Борис І.І.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Довбуш Т.А.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

**Автор роботи** – Борис Ірина Ігорівна

**Тема роботи** – «Обґрунтування параметрів обладнання індивідуального підприємства для виготовлення ковбасних виробів».

Робота виконана на кафедрі технічної механіки та сільськогосподарських машин Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

**Керівник роботи** – Довбуш Тарас Анатолійович, кандидат технічних наук, доцент кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин.

**Структура роботи.** Робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків, переліку посилань (37 найменувань), 4 додатки. Загальний обсяг текстової частини – 76 сторінок, на яких є 31 рисунок, 2 таблиці. Додатки розміщені на 10 сторінках. Графічна частина складається з 7 аркушів формату А1.

### **Актуальність теми роботи**

В процесі виробництва ковбасних виробів значну роль відіграє технологія виготовлення та правильно підібране обладнання. Критеріями для вибору обладнання слугують технічні характеристики та параметри такі, як продуктивність та ступінь подрібнення сировини. Усі ці показники впливають на кінцеву якість продукту.

У даній дипломній роботі досліджено та обґрунтовано параметри обладнання для виробництва ковбасних виробів. Для вовчка ЛПК-1600В розраховано продуктивність у відповідності до обраного процесу подрібнення.

Проаналізована залежність часу подрібнення від діаметру отворів в решітках для різних видів помолу. Розраховані потужності вовчка та фаршмішалки для вибраного режиму роботи цеху. В процесі досліджень обґрунтовано параметри вовчка та фаршмішалки, які впливають на процес виробництва на індивідуальному підприємстві.

## **Мета роботи**

Дослідити процес виготовлення ковбасних виробів та визначити вплив параметрів необхідного обладнання для одержання певної кількості готової продукції.

## **Завдання дипломної роботи магістра:**

- проаналізувати обладнання для подрібнення м'яса;
- проаналізувати обладнання для перемішування і формування м'ясних виробів;
- проаналізувати обладнання для варіння, запікання й охолодження м'ясопродуктів;
- проаналізувати обладнання для копчення м'ясопродуктів;
- обґрунтувати технологічну схему та обладнання лінії цеху для приготування м'ясопродуктів обсягом 600 кг на добу;
- розрахувати параметри обладнання для подрібнення м'яса;
- розрахувати параметри обладнання для приготування фаршу;
- дослідити вовчок ЛПК-1600В в залежності від продуктивності та технологічного процесу подрібнення;
- дослідити зміну часу роботи вовчка від кількості отворів в решітці для різних видів помолу;
- провести аналітичне дослідження якості фаршу;
- розробити загальні вимоги техніки безпеки на м'ясопереробних підприємствах;
- розробити загальні вимоги санітарії на м'ясопереробних підприємствах;
- проаналізувати надзвичайні ситуації воєнного часу.

## **Об'єкт, методи та джерела дослідження**

*Об'єкт дослідження.* Обладнання для виготовлення ковбасних виробів (вовчок, фаршмішалка, шприц та ін.). Креслення апаратів та технологічно-структурні схеми процесу виробництва.

*Предмет дослідження.* Параметри, які впливають на продуктивність та якість виготовлення необхідної кількості продукції.

*Методи дослідження.* Аналітичні розрахунки параметрів обладнання, визначення параметрів для ритмічної роботи цеху виготовлення ковбасних виробів.

### **Наукова новизна отриманих результатів.**

Отримано числові значення параметрів складових частин агрегатів, які є оптимальними для запланованого процесу виготовлення ковбасних виробів.

### **Практичне значення отриманих результатів.**

Отримані результати дозволять покращити та оптимізувати процес виробництва ковбасної продукції, спростити підбір обладнання та підвищити продуктивність технологічної лінії для виробництва комерційної продукції в малому та середньому бізнесі з виготовлення ковбасних виробів.

### **Апробація.** Участь у :

II Міжнародна студентська науково - технічна конференція «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання» (Тернопіль, ТНТУ, 25-26 квітня 2019 року).

III Міжнародна студентська науково-технічна конференція «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання» (Тернопіль, ТНТУ, 23-24 квітня 2020 року).

IV Міжнародна студентська науково-технічна конференція «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання» (Тернопіль, ТНТУ, 28-29 квітня 2021 року).

Матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» - Тернопіль 24-25 листопада 2021 року.

**Ключові слова:** фаршмішалка, м'ясопродукти, ковбасні вироби, шприц, вовчок, лопать, шнек, ніж, решітка.

## ЗМІСТ

	Стр.
ВСТУП .....	9
1. АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ .....	10
1.1. Огляд обладнання для подрібнення м'яса .....	10
1.2. Вовчки для подрібнення м'яса.....	11
1.3. Кутери для подрібнення м'яса.....	15
1.4. Обладнання для перемішування і формування м'яса.....	18
1.5. Обладнання для формування м'ясних виробів.....	21
1.5.1. Шприци.....	22
1.5.2. Автомати для формування ковбас.....	25
1.6. Обладнання для теплового оброблення м'яса.....	26
1.6.1. Обладнання для варіння, запікання й охолодження м'ясопродуктів.....	26
1.6.2. Обладнання для копчення м'ясопродуктів.....	28
1.7. Обґрунтування теми дипломної роботи.....	33
2. ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТУ РОЗРОБКИ .....	34
2.1. Обґрунтування технологічної схеми та обладнання лінії цеху для приготування м'ясопродуктів обсягом 600 кг на добу.....	34
2.2. Обґрунтування параметрів обладнання для подрібнення м'яса .....	39
2.3. Обґрунтування параметрів обладнання для приготування фаршу.....	47
3. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ВОВЧКА ЛПК-1600В В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ЙОГО КОМПЛЕКТАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ.....	53
3.1. Структурно-механічні характеристики вовчка.....	53

3.2.	Дослідження зміни часу роботи вовчка від кількості отворів в решітці для різних видів помолу .....	55
3.3.	Аналітичне дослідження якості фаршу .....	57
4.	<b>ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....</b>	<b>62</b>
4.1.	Загальні вимоги безпеки на м'ясопереробних підприємствах..	62
4.2.	Загальні вимоги санітарії на м'ясопереробних підприємствах..	65
4.3.	Надзвичайні ситуації воєнного часу.....	67
	<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....</b>	<b>72</b>
	<b>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....</b>	<b>73</b>
	<b>ДОДАТКИ.....</b>	<b>78</b>



## ВСТУП

Сучасне м'ясопереробне виробництво складається з різноманітних технологічних процесів та спеціалізованого обладнання, що використовується для їх реалізації. Обладнання обирають на основі різних технологічних критеріїв, основним з яких є енергоефективність. Для досягнення прогресу в м'ясній та м'ясопереробній промисловості необхідним є впровадження інноваційних технологій та відповідних засобів виробництва.

Ковбасне виробництво є однією з основних галузей м'ясної промисловості.

Ковбасні вироби – це продукти, в яких свіже подрібнене м'ясо модифіковане різними способами обробки для надання бажаних органолептичних і споживчих властивостей. Ковбасні вироби є одним з найдавніших видів переробки м'яса і сучасна технологія виробництва ковбас має глибоке історичне коріння.

Поряд з подрібненням сировини, наповненням оболонок та термічною обробкою, перемішування фаршу є однією з основних технологічних операцій ковбасного виробництва, яка значною мірою визначає належну якість готового продукту. Найпоширенішим спеціалізованим м'ясопереробним обладнанням є вовчки, кутери, фаршмішалки, фаршесмішувачі, шприци, обладнання для теплового оброблення м'яса, обладнання для копчення м'ясопродуктів.

Подрібнення - це процес розділення м'ясної сировини під механічною дією ріжучих інструментів з утворенням нових поверхонь. Різання супроводжується пластичною деформацією, тертям між контактуючими поверхнями м'яса та різальних інструментів і підвищенням їх температури.

У ковбасному виробництві переважно застосовують тонке, дрібне і середнє подрібнення, що характеризується подрібненням м'ясної сировини з метою перетворення її в однорідну масу.

# 1. АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ

## 1.1. Огляд обладнання для подрібнення м'яса

Машинна переробка м'яса поєднує кілька технологічних операцій. Перша з них – подрібнення.

Виконують його переробкою м'ясної сировини під дією механічних сил.

Подрібнення відбувається різними способами: стиранням, роздавлюванням, ударом, розколюванням і різанням.

Під час подрібнення м'ясо поділяють на дрібні частинки. Розмір шматків м'яса може змінюватися від 300 мм до колоїдного розміру – 0,001 мм [21, 23, 24, 28, 30, 31, 35].

Класифікація способів подрібнення м'яса [19, 20, 28, 30, 31, 35]

### 1. Велике:

- до подрібнення – 300 мм;
- після подрібнення – 100 мм;

### 2. Середнє:

- до подрібнення – 200 мм;
- після подрібнення – 60...10 мм;

### 3. Дрібне:

- до подрібнення – 200...100 мм;
- після подрібнення – 10...2 мм;

### 4. Тонке:

- до подрібнення – 10...2 мм;
- після подрібнення – 2,0...0,4 мм;

### 5. Надтонке (колоїдний розмел):

- до подрібнення – 2,0...0,4 мм;
- після подрібнення –  $75 \cdot 10^{-3} \dots 1 \cdot 10^{-3}$  мм;

Подрібнення м'яса і м'ясних продуктів здійснюється машинами періодичної, безперервної і напівбезперервної дії.

Відповідно до розміру подрібнених частин на виході обладнання для подрібнення м'ясних продуктів діляться на обладнання яке забезпечує тонке, дрібне, середнє та велике подрібнення [5, 28, 35].

Обладнання великого ступеня подрібнення це обладнання для відокремлення частин тіла розрізаних туш. Також воно застосовується для пластування з обвалюванням м'яса, а також воно знімає шкурки розміщені на шпику.

Обладнання середнього ступеня подрібнення: обладнання для блоків що заморожені, сировини з високим вмістом жиру та сировини високої м'якості.

Обладнання дрібного ступеня подрібнення: апарати для подрібнення м'ясних продуктів. ( до них відносять вовчки та кутери)

Обладнання для тонкого ступеня подрібнення: до них відносять млини, які перемелюють фарш.

## **1.2. Вовчки для подрібнення м'яса**

Вовчки, ( рис. 1.1 – 1.3) це апарати, що здатні подрібнювати морожені та не морожені шматки м'яса, продукцію, що містить у собі жир та іншу сировину.

Простота виконання живильного пристрою це висока продуктивність, надійність в роботі, зручність в експлуатації. Все це відноситься до переваг вовчків.

Вовчки повинні відповідати таким вимогам: [6, 28,35]:

- варіативність ступеня подрібнення;
- сировина повинна попадати в подрібнюючий механізм рівномірно;
- температура нагрівання сировини не повинна перевищувати температуру вказану в технології;
- розбір та збирання частин машини повинен проходити легко та з дотриманням санітарних норм обробки компонентів механізму для різання.

Вовчок (рис. 1.1) складається з завантажувальної горловини 4, основи 1, приводу 5, комплекту різального механізму 2 та робочого шнека 3. Зовнішній вигляд вовчка зображений на рис.1.2.

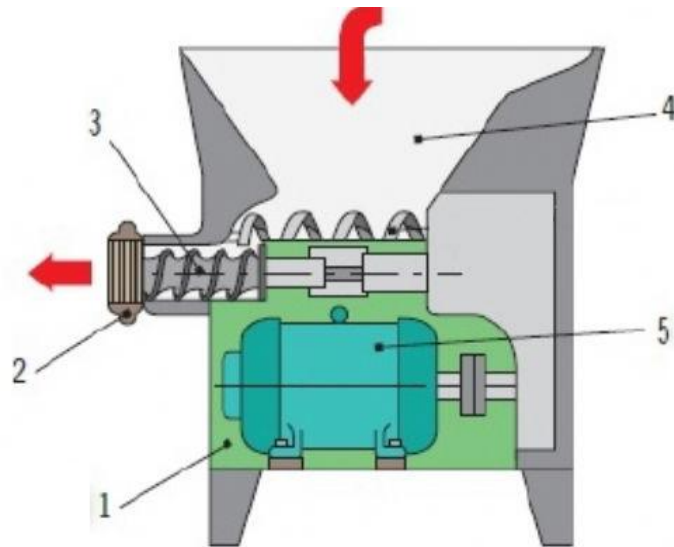


Рисунок 1.1 – Схема вовчка



а) вовчок-м'ясорубка K7-ФВП-160-01; б) вовчок-мішалка K7-ФВМ-114

Рисунок 1.2 – Зовнішній вигляд вовчків

Вовчки поділяються за конструкцією на такі (рис. 1.3) [7, 21, 23, 24, 28, 30, 31, 35] в яких:

- циліндр розташований горизонтально відносно сировини, яка попадає на

нього без примусу;

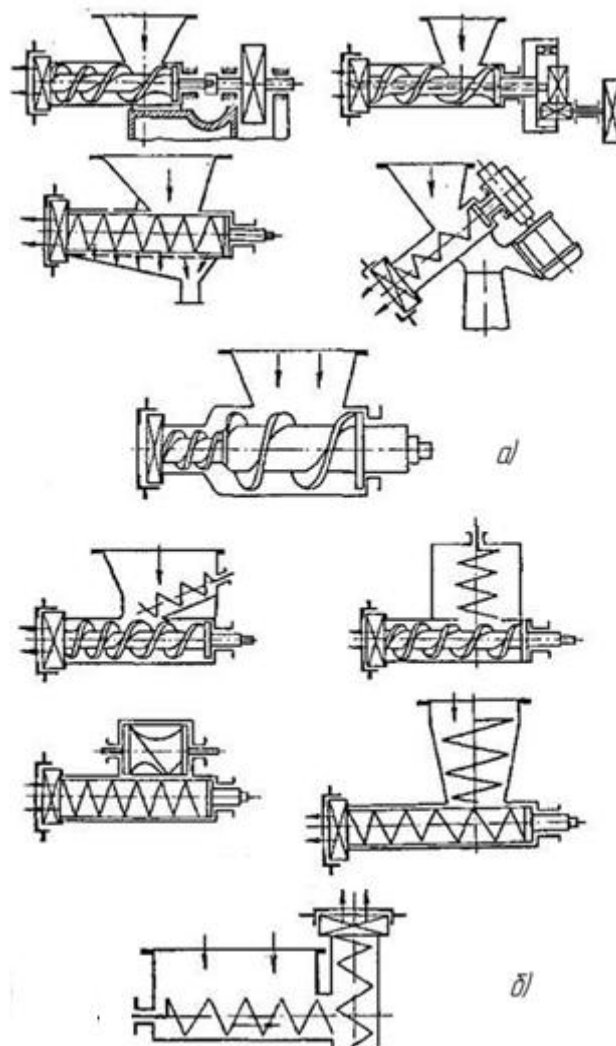
- живильник та робочий шнек розташовані похило;

- сировина механічно попадає в циліндр, що розташований горизонтально відносно неї;

- сировина механічно (примусово) попадає в циліндр, що розташований похило відносно неї;

- живильник та робочий шнек розташовані паралельно;

- живильник та робочий шнек розташовані перпендикулярно.



а – без примусового подавання сировини; б – з примусовим подаванням

Рисунок 1.3 – Схеми вовчків

Механізм подрібнювання вовчка розділяють на плоский, циліндричний і конічний. Найпоширеніший – плоский механізм, перевагами якого є зручність,

швидкість обслуговування, надійність роботи, простота виготовлення [21, 22, 28, 30, 31, 35].

Найчастіше у вовчках використовують такий подрібнювальний механізм, який складається з решіток різних видів (приймальна, проміжна, вихідна) та ножів з багатьма зубами. Особливістю такого інструменту, як решітка є – форма та розміри її отворів. Сировина витікає зі швидкістю та ступенем подрібнення, що залежить від діаметра отворів. За формою ці отвори поділяються на: круглі, квадратні, овальні, квасоле подібні, отвори без скосів та з ними. Ножі які застосовують вовчках в більшій мірі є 3-4 зуби з різними видами кромки для різання (кривим та прямим заточенням). Щоб жилювати м'ясо під час подрібнення застосовують ножі для жилювання, які у вовчку розташовані перед решітками. Для видалення сухожилля з різальної зони ножі оснащуються канавками, які рознесені по зубах. [25,26,27,28, 35].

Основна технічна характеристика вовчків – діаметр змінних решіток вовчка. Щоб подрібнити м'яку м'ясну сировину доцільно використовувати вовчки, де діаметри їх решіток відповідно дорівнюють 82, 114, 120, 160 і 200 мм.

Вовчки, що крім подрібнення також можуть виконувати різноманітні операції під час виробництва ковбас такі, як жилювання, посол, поповнення харчових оболонок фаршем.

Випускаються вовчки як вітчизняними так і закордонними фірмами. До їх переліку входять німецькі, австрійські, американські. Наприклад такі фірми як «Kramer + Grebe», «Wolfking» та «Palmia»

### 1.3. Кутери для подрібнення м'яса

Кутер – машина, яка призначена для подрібнення сировини з м'яса на дрібні шматки для подальшого його перетворення в тонку масу гомогенної природи. Зовнішній вигляд кутера зображено на рис. 1.4.

Сировину, яка потрапляє в кутер перед тим подрібнюють за допомогою вовчка, але є й такі кутери в яких вмонтовані додаткові пристрої, що подрібнюють сировину на шматки.



Рисунок 1.4 – Зображення зовнішнього вигляду кутера

Кутери є безперервної та періодичної дії.

На валу кутера встановлені серпоподібні швидкообертові ножі, за рахунок яких подрібнюється м'ясна сировина.

Занурюючись по черзі до чаші, яка з частотою приблизно  $0,3 \text{ c}^{-1}$  здійснює обертовий рух ножів, які подрібнюють сировину і змішують. Це відбувається під вакуумом у закритих чи відкритих чашах [21, 23, 24, 28, 30, 31, 35].

На рис. 1.5 зображено кутер періодичної дії. В ньому є відкрита чаша різальний механізм, у якому міститься вал приводу і ножі серпоподібної форми, та кришки, які закривають робочу зону кутера. На кришці кріпляться скребки, що розташовані в чаші. Вони направляють продукт в зону різального механізму при обертанні чаші.

Комплект ножів серпоподібної форми, які кріпляться в ножевій головці є різальним механізмом кутерів. У комплект до кутерів повинно входити не менше два ножі. Ножі кутера можуть мати кромку у вигляд ламаної або у

вигляді прямої лінії. Вимогами енергетичних витрат та якості подрібнювання продукту у кутері визначається вибір схеми заточування різальної кромки. Враховуючи це та форму заточування ножів, вибирають у вигляді асиметричного клина з кутом при вершині від 15 до 30° [21, 23, 24, 28, 30, 31, 35].

Закріплення ножів здійснюється двома способами: закритого і відкритого гнізда. В малопродуктивних кутерах застосовують відкрите гніздо з посадкою в формі вилки.

На валі ножі закріплюються гайкою і за допомогою сили тертя утримуються на ньому. Варіант ножа з закритим гніздом застосовують на кутерах великої швидкості. Ножі швидкісних кутерів оснащені отворами в посадковій частині кутера.

Для підтримання мінімального зазору і забезпечення легкого балансування між ріжучою кромкою і поверхнею чаші, що розташована всередині вибирають спеціальну для таких випадків конструкцію розташування ножів (рис. 1.5б).



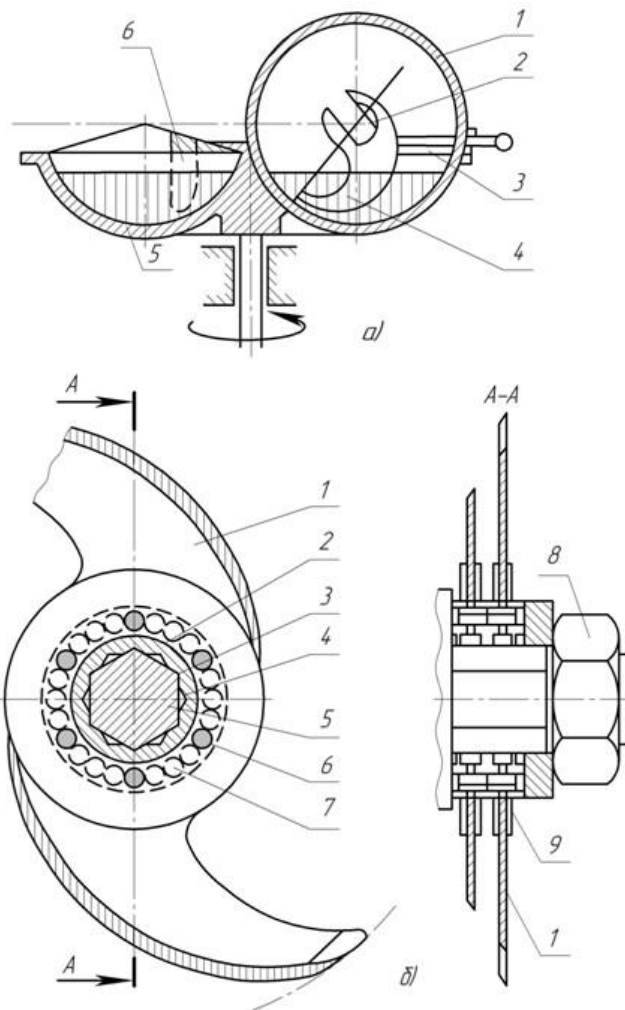


Рисунок 1.5

Сировину у чашу кутера завантажують спеціальними підіймачами або вручну. Вивантажують подрібнену масу вручну в підлоговий візок перекидаючи чашу або за допомогою тарілок чи скребоків через борт чаші, а також можна вивантажувати через центральний отвір, що закривається кришкою. Є також відкидні кришки у кутерів, які відкриваються і закриваються спеціальними кришками. У вакуумних кутерах за допомогою гумової прокладки кришка закриває чашу герметично.

Місткість чаші є основним показником технічної характеристики кутера. Малі підприємства використовують кутери з місткістю чаші від 15 до 125 л, великі – понад 125 л [5, 6, 28, 35].

#### **1.4. Перемішувальне та формувальне обладнання м'ясних виробів**

Перемішування є процесом під час якого отримують речовини однорідної структури. Якщо потрібно збільшити інтенсивність теплових процесів у виробництві, то виникає потреба у перемішуванні. Перемішування буває, як і основним, так і процесом, який супроводжує основний процес.

Відповідно до мети перемішування та потрібного агрегатного стану речовин визначаються способи, за якими речовини перемішуються. Механічним називають такий вид перемішування під час якого застосовують різноманітні мішалки. Пневматичним є перемішування за допомогою пари або стисненого повітря. Циркуляційним – в разі застосування насосів. Поточковим за рахунок зіткнення двох або більше рідин в одному потоці.

Механічне перемішування застосовується найбільш часто зі всіх видів перемішування [28,35].

В процесі перемішування застосовується різноманітне обладнання. До нього відносять апарати періодичної та безперервної дії. До першого типу відносять фаршмішалки, а до другого фаршезмішувачі.

Відповідно до конструкції виконавчих шнеків та інших вузлів фаршмішалки змінюються і особливості їх застосування. 1.6.

Фаршмішалки бувають двох типів:

- горизонтального (коритні) – виконавчий (перемішувальний) орган закріплений на горизонтальному валу;
- вертикального (чашкові) – виконавчий (перемішувальний) орган закріплений на вертикальному валу.

Фаршмішалки бувають з стаціонарним способом вивантаження корит – коли вивантаження фаршу відбувається переміщенням через люки, або перекиданням та окремими коритами – фарш вивантажують тільки перекиданням.



Рисунок 1.6 – Фаршмішалки різних марок

Всі деталі фаршмішалок (рис.1.7), матеріалом яких є нержавіюча сталь, в процесі роботи дотикаються до продукту. В мішалках шнеки бувають суцільними та складеними, які в складі мають нержавіючу сталь та полімерні матеріали, які з'єднуються між собою. Також шнеки виготовляють зі сталі та покривають харчовим оловом [21, 23, 24, 28, 30, 31, 35].



Рисунок 1.7 – Фаршемішалки з різними видами виконання під час роботи

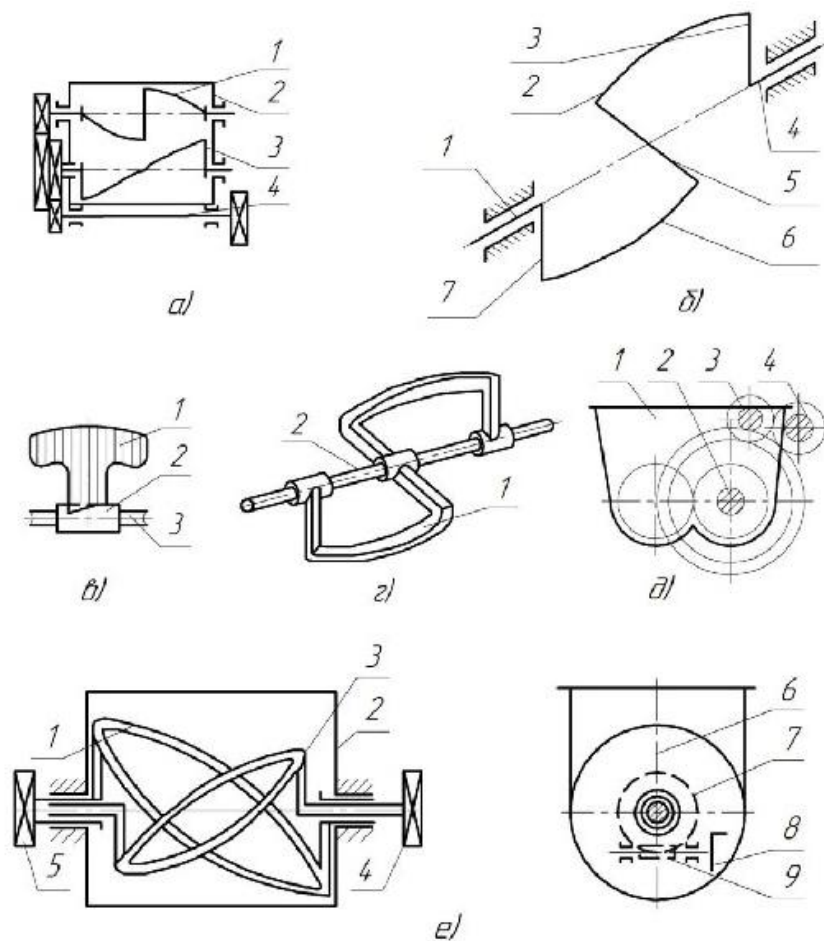


Рисунок 1.8

Фаршзмішувач, що зображений на (рис. 1.9) є змішувачем періодичної дії та складається з двох частин: стаціонарної і пересувної. В склад стаціонарної частини входить плита, пустотілий стояк, та кулачкова мішалка. В склад пересувної частини входить чаша, яка кріпиться на валу черв'ячного колеса. Розміщують чашу та черв'ячне колесо на спеціальному триколісному візку. Також змішувач обладнаний запобіжним щитом, прикріпленим до важеля пускового пристрою фаршзмішувача. Зовнішній вигляд фаршмішалок різних марок зображено на рис. 1.6 [21, 23, 24, 28, 30, 31, 35].

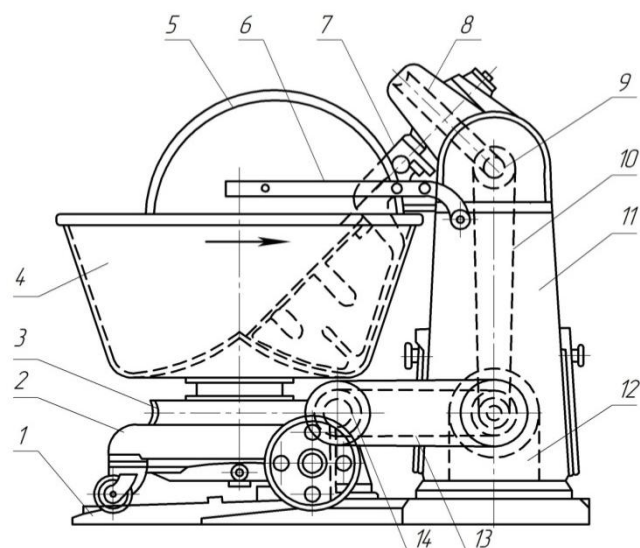


Рисунок 1.9

Принцип дії фаршзмішувача є таким, що передбачає завантаження чаші та її подальше відправлення до стаціонарної частини. Для того щоб зчеплення було правильним та надійним, черв'ячний вал з черв'ячним колесом передбачається наявність спеціальних канавок для коліс чаші та фіксатор платформи самого візка.

Після того як черв'ячний вал зчіпається з колесом мішалка опускається в чашу, разом з нею опускається важіль та запобіжний щит, далі електродвигун вмикають та починають процес перемішування. Під час роботи чаша здійснює безперервне обертання навколо осі черв'ячного колеса. Саме така послідовність гарантує рівномірне та якісне перемішування кінцевого продукту. Після завершення процесу електродвигун вимикається, важіль та запобіжний щит відкочується від фаршзмішувача на візку.

### **1.5. Обладнання для формування м'ясних виробів**

Для того, щоб надати м'ясним виробам необхідну форму застосовують різні операції. Однією з них є формування, яке виконують перед тепловим обробленням, так як ця операція є завершальною. Якість готової продукції

суттєво залежить від правильного механічного впливу на продукт – м'ясо.

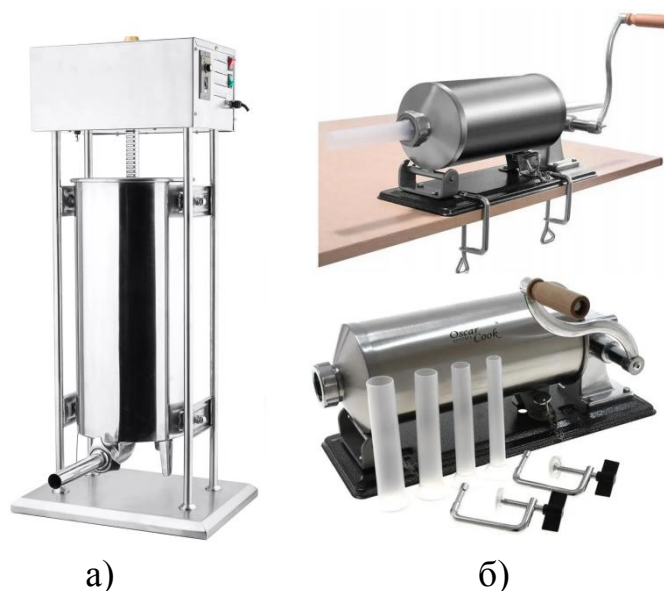
Для формувальних операцій застосовують апарати періодичної та безперервної дії. Обладнання може бути відкритого (в якому відбувається контакт продукту та навколишнього середовища) та вакуумного типу.

Шприци, нагнітачі фаршу є апаратами періодичної і безперервної дії. Апарати для формування різних ковбасних та м'ясних виробів – апарати безперервної дії [21, 23, 24, 28, 30, 31, 35].

Розглянуте обладнання, а саме, кутери, вовчки, фаршмішалки може застосовуватись, як незалежний апарат, або ж в парі з іншим обладнанням утворювати формувальний комплекс для отримання м'ясних виробів.

### 1.5.1. Шприци

Під час виготовлення ковбасних виробів використовують шприци (рис.1.10) для заповнення оболонки чи форми. Це і є процес шприцювання. Сюди крім заповнення оболонки входять операції в'язання, штрикування і навішування ковбас на граняки [5, 28, 30, 35].



а - напів-автоматичний; б – ручний

Рисунок 1.10 – Шприци

Шприци є гідравлічні та механічні з безперервною видачею фаршу та

періодичною. Вони можуть бути вакуумні, або відкриті (рис. 1.11).

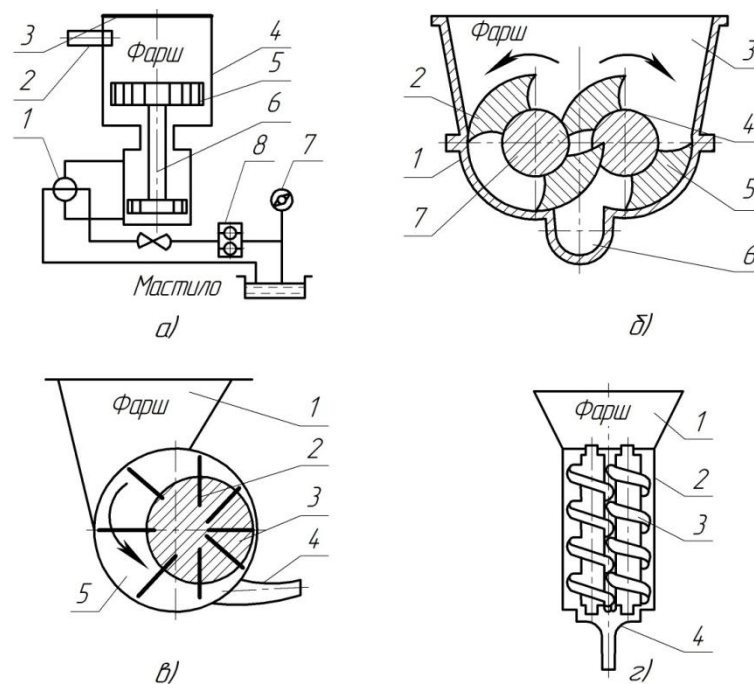


Рисунок 1.11 – Схеми роботи шприців

Щоб подати фарш в оболонку застосовують гвинтові, поршневі, ексцентриково-лопатеві, шнекові, ротаційні витискувачі.

Через металеву насадку у вигляді трубки (цівку) із витискувача в оболонку надходить фарш. Цівки підбирають до діаметра оболонки [1,28,35].

Шприци бувають багатоцівкові та одноцівкові.

Будова шприца: бункер для приймання фаршу, витискувач, цівка, привід і механізмів для обслуговування витискувача.

Новіші моделі шприців бувають більш автоматизовані, які виконують операції перетискування, перекручування, надягання оболонки на цівку та можуть датувати вироби. Фарш у бункер можуть завантажувати вручну, підіймачем чи візком. Під час цього процесу потрібно уважно стежити, щоб у фарш не попали сторонні предмети.

Переважно оболонку на цівку надягають вручну, а ще можна за допомогою приставки, як допоміжного пристрою.

Різні види ковбас шприцюють з різною щільністю, яка залежить від термооброблення ковбаси, кількості вологи у фарші, діаметра і виду оболонки.

Найщільніше начиняють сирокочені ковбаси, нещільно – варені, щільніше за них напівкочені. Не ущільнюють фарш в оболонці при шприцюванні сардельок і сосисок [6, 10, 11, 35].

Найпоширенішими шприцями періодичної дії є шприци з гідравлічним приводом, а можуть бути ще з механічним або пневматичним приводами.

Гідравлічні шприци мають свої переваги і недоліки.

Переваги: надійність у роботі, простота конструкції, збереження якості фаршу і форми шматочків шпику.

Недоліки: із збільшенням кількості цівок знижується витікання фаршу тому, що швидкість руху поршня стала. А також під поршнем накопичується бруд.

Вищу продуктивність мають шприци безперервної дії. Результат безперервного шприцювання досягається за допомогою застосування ротаційних, шнекових, гвинтових та лопатевих витискувачів [12, 13, 35].

Нові конструкції шприців мають вузли для підключення (автономної чи централізованої) вакуумної системи.

Для видалення пухирців з фаршу після подрібнення і змішування при шприцюванні використовують вакуумування.

Після вакуумного кутера з виробів видаляється до 67 об. % повітря і у фарші залишається 1,7 об. %, а після відкритого кутера видаляється до 53,7 об. %, і у фарші залишається 4,0 об. % повітря [21, 23, 24, 28, 30, 31, 35].

Щоб раціонально шприцювати та давати високу продуктивність роботи потрібно враховувати просту і швидку роботу витискувальних пристроїв, точність дозування фаршів і пастоподібних продуктів та шприцювання їх як у штучну так і в натуральну оболонку. Такі вимоги задовольняють такі робочі органи у яких є зубчасте колесо (шестерня), що здійснюють цей процес, вони мають невелику частоту обертання. Шприци з такими вимогами можуть бути додатково укомплектованні іншими пристроями такими як: дозатори, відсікачі,



підіймачі-завантажувачі, перекручувачі та кліпсатори і т. ін .

### 1.5.2. Автомати для формування ковбас

Для забезпечення вакуумування фаршу та формування сосисок, а також розвішування сосисок на палиці застосовують автомат АФСБ-500 (рис. 1.12а), який виконаний у модульній спосіб [6, 15, 16, 28, 35]:

I – наповнення оболонки фаршем;

II – формування сосисок;

III – навішування сосисок на палиці.

Для того, щоб заповнити фаршем оболонку, таку як «Белкозин», а також імпорتنу целюлозну «Геепак» чи «Чернець». Довжина білкової оболонки становить  $(200 \pm 15)$ , а целюлозної  $(380 \pm 15)$  мм при діаметрі  $(22 \pm 2)$ мм.

Формують сосиски під вакуумом із залишковим тиском 0,4 МПа.

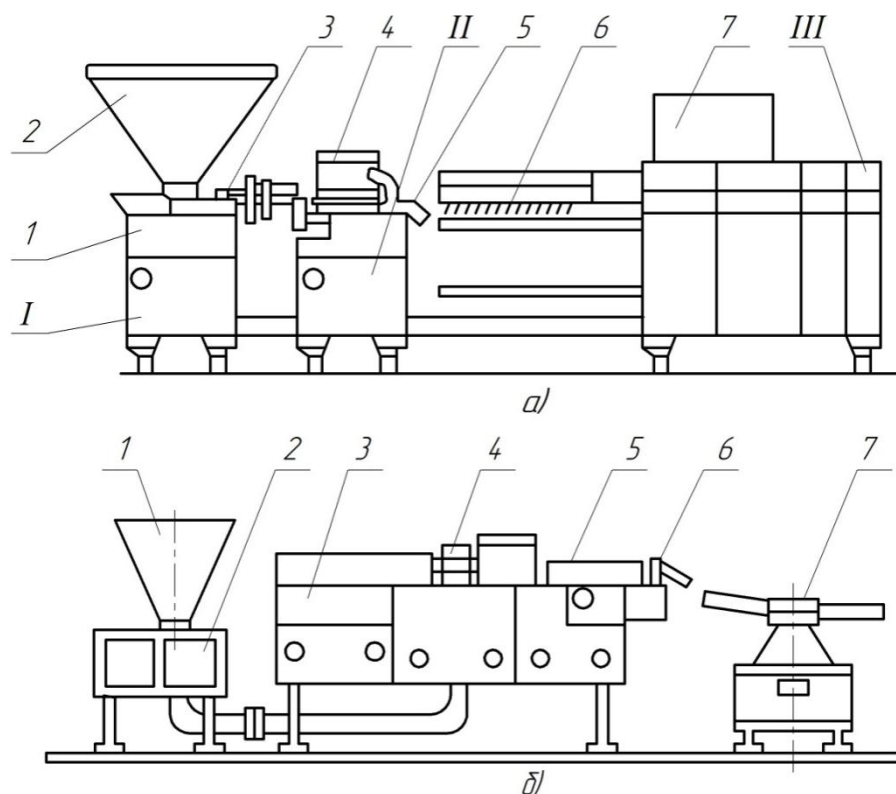


Рисунок 1.12

## **1.6. Обладнання для теплового оброблення м'яса**

Теплове оброблення є одним із основних технологічних процесів у виробництві м'ясопродуктів. Під дією температури відбувається зміна об'єму, маси, консистенції, кольору м'ясної сировини, формується смак та аромат.

Метою теплового оброблення є:

- відмирання мікроорганізмів на зовнішній поверхні м'ясопродуктів;
- збільшення стійкості до зберігання;
- доведення продукту до вживання;
- покращення органолептичних показників (зовнішнього вигляду, кольору, консистенції, запаху тощо).

Основними способами теплового оброблення м'яса є [21, 23, 24, 28, 30, 31, 35]:

- короткочасне теплове оброблення зовнішньої поверхні тканин (ошпарювання, обпалювання, обжарювання);
- нагрівання для досягнення деякого ступеня готовності (варіння, запікання, тушкування);
- нагрівання з метою виділення певних складових речовин (витоплювання жиру, виварювання желатину);
- високотемпературне теплове оброблення (стерилізація, пастеризація);

Як теплоносій під час теплового оброблення м'ясопродуктів використовують воду, олію, пару, пароводяну суміш, високочастотне випромінювання (мікрохвильові печі) або комбінування кількох із наведених.

### **1.6.1. Обладнання для теплової обробки м'ясопродуктів (варіння м'ясопродуктів, запікання та охолодження)**

Розрізняють два типи варіння [7, 14, 28, 35]:

- бланшування – короткочасне варіння до неповної готовності, проводять гарячою водою або гострою парою;

- власне варіння – коли м'ясо і м'ясопродукти доводяться до стану готовності при тепловій обробці у воді шляхом дії гострої пари температурою в приблизно 100°C, обробка якою відбувається в автоклавах, спеціальних камерах, або ж у відкритих котлах, під дією тиску та з використанням високочастотного електромагнітного поля.

Перевагою теплової обробки є менші втрати маси та те, що при обробці паром на виході отримують більш соковитіший в порівнянні з варінням у воді продукт. В процесі варіння застосовується обладнання різного способу дії: періодичної дії (камери, котли) та безперервної дії (термокоагулятори). У м'ясопереробній промисловості переважно використовують котли з ручним способом завантаження та вивантаження або ж спеціальні пристрої оснащені резервуарами, що перекидаються, в їх число входять Г2-ФВА, К7-ФВА, К7-ФВ2-Е, менше використовують електричні котли ЭК-125, ЭК-250 [17, 18, 28, 35].

Як приклад розглянемо котел оснащений резервуаром, марка котла Г2-ФВА (рис. 1.13). Його опорою служать стояки на які він спирається – цапфи. До цих цапф приєднані труби, через які в оболонку поступає пара і відводиться конденсат. Для того, щоб повертати резервуар на цапфі передбачене черв'ячне колесо.

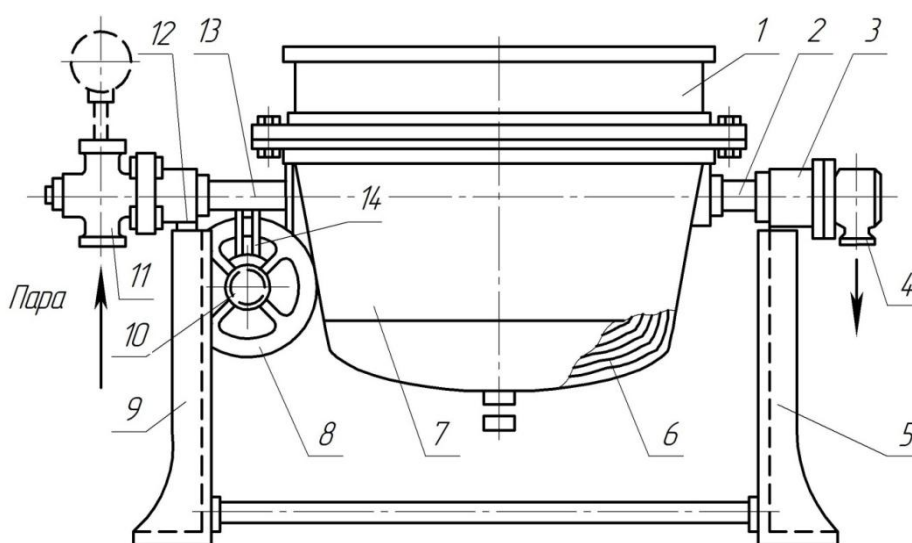


Рисунок 1.13

Ванни, що мають циліндричне днище і кришку відносять до апаратів

безперервного способу дії. В ванні під дією електричного приводу приводиться в рух шнек, що в процесі варіння переміщує шматки м'яса від місця в якому м'ясо завантажується до місця де воно вивантажується. Далі ванна заповнюється горячою водою (підігрітою гострою парою) на 70% її висоти.

Для охолодження м'ясопродуктів використовують охолоджуючі камери з поперечним рухом повітря або з дуттям повітря згори вниз. Вони можуть бути періодичної або безперервної дії. Вони складаються з повітроохолоджувача або вентилятора та перегородок, які можуть переміщатися за допомогою конвеєра або вручну [21, 23, 24, 28, 30, 31, 35].

### **1.6.2. Обладнання для копчення м'ясопродуктів**

Копчення – це вид обробки продуктів з м'яса, при якому в процесі згорання деревини м'ясо просочується коптільними речовинами та частково зневоднюється, а також надання продукту специфічного кольору та аромату.

Розрізняють декілька режимів копчення [29, 28, 33, 35]:

- холодне копчення при температурі +18...20°C;
- гаряче копчення при температурі +35...40°C;
- запікання, що відбувається у димі температурою +72...120 °C.

Для отримання диму використовують породи листяних дерев: бук, дуб.

Також використовують бездимне копчення, коли коптільний препарат вводять безпосередньо в продукт разом з іншими добавками під час кутерування.

Для того щоб коптити м'ясопродукти використовують різні типи обладнання: безперервної дії (автокоптільні) та періодичної дії (коптільні шафи).

В апаратах безперервної дії тепловий вплив на продукт здійснюється при його постійному русі [28,35]. Термоагрегати за способом того, як переміщується продукт можуть бути рамними або ланцюговими; за способом переміщення продукту в апараті вони бувають тупиковими або прохідними однолінійними, карусельними або кільцевими за траєкторією руху продукту.

Процеси обсмажування, копчення, варіння, сушіння з відповідністю до технології відбувається в термокамерах. За способом компонування термокамери можуть бути одно або багатокамерними, нестационарними і стационарними.

Комбіновані та агрегатовані апарати належать до устаткування з комбінованим способом термічної обробки м'яса і м'ясопродуктів.

М'ясопродукти можуть коптитися універсальними термокамерами, а також автокоптильнями.

В тунельних та агрегатованих термоагрегатах термообробка може виконуватися послідовно: підсушка, обсмажування, охолодження в окремих випадках варіння. Обробка проходить відповідно до міри переміщення м'ясного продукту.

В залежності від того способу, яким переміщується продукт термокамери діляться на ланцюгові та рамні.

Більш поширеними термокамерами є рамні. В них ковбасні вироби навішуютьс на рами різних розмірів (наприклад 1,0×1,2×1,6 м або 1,0×0,9×1,25 м). Термокамера виконана у вигляді тунелю з теплоізоляцією, який умовно розділений на зони (підсушування, варіння, обсмажування).

Коптильне обладнання оснащено спеціальними дымогенераторами в яких є можливість регулювання подачі диму та повітря в різних пропорціях. Також обладнання оснащено калориферами, системами вентиляції, контролю та регулювання технологічного процесу.

Димогенератор призначений для створення диму внаслідок тління тирси. Можуть бути з безперервною та періодичною подачею відходів від деревини. За числом ярусів, на які накладається тирса– одно- чи багатоярусні. За способом відведення диму – із сумісним і роздільним відведенням.

Станом на зараз в промисловості виготовляють широкий асортимент обладнання для термічної обробки м'ясних продуктів (термокамери та термошафи), до цього асортименту входить варильне, обсмажувальне, коптильне, кліматичне та універсальне обладнання.

В камері можна компонувати між собою різні процеси, як варіння та копчення, або сушіння з акліматизацією. [21, 23, 24, 28, 30, 31, 35].

Для рециркуляції повітря, що знаходиться в камері, усі шафи та камери оснащуються приливно-витяжною системою вентиляції, яка за 1 хв здатна 10 раз виконати процес рециркуляції повітря в камері. Для санітарної очистки камеру очищають вручну.

Дим, що виробляється в результаті тління дрібної тріски виробляється димогенераторами, якими укомплектовуються, як універсальні, так і коптильні камери.

Димогенератори можуть бути, як і вбудованими так і розташованими по окремоті з боку.

Дим, що використовується у термокамерах і коптильних агрегатах не має містити продуктів повного згоряння палива і речовин, що погіршують якість і товарний вигляд продукції.

Основними перевагами димогенераторів є універсальність і простота в обслуговуванні. З недоліків – вони малоекономічні і важко піддаються автоматизації.

Для гарячого і холодного копчення м'ясних продуктів використовують димогенератор Д9-ФД2М (рис. 1.14), призначається для того, щоб готувати промисловий дим.

Димогенератор – це апарат прямокутної форми, який складається з двох секцій і має дві камери [28, 35, 36, 37,38,41]:

- камера згоряння тирси;
- камера для очищення від диму.

Камера для згоряння має форму циліндра, в середині якого розміщені колосникові ґрати на які вкладають два трубчасті електронагрівачі, щоб розпалювати тирсу.

Від попелу ґрати очищаються гребінкою, яка обертається навколо своєї осі. Попіл збирається механічно за допомогою лопатки в ящик, що встановлений під камерою. А над камерою вбудований бункер в який

завантажується тирса. На кришці бункера розташований електродвигун через редуктор якого приводиться в рух зрушувач для розпушування тирси. Кількість подачі тирси на грати регулюється дозатором за допомогою маховика. Рівномірно тирса розприділяється за допомогою мішалки. У верхній частині камери над колосниковими гратами розташований зрошувач, щоб запобігти появі полум'я у випадку запалювання тирси.

Камера очищення диму теж має прямокутну форму. В якій встановлений кошик з кільцями, які виконують роль фільтрів. Вони очищають дим від смолистих і канцерогенних речовин, а також попелу і дьогтю. За допомогою труби з отворами перед камерою створюється водяна завіса для того, щоб додатково очистити дим.

А над камерою змонтований вентилятор (приводиться в рух від електродвигуна), який призначений для витяжки диму.

З зовні на поверхні димогенератора є дверцята, водопровід, патрубок для виходу диму, коробка введення і виконавчий механізм. На дверцятах розташоване оглядове вікно через яке спостерігають за роботою димогенератора.

Вентель для подання пари і електромагнітний клапан для подавання води в систему змонтовані на водопровідній системі. Для забезпечення рівномірного горіння і рівномірної подачі повітря в топковий простір використовують виконавчий механізм. Електроконтактний термометр знаходиться на вихідному патрубку, а термореле для регулювання і контролю температури диму – у камері згорання.

В димогенераторі також вмонтований патрубок із краном для зливання води. У зовнішню поверхню димогенератора приварений патрубок з вентилям, це потрібно для того, щоб уникнути попадання води у камеру згорання при промиванні кілець.

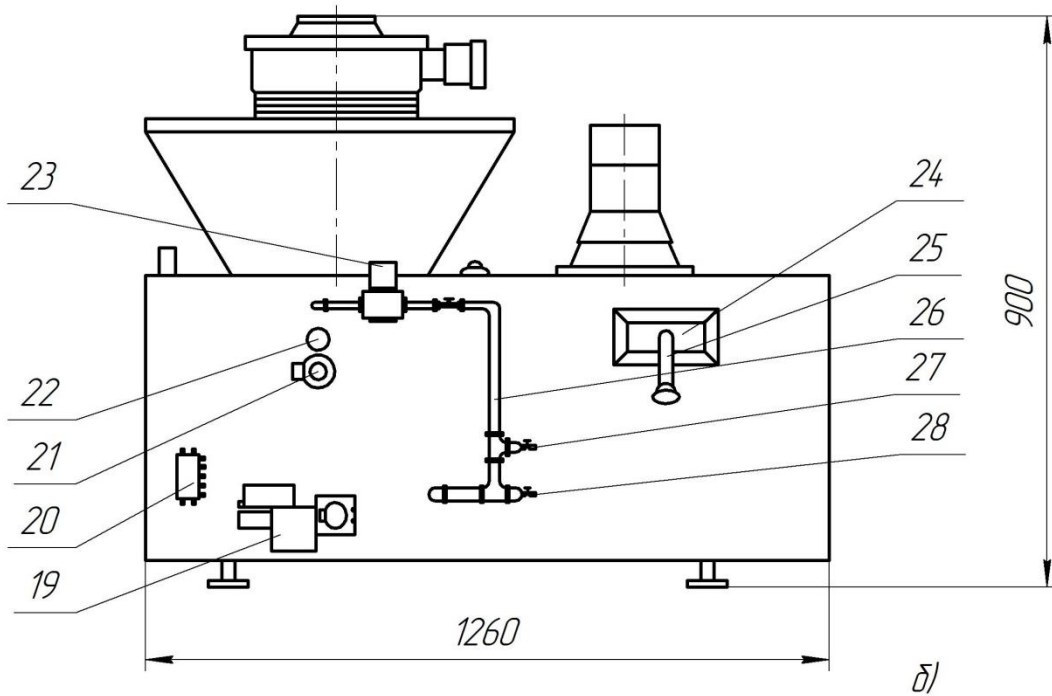
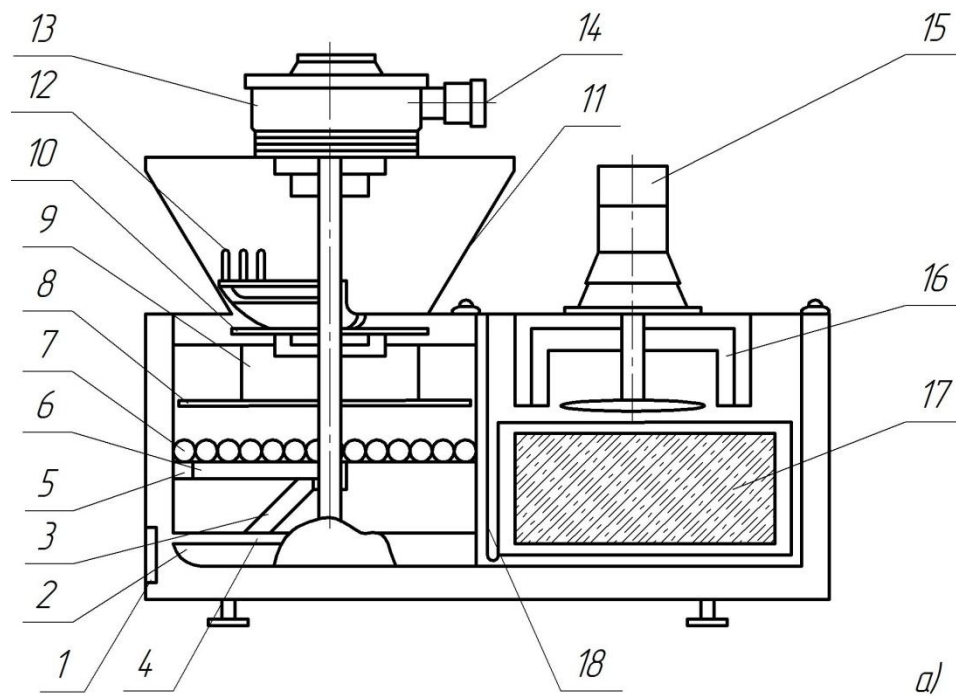


Рисунок 1.14

В результаті згоряння тирси в топці отримують дим, який проходить очищення через фільтри.

Керування димогенератором проводиться за допомогою пульта, що розміщений на підлозі.



## **1.7. Обґрунтування теми дипломної роботи**

Важливим фактором виробництві ковбасних виробів є підбір обладнання яке здатне забезпечити якісну та продуктивну обробку сировини з оптимальними енергозатратами.

На процес виготовлення ковбасних виробів впливають різноманітні параметри обладнання: продуктивність, якість подрібнення м'яса, навантаження на робочі органи вовчка та фаршмішалки та потужність механізмів.

Для отримання фаршу різного ступеня помолу використовуються решітки різних конфігурацій з різними діаметрами отворів. Діаметр отворів та їх кількість також мають вплив на тривалість та якість подрібнення.

Рівномірність перемішування фаршу залежить від швидкості вала фаршмішалки та розміщення лопатей відносно осі обертання.

У дипломній роботі необхідно проаналізувати та розрахувати технологічні та енергетичні характеристики механізмів для приготування фаршу ковбасних виробів в кількості 600 кг на добу.

## 2. ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТУ РОЗРОБКИ

### 2.1. Обґрунтування технологічної схеми та обладнання лінії цеху для приготування м'ясопродуктів обсягом 600 кг на добу

У дипломній роботі розробляємо технологічну схему (рис. 2.1) виробництва м'ясопродуктів, а саме ковбасних виробів, обсягом 600 кг на добу. Технологічна схема необхідна для обґрунтування вибору обладнання, яке доцільно застосовувати на кожній з операцій.

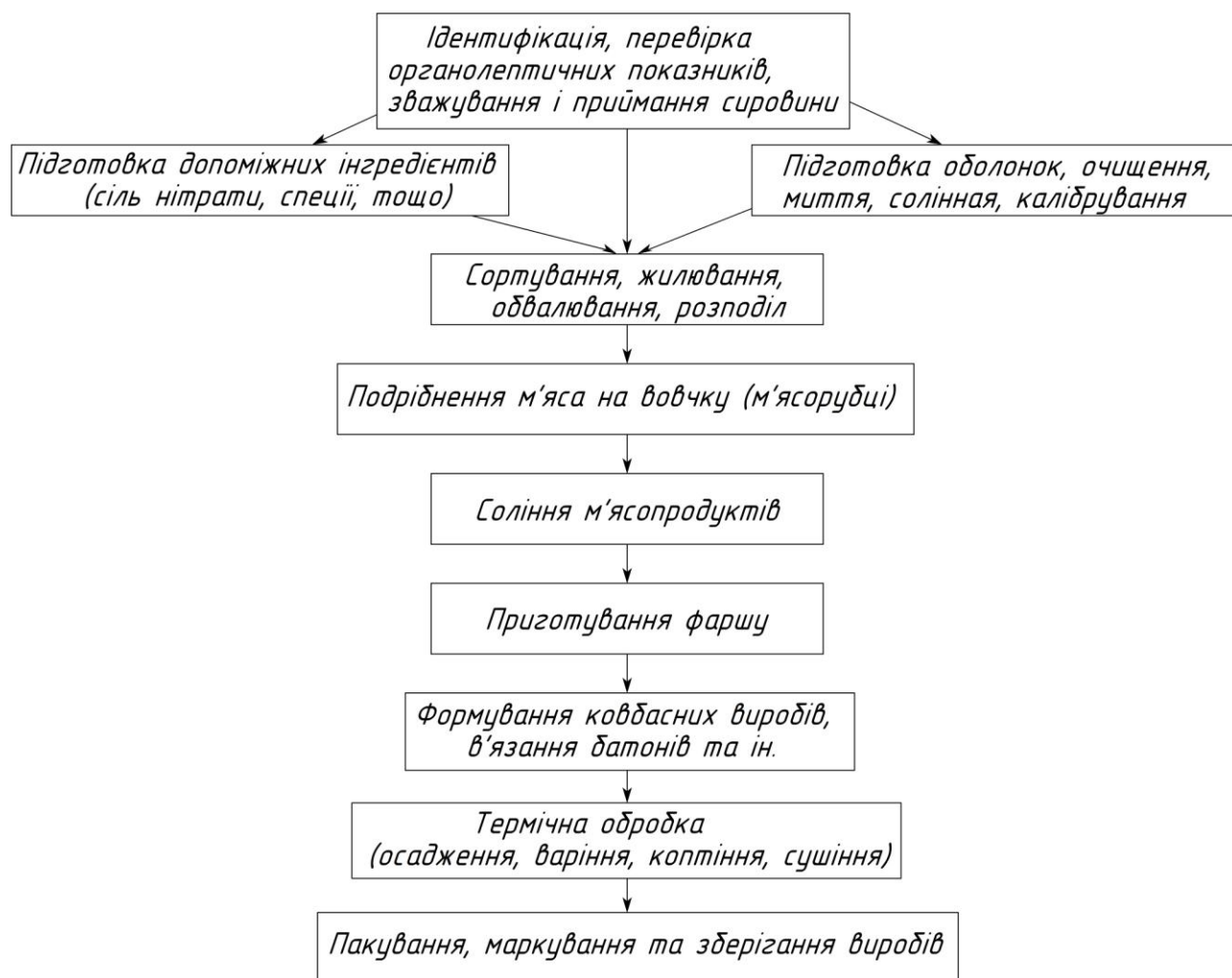


Рисунок 2.1 – Схема технологічного процесу виробництва ковбасних виробів

Згідно розробленої технологічної схеми підберемо обладнання для здійснення процесу приготування м'ясопродуктів.

Для подрібнення м'яса застосовуємо подрібнювач – вовчок (рис. 2.2.а). Подрібнювач має змінні робочі елементи (рис. 2.2б), які забезпечують подрібнення м'яса на різні за розміром частинки.



Рисунок 2.2

Подрібнену м'ясосировину перевантажують у фаршмішалку, конструкція якої показана на рис. 2.3.

Для приготування ковбасних виробів застосуємо привозну сировину, яка пройшла відповідну підготовку, а саме сортування, жилювання, обвалювання, розподіл. Отриману сировину найкраще подрібнювати застосовуючи вовчок і при потребі кутер. У даному випадку використаємо вовчок, так як це мініцех. Асортимент продукції, що виготовляється такий: ковбаса домашня, дрогобицька.

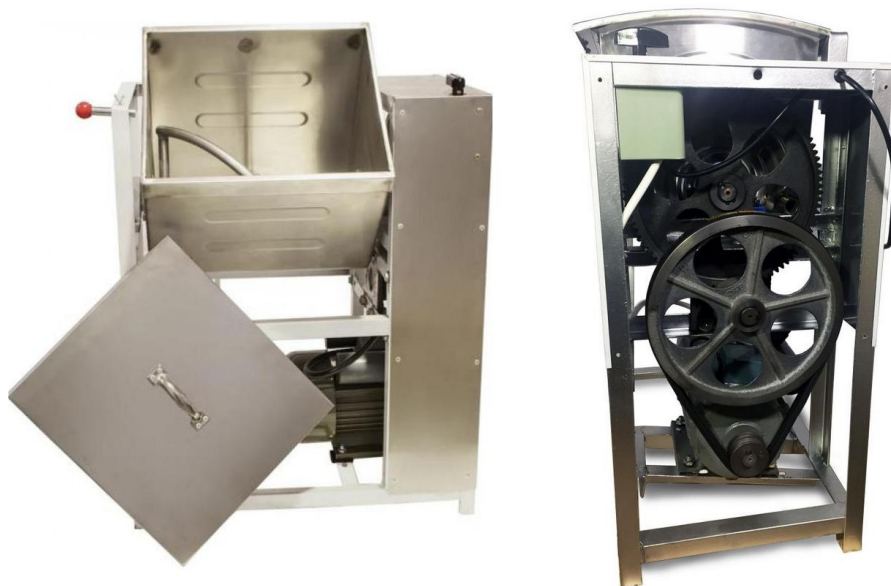


Рисунок 2.3 – Зовнішній вигляд фаршмішалки

Фаршмішалка має електромеханічний привод. Лопаті для змішування фаршу виготовленні як показано на рис. 2.4.

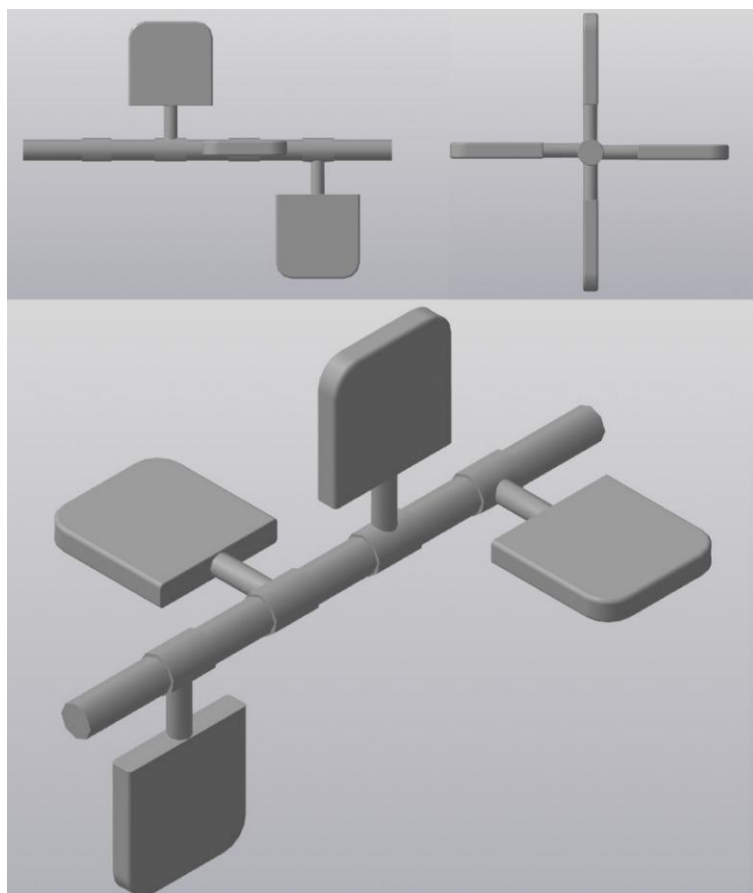


Рисунок 2.4 – Лопаті фаршмішалки

Для покращення якості перемішування сировини на лопатях наварені ребра.

До подрібненої сировини для створення відповідних смакових якостей додаємо спеції, сіль, нітрати тощо. Процес перемішування для отримання однорідної маси триває в середньому 10 хв з частотою обертання лопатей мішалки 35 об/хв.

Приготовлену масу перевантажують у шприц (рис 2.5) з допомогою якого виготовляють ковбасні вироби. Стиснення фаршу у ньому відбувається за допомогою дії на нього поршня. Плавність процесу стиснення регулюється за допомогою педалі.



Рисунок 2.5 – Зовнішній вигляд шприца

Для приготування різних за розмірами м'ясних напівфабрикатів можна використати металеві насадки різних діаметрів, а саме 16, 22, 32, 38 мм, через які проходить фарш.

Після виходу зі шприца вже сформованих ковбасних виробів їх навішують на палиці. Приготовлені напівфабрикати поміщають у коптільне приміщення (рис. 2.6). Під дією температури відбувається зміна об'єму, маси, консистенції, кольору м'ясної сировини, формується смак та аромат. Весь процес приготування 50 кг напівфабрикату у коптільному приміщенні триває 1,5 год і ще 40 хв здійснюється теплове оброблення парою.

Доведення продукції до готовності здійснюється під впливом пари, а також можна замінити варінням у котлі.

Після завершення технологічного циклу виготовлена продукція готова до відвантажування споживачам через 3 години.



Рисунок 2.6 – Зовнішній вигляд коптільного приміщення

## 2.2. Обґрунтування параметрів обладнання для подрібнення м'яса

Подрібнення м'яса здійснюється переробкою м'ясної сировини під дією механічних сил. Це відбувається: стиранням, роздавлюванням, ударом, розколюванням і різанням.

Для подрібнення м'яса використовують машини періодичної, безперервної і напівбезперервної дії.

Розмір подрібнених шматків може бути від 300 мм до колоїдного розміру 0,001 мм.

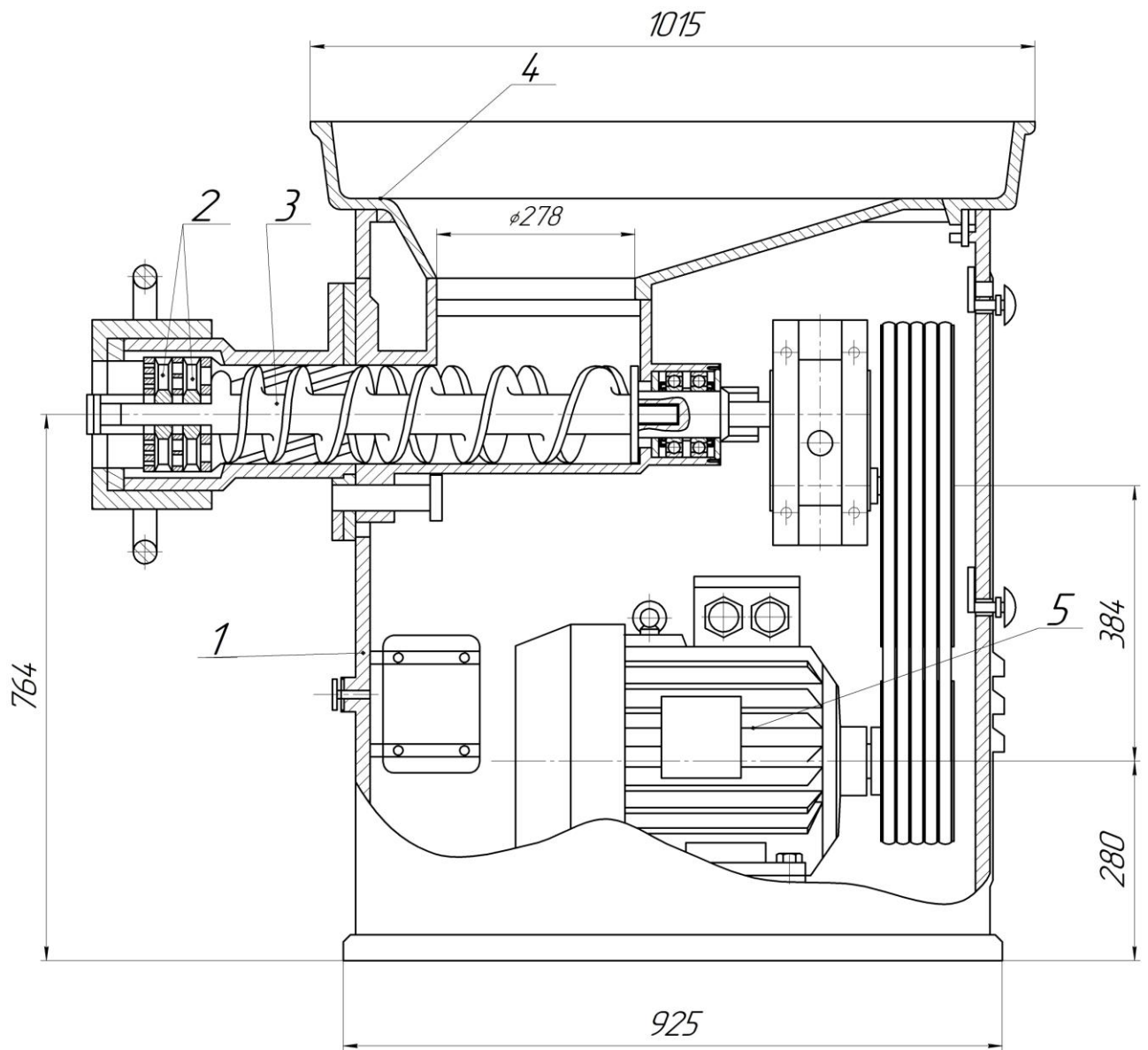
Щоб забезпечити повноту підготовки м'яса до переробки застосовують машини для великого, середнього, дрібного і тонкого подрібнення [3, 28, 35, 36,39].

Для підготовки м'яса до подальшої переробки у ковбасні вироби – основними є машини для дрібного подрібнення – вовчки і кутери.

У даній роботі пропонуємо застосовувати вовчок. Конструкція його (рис.2.7) забезпечує подрібнення сирого і замороженого м'яса, жировміщуючої та іншої сировини.

Для подрібнення порівняно невеликих об'ємів м'яса (до 50 кг) можна використовувати м'ясорубки. Вовчок порівняно з м'ясорубкою має більшу продуктивність. Конструктивно вовчок відрізняється від м'ясорубки наявністю воронкоподібного бункера і додаткового шнека, призначеного для того щоб швидко подати до основного шнека необхідну кількість сировини. Завдяки цьому при роботі вовчка усю сировину подають в бункер, з якого вона попадає на ножі за допомогою шнека. Серед конструктивних особливостей вовчка слід відмітити те, що він передбачає встановлення шнека на підлогу, в той час як менші за розміри м'ясорубки можна встановити на звичайний стіл.

Для подрібнення м'ясосировини для виготовлення ковбасних виробів застосуємо вовчок, який має електромеханічний привод, і механічну подачу сировини з паралельним розташуванням живильного і робочого шнеків.



1 – корпус; 2 – набір різального інструменту; 3 – механізм подачі технологічної сировини; 4 – ємність завантаження сировини; 5 – двигун з пасовою передачею;

Рисунок 2.7 – Схема вовчка

У вовчка механізм за допомогою якого він подрібнює сировину є плоским. Його переваги: зручність, швидкість обслуговування, надійність роботи, простота виготовлення.

Конструктивно подрібнювальний механізм вовчка містить проміжну, приймальну і вихідну решітки і однобічні багатозубі ножі. Розміри і форма



отворів решіток – особливість інструмента. В залежності від отворів в решіток та швидкості з якою виходить сировина залежить ступінь її подрібнення. Форма отворів вхідної решітки – kwasoleподібна, а проміжної і вихідної решіток – кругла без скосів. Ножі вовчка чотиризубі суцільні з однобічним заточуванням із прямолінійними різальними кромками. Ножі, які виконують функцію жилювання розташовані перед вихідними решітками. Спеціальні канавки рознесені по зубах, по них під час подрібнювання видаляються плівки і сухожилля.

У вовчку застосовується електромеханічний привід. За типом конструкції він ділиться на такі типи: загальний, роздільний, подавальний та різальний, з одноєю та багатьма швидкостями. Роздільний привід застосовується в залежності від заданих робочих режимів механізму подачі та різання, а також в залежності від властивостей подрібнюваної сировини.

Діаметр решіток є основною технічною характеристикою подрібнювача. Для подрібнювання сировини застосовуємо вовчок з діаметром решіток 82, 120 і 200 мм (рис. 2.8).



Рисунок 2.8

Продуктивність м'ясорубки або вовчка, кг/с визначають за формулою [2, 28, 35]

$$Q = \frac{n \cdot d_0^2 \cdot \pi \cdot z_0}{4} \cdot (r_3 + r_6) \cdot \rho \cdot k_n \cdot \varphi \cdot \operatorname{tg} \beta \cdot \cos \alpha, \quad (2.1)$$

де  $n$  – частота обертання робочого органу подачі технологічної сировини,

$$n = 16,7 \text{ с}^{-1};$$

$d_0$  – розмір отворів ножової решітки, м;

$z_0$  – кількість отворів у решітці, шт;

$\rho$  – густина технологічної сировини, приймаємо  $\rho = 1100 \text{ кг/м}^3$ ;

$\varphi$  – коефіцієнт використання отворів ножової решітки фаршем, приймаємо

$$\varphi = 0,6;$$

$r_3$  – зовнішній радіус механізму подачі сировини,  $r_3 = 50 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ ;

$r_6$  – внутрішній радіус шнека механізму подачі сировини,  $r_6 = 20 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ ;

$\beta$  – кут нахилу витка робочого органу сировини до осі, приймаємо  $\beta = 10^\circ$ ;

$k_n$  – коефіцієнт, який враховує рух фаршу разом з робочим органом подачі

сировини,  $k_n = 0,5$ ;

$\alpha$  – кут нахилу останнього витка робочого органу подачі сировини (для нормальної роботи вовчка  $\alpha = 0^\circ$ ).

Визначаємо продуктивність м'ясорубки, яка експлуатується в цеху, для різних помелів фаршу.

Дрібний помол,  $d = 3 \text{ мм}$ ,  $z = 170 \text{ шт}$ :

$$\begin{aligned} Q_{dp} &= \frac{16,7 \cdot (2 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 3,14 \cdot 170}{4} \cdot (50 + 20) \cdot 10^{-3} \cdot 1100 \cdot 0,5 \cdot 0,6 \cdot \operatorname{tg} 10^\circ \cdot \cos 0^\circ = \\ &= 81,7 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{с}} = 4,902 \frac{\text{кг}}{\text{хв}}. \end{aligned}$$

Середній помол,  $d=8$  мм,  $z=89$ шт:

$$Q_{cp} = \frac{16,7 \cdot (8 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 3,14 \cdot 89}{4} \cdot (50 + 20) \cdot 10^{-3} \cdot 1100 \cdot 0,5 \cdot 0,6 \cdot \operatorname{tg} 10^\circ \cdot \cos 0^\circ =$$
$$= 30,4 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{с}} = 1,924 \frac{\text{кг}}{\text{хв}}.$$

Грубий помол,  $d=20$  мм,  $z=3$ шт:

$$Q_{gp} = \frac{16,7 \cdot (20 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 3,14 \cdot 3}{4} \cdot (50 + 20) \cdot 10^{-3} \cdot 1100 \cdot 0,5 \cdot 0,6 \cdot \operatorname{tg} 10^\circ \cdot \cos 0^\circ =$$
$$= 64,0 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{с}} = 3,84 \frac{\text{кг}}{\text{хв}}.$$

Для технологічного процесу виробництва м'ясної продукції необхідно фаршу: грубого помолу  $m_{gp} = 360$  кг; середнього помолу  $m_{cp} = 120$  кг; дрібного помолу  $m_{др} = 120$  кг.

Визначаємо час роботи вовчка для виготовлення необхідного фаршу за формулою:

$$t = \frac{m}{Q}$$

де  $m$  - вага необхідного фаршу, кг;

$Q$  - продуктивність вовчка, яка забезпечує виготовлення фаршу відповідного помолу,  $\text{кг}/\text{хв}$ .

Таким чином

$$t_{gp} = \frac{m_{gp}}{Q_{gp}} = \frac{360}{3,84} = 93,8_{\text{хв}};$$

$$t_{cp} = \frac{m_{cp}}{Q_{cp}} = \frac{120}{1,824} = 65,8_{\text{хв}};$$

$$t_{\partial p} = \frac{m_{\partial p}}{Q_{\partial p}} = \frac{120}{4,902} = 24,5 \text{ хв.}$$

Загальний час помолу всього фаршу для виготовлення м'ясної продукції

$$T_{\text{заг}} = t_{\text{зр}} + t_{\text{ср}} + t_{\partial p} = 93,8 + 65,8 + 24,5 = 184,1 \text{ хв} = 3,07 \text{ год.}$$

Для визначення потужності двигуна використовуємо формулу [5, 6, 35]

$$N = N_1 + N_2 + N_3, \quad (2.2)$$

де  $N_1$  – потужність приготування фаршу, Вт;

$N_2$  – потужність втрат між рухомими деталями м'ясорубки, Вт;

$N_3$  – потужність переміщення фаршу вздовж осі робочого органу, Вт.

Потужність на приготування фаршу [7, 8, 35]

$$N_1 = \frac{A \cdot m \cdot n \cdot a}{60}, \quad (2.3)$$

де  $A$  – площа заповнення м'ясопродуктами;

$m$  – кількість лез,  $m = 4$  шт.;

$a$  – питома енергії на подрібнення м'яса, Дж/м<sup>2</sup>, приймаємо

$a = 3300$  Дж/м<sup>2</sup> [35].

$$\begin{aligned} A &= \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi D^2}{4} (1 - \alpha^2) = \frac{3,14 \cdot 100^2}{4} \left( 1 - \left( \frac{40}{100} \right)^2 \right) = \frac{3,14 \cdot 100^2}{4} (1 - 0,4^2) = \\ &= 6594 \text{ мм}^2 = 6,594 \cdot 10^3 \text{ м}^2; \end{aligned}$$

$$N_1 = \frac{6,594 \cdot 4}{60} \cdot 1000 \cdot 3300 = 1450 \text{ Вт} = 1,45 \text{ кВт.}$$

## Потужність втрат між рухомими деталями м'ясорубки

$$N_2 = \frac{\pi \cdot n \cdot f_H \cdot K_p \cdot F_{зам} \cdot (r_3 - r_8)}{60}, \quad (2.4)$$

де  $f_H$  – коефіцієнт, який враховує втрати між ножом та решіткою подрібнення м'ясопродукту,  $f_H = 0,1$ ;

$K_p$  – кількість решіток,  $K_p = 4$

$F_{зам}$  – зусилля прикладене до решіток різання, Н;

$$F_{зам} = p \cdot A_K, \quad (2.5)$$

де  $p$  – тиск на поверхні лінії ножа та решітки, Па. Приймаємо

$$p = 3 \cdot 10^6 \text{ Па};$$

$A_K$  – площа дотику решітки та леза ножа,  $\text{м}^2$ , визначаємо так:

$$A_K = b \cdot (r_3 - r_8) m, \quad (2.6)$$

де  $b$  – лінія контакту між ріжучими інструментами, м,  $b = 1,5 \cdot 10^{-3}$  м;

$r_3, r_8$  – геометричні розміри ріжучого інструменту, м;

$$A_K = 1,5 \cdot 10^{-3} (50 - 20) \cdot 4 \cdot 10^{-3} = 180 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2,$$

$$F_{зам} = 3 \cdot 10^6 \cdot 180 \cdot 10^{-6} = 480 \text{ Н};$$

$$N_2 = \frac{3,14 \cdot 1000 \cdot 0,1 \cdot 4 \cdot 480 \cdot (50 - 20) \cdot 10^{-3}}{60} = 302 \text{ Вт} = 0,302 \text{ кВт}.$$

Потужність на переміщення фаршу вздовж осі робочого органу [35,37]

$$N_3 = \frac{\pi^2 \cdot n \cdot p_0 \cdot \gamma \cdot \left[ (r_3^3 - r_6^3) \cdot f_{\text{ш}} + 0,24 \cdot S_{\text{ср}} \cdot (r_3^2 - r_6^2) \right]}{60}, \quad (2.7)$$

де  $p_0$  – тиск на виході фаршу, Па,  $p_0 = 5,0 \cdot 10^4$  Па;

$\gamma$  – кількість витків робочого органу подачі сировини;  $\gamma = 7$ ;

$f_{\text{ш}}$  – коефіцієнт тертя між фаршем та робочим органом,  $f_{\text{ш}} = 0,3$ .

$S_{\text{ср}}$  – середній крок витків робочого органу,  $S_{\text{ср}} = \frac{440}{7} = 62,9$  мм.

$$\begin{aligned} N_3 &= \frac{3,14^2 \cdot 1000 \cdot 5,0 \cdot 10^4 \cdot 7 \cdot \left[ (50^3 - 20^3) \cdot 0,3 + 0,24 \cdot 62,9 \cdot (50^2 - 20^2) \right] \cdot 10^{-9}}{60} \\ &= 3841 \text{ Вт} = 3,841 \text{ кВт}. \end{aligned}$$

Загальна потужність приводу:

$$N = N_1 + N_2 + N_3 = 1,45 + 0,302 + 3,841 = 5,593 \text{ кВт}.$$

### 2.3. Обґрунтування параметрів обладнання для приготування фаршу

Подрібнену на вовчку масу необхідно довести до однорідної, додавши відповідні складники: сіль, нітрити, спеції. Виконують це перемішуванням.

Способи перемішування та вибір обладнання залежать від мети перемішування та від агрегатного стану переміщуваної речовини. Для виконання операції механічного перемішування використовуються мішалки різних типів та конструкцій. Для перемішування є фаршмішалки (періодичної дії) і фаршзмішувачі (безперервної дії).

Виконавчий (перемішувальний) орган фаршмішалки, яку пропонуємо застосовувати закріплений на горизонтальному валу у стаціонарній ванні. Приготовлений фарш вивантажують перекиданням.

Деталі фаршмішалки, що стикаються з м'ясопродуктом, виготовлені з нержавіючої сталі. Шнек і лопаті мішалки можуть бути суцільними (з нержавіючої сталі) і з'єднаними між собою.

Приводний механізм застосовуваної фаршмішалки є електричним, він обладнаний реверсом, за допомогою якого лопаті, що перемішують продукт можуть обертатися в одному так і в іншому напрямку.

Завантажують фарш у мішалки за допомогою підіймача.

Схематизація роботи механізму змішування подрібнених м'ясопродуктів представлені на рисунку 2.9.

Під час обертання вала з лопатями до осі обертання завдяки нахилу досягається пересування м'ясної сировини паралельно осі робочого органу і по колу. При наближенні сировини до стінок ванни змінюється її напрямок руху, тоді в центрі і на периферії рух фаршу подається у зустрічному напрямку.

Вихідна продуктивність фаршзмішувача з лопатками періодичної дії залежить від її об'єму фарш змішувача та часу необхідного для якісного змішування продукту, який контролюється лабораторним шляхом

$$Q = \frac{M}{t}, \quad (2.8)$$

де  $M$  – вага фаршу одного циклу змішування, кг;

$t$  – час змішування, хв;

$$M = \beta \cdot \mathcal{V} \cdot \rho;$$

де  $\beta$  – коефіцієнт наповнення ємності з баком,  $\beta = 0,4-0,6$ ;

$\mathcal{V}$  – об'єм ємності,  $m^3$ .

$\rho$  – питома вага технологічної сировини,  $kg/m^3$ .

Для прийнятих геометричних параметрів лопатевого фаршзмішувача, об'єм становить:

$$\mathcal{V} = \frac{\pi D^2}{4} \cdot L = \frac{\pi 0,6^2}{4} \cdot L = 0,283L.$$

Одночасно в фарш змішувач завантажуюмо  $M=100$  кг, тоді необхідний об'єм становить:

$$\mathcal{V} = \frac{M}{\beta \rho} = \frac{1000}{0,5 \cdot 1100} = 0,182 m^3,$$

відповідно конструктивна довжина фаршзмішувача:

$$L = \frac{0,182}{0,283} = 0,810 m,$$

приймаємо  $L = 800 mm$ .



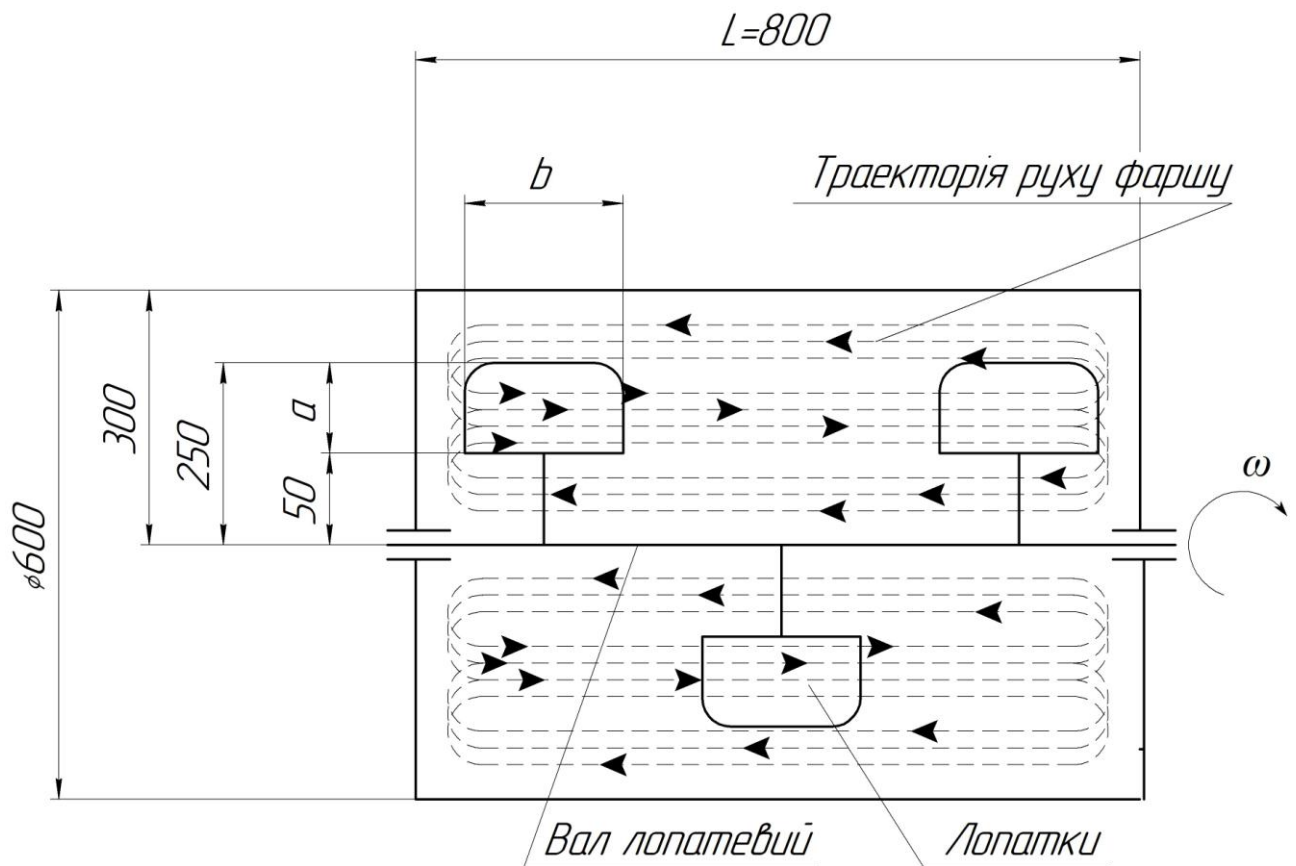


Рисунок 2.9 – Схематизація роботи механізму змішування подрібнених м'ясопродуктів

де  $D_3$  – відстань від осі робочого органу до перефії лопаті,  $D_3 = 0,25$  м;

$D_6$  – відстань від осі робочого органу до внутрішніх поверхонь лопатей,  
 $D_6 = 0,05$  м;

$s$  – відстань між осями робочих органів,  $s=0,25$  м;

$n$  – частота руху робочих органів,  $n = 300$  об/хв;

$a, b$  – геометричні розміри лопатей,  $a=0,2$  м;  $b=0,2$  м.

Необхідну потужність  $N$ , Вт для змішування необхідної кількості фаршу в лопатевому апараті визначають за формулою 2.10, враховуючи діючі на лопать сили опору (рисунок 2.10)

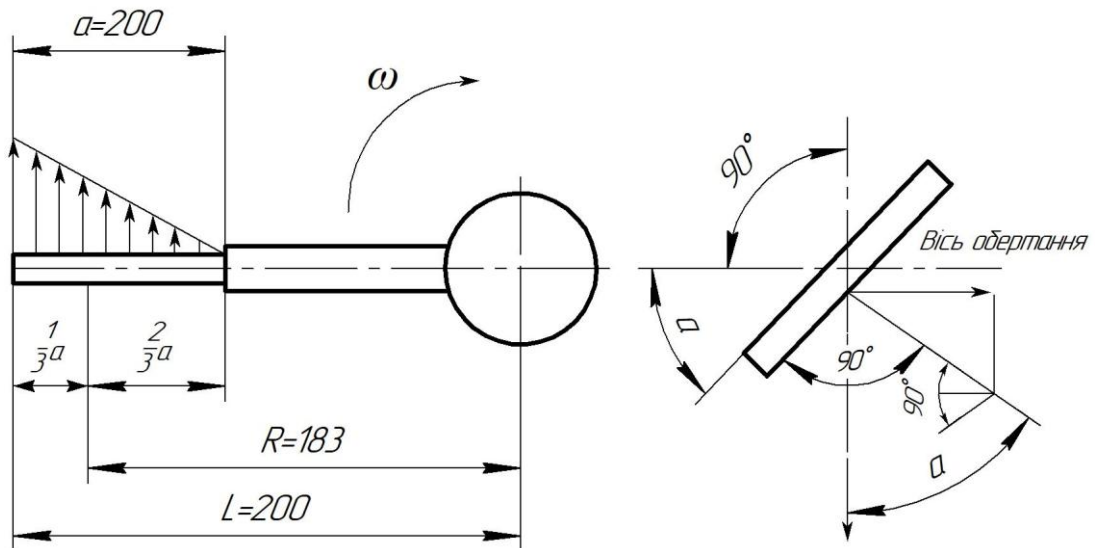


Рисунок 2.10 – Схематизація лопатевого змішувача фаршу для визначення силового навантаження

$$N = \frac{(F_0 \cdot v_0 + F_R \cdot v_p) \cdot m}{\eta}, \quad (2.10)$$

де  $v_0$  – швидкість елементарної частинки фаршу вздовж осі, до якої прикладена рівномірна сила опору, м/с;

$$v_0 = v_p \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha, \quad (2.11)$$

де  $v_p$  – швидкість елементарної частинки фаршу навколо осі, до якої прикладена рівномірна сила опору, м/с;

$$v_p = \omega \cdot R, \quad (2.12)$$

де  $R$  – радіус до центра площини лопаті, м;

$\omega$  – кутова швидкість лопаті,  $c^{-1}$ ;

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}, \quad (2.13)$$

де  $n$  – частота обертання робочого органу,  $n = 50 \text{ хв}^{-1}$ ;

$m$  – кількість робочих органів в механізмі змішувача, шт., приймаємо  $m = 4$ ;

$\eta$  – коефіцієнт втрати при передачі потужності,  $\eta = 0,9$ .

Тоді

$$v_0 = \frac{\pi \cdot n}{30} R \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha. \quad (2.14)$$

Враховуючи рівняння (2.11) – (2.14), формулу 2.10 можна видозмінити:

$$N = \frac{\pi \cdot n \cdot R \cdot (F_0 \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha + F_p) \cdot m}{30 \eta}. \quad (2.15)$$

Осьову складову рівномірних сил опору, що впливають на лопать, визначають за формулою [2, 5, 6, 35]:

$$F_0 = A \left[ R \cdot \rho \cdot \text{tg}^2 \left( 45^\circ + \frac{\gamma}{2} \right) + 2c \cdot \text{tg} \left( 45^\circ + \frac{\gamma}{2} \right) \right] \cdot (\sin \alpha - \mu \cdot \cos \alpha), \quad (2.16)$$

де  $F_0$  – рівномірна сила опору, направлена вздовж осі механізму, Н;

$A$  – площа взаємодії лопаті з м'ясопродуктами,  $\text{м}^2$ ;

$\gamma$  – кут внутрішнього тертя м'ясосуміші, приймаємо  $\gamma = 40^\circ$ ;

$c$  – сила взаємодії між м'ясопродуктами та матеріалами мішалки,  $\text{Н}/\text{м}^2$ ,

приймаємо  $c = 3000 \text{ Н}/\text{м}^2$ ;

$\alpha$  – геометричний параметр лопаті до осі робочого органу мішалки,  $\alpha = 60^\circ$ ;

$\mu$  – коефіцієнт тертя м'ясосуміші з робочим органом, можна прийняти

$\mu = 1$ .

Площа лопаті

$$A = a \cdot b, \quad (2.17)$$

де  $a$  – висота лопатки,  $a = 0,2$  м;

$b$  – ширина лопатки,  $b = 0,25$  м.

$$A = 0,2 \cdot 0,25 = 0,04 \text{ м}^2.$$

Радіальну складову  $F_p$ , Н, рівнодіючих сил опору, що діють на занурену в фарш лопать, визначаємо так

$$F_p = A \left[ R \cdot \rho \cdot \text{tg}^2 \left( 45^\circ + \frac{\gamma}{2} \right) + 2c \cdot \text{tg} \left( 45^\circ + \frac{\gamma}{2} \right) \right] \cdot (\sin \alpha + \mu \cdot \cos \alpha). \quad (2.18)$$

Підставивши дані отримаємо

$$F_0 = 0,04 \left[ 183 \cdot 10^{-3} \cdot 1100 \cdot \text{tg}^2 \left( 45^\circ + \frac{40^\circ}{2} \right) + 2 \cdot 3000 \cdot \text{tg} \left( 45^\circ + \frac{40^\circ}{2} \right) \right] \cdot (\sin 60 - 1 \cdot \cos 60) = 152 \text{ Н};$$

$$F_p = 0,04 \left[ 183 \cdot 10^{-3} \cdot 1100 \cdot \text{tg}^2 \left( 45^\circ + \frac{40^\circ}{2} \right) + 2 \cdot 3000 \cdot \text{tg} \left( 45^\circ + \frac{40^\circ}{2} \right) \right] \cdot (\sin 60 + 1 \cdot \cos 60) = 566 \text{ Н};$$

$$N = \frac{3,14 \cdot 50 \cdot 0,183 \cdot (152 \cos 60^\circ \cdot \sin 60^\circ + 566) \cdot 4}{0,9} = 2190 \text{ Вт} = 2,19 \text{ кВт}.$$

Приймаємо двигун асинхронний AVR112M16 Y2 380 В50 Гц, IM3081 TY16-525,571-84,  $N = 2,2 \text{ кВт}$ .

### 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ВОВЧКА ЛПК-1600В В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ЙОГО КОМПЛЕКТАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ

#### 3.1. Структурно-механічні характеристики вовчка

Подрібнення - це процес розділення м'ясної сировини під механічною дією ріжучих інструментів з утворенням нових поверхонь. Різання супроводжується пластичною деформацією, тертям між контактуючими поверхнями м'яса та різальних інструментів і підвищенням їх температури.

В табл. 3.1. наведено класифікацію подрібнення за розмірами м'ясної сировини. Для перетворення м'ясної сировини в однорідну масу у ковбасному виробництві переважно застосовують тонке, дрібне і середнє подрібнення. При однаковому хімічному складі, але різному ступеню подрібнення, м'ясна сировина характеризується різними значеннями структурно-механічних характеристик (СМХ), які безпосередньо впливають на вихід та якість готової продукції.

Численні дослідження показали, що якість і вихід готових ковбасних виробів значною мірою залежать від СМХ і реологічних властивостей (РВ) м'ясного фаршу та дотримання рецептур.

Таблиця 3.1. Класифікація подрібненої сировини за розмірами

Подрібнення	Середній розмір шматка, мм	
	до подрібнення	після подрібнення
Велике	до 300	до 100
Середнє	до 200	60...10
Дрібне	200...100	10...2
Тонке	10...2	2,0...0,4
Надтонке (колоїдний розмел)	2,0...0,4	$75 \cdot 10^{-3} \dots 1 \cdot 10^{-3}$

Досліджено фізико-хімічну механіку тонкого подрібнення м'яса та залежність СМХ і реологічних властивостей (РВ) м'ясного фаршу від складу сировини та режимів подрібнення фрезами.

СМХ і РВ фаршу безпосередньо впливають на його пружність і вологозв'язуючу здатність, розчинність і стан білків, втрати маси ковбасних виробів під час термічної обробки та їх якісні показники. Тому дослідження та оптимізація ступеня подрібнення сортів м'ясної сировини є актуальними для виробництва високоякісного м'ясного фаршу та створення засобів контролю.

Подрібнення забезпечує формування таких шматків м'ясного фаршу, коли контактуюча поверхня утворює масу однорідної структури, зв'язуючи при цьому максимально можливу кількість вологи з деякими СМХ і РВ. Використовуючи різні види машини для подрібнення – кутер, кутер-змішувач, колоїдний млин, емульгатор, агрегат безперервної дії, отримують різну якість фаршу. У всіх машинах такого типу подрібнюючі процеси є схожими. В той же час оптимальна тривалість подрібнення, яка забезпечує гранично необхідні значення фізико-хімічних властивостей і технологічних характеристик продукту, неоднакова і має конструктивну залежність від різальних інструментів і кінематичних характеристик машин.

Тонкого подрібнення м'ясної сировини здійснюється при високих швидкостях. Під час тертя різальних інструментів виділенням великої кількості теплоти. Це може призвести до зміни водозв'язуючої здатності та СМХ подрібненого м'яса, а також до денатурації білків. Завдяки цьому було розроблено методіку залежності оптимальної тривалості подрібнення з урахуванням від характеристик різальних частин машин.

У переважній більшості подрібнювальних машин відсутні інструменти та пристрої, що контролюють СМХ і РВ м'ясного фаршу, які визначають закінчення процесу. На більшості м'ясопереробних підприємств ці операції виконують завідувачі виробництва, і від їх кваліфікації залежить якість готової продукції. Тому виникає необхідність у створенні автоматичних пристроїв для визначення готовності м'ясного фаршу. Для цього необхідно визначити

об'єктивні критерії завершення процесу подрібнення з урахуванням СМХ і РВ дисперсної системи, які можуть бути взяті за основу при проектуванні засобів і пристроїв контролю.

### **3.2. Дослідження зміни часу роботи вовчка від кількості отворів в решітці для різних видів помолу**

Час приготування фаршу при використанні діючого обладнання є досить тривалим, складає 3,07 год. Ставимо за мету скоротити час приготування технологічної продукції м'ясного фаршу. Для роботи цеху необхідно фаршу : грубого помолу ( $d=20-35$  мм)  $m_{gp} = 360\text{кг}$ ; середнього помолу ( $d=8-12$  мм)  $m_{cp} = 120\text{кг}$ ; дрібного помолу ( $d=2-4$  мм)  $m_{dp} = 120\text{кг}$ .

Продуктивність м'ясорубки залежить від величини помолу м'яса та кількості отворів решіток. Використовуючи ППП Matlab, будемо графіки від цих залежностей, рис. 3.1-3.3.

Для ритмічної роботи м'ясорубки вибираємо параметри решіток:

дрібного помолу  $d=3$  мм,  $z=170$ ,  $t_{dp} = 24\text{хв}$ ;

середнього помолу  $d=12$  мм,  $z=90$ ,  $t_{dp} = 30\text{хв}$ ;

грубого помолу  $d=35$  мм,  $z=3$ ,  $t_{dp} = 28\text{хв}$ .

Прийняті конструктивні зміни дозволяють скоротити час приготування м'ясного фаршу з 3,07 до 1,36 годин, зменшивши в 2,26 раз.

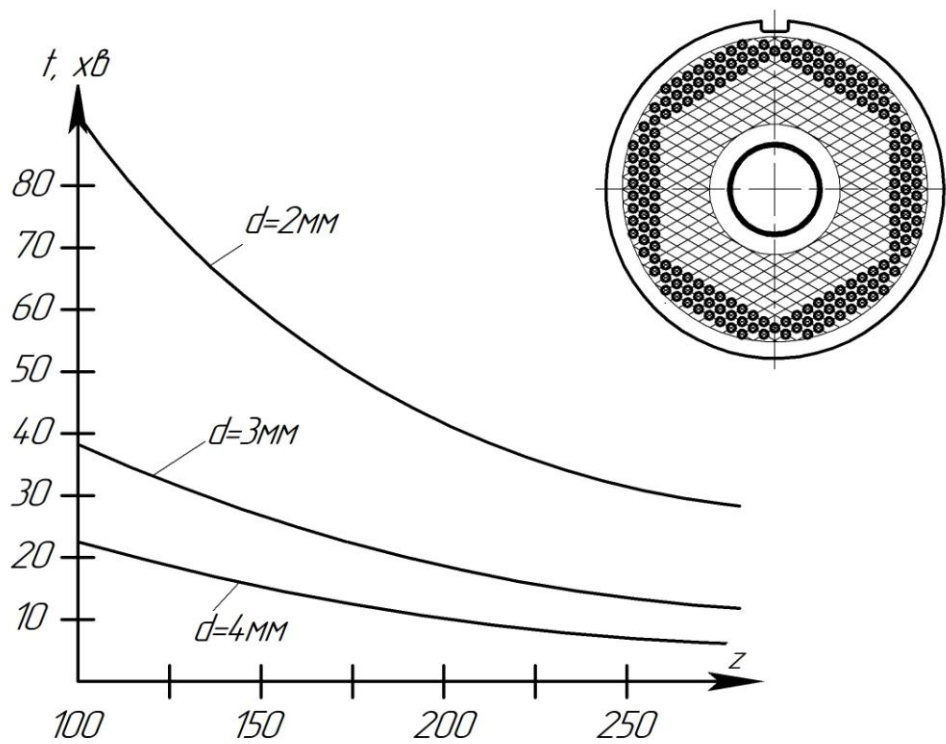


Рисунок 3.1 – Графік зміни часу роботи вовчка від кількості отворів в решітці для дрібного помолу,  $m_{др} = 120\text{кг}$

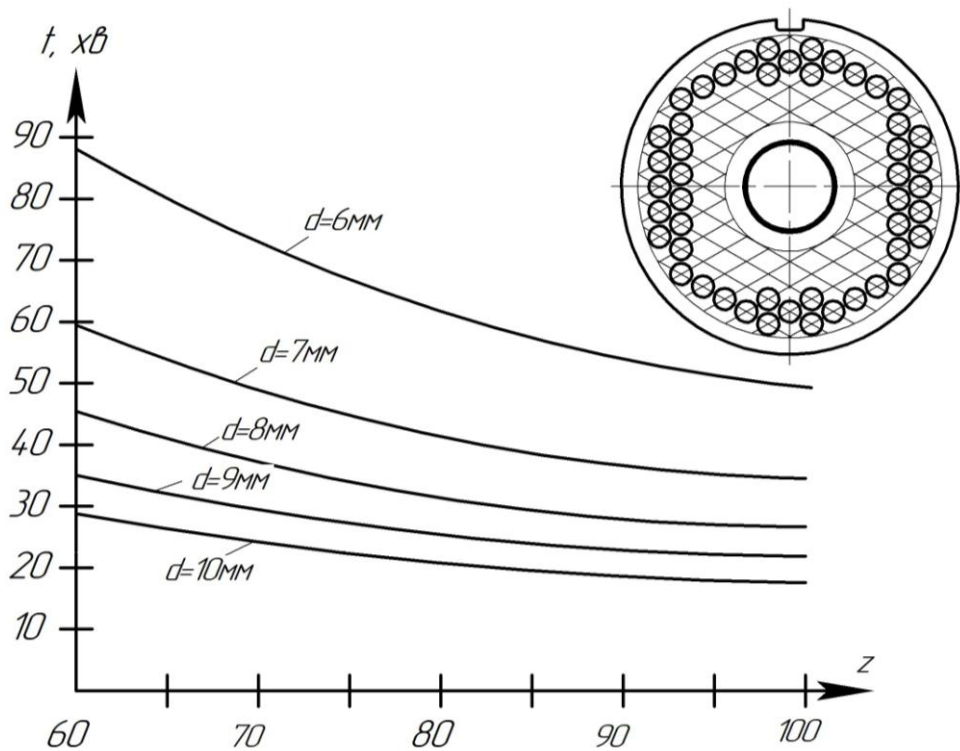


Рисунок 3.2 – Графік зміни часу роботи вовчка від кількості отворів в решітці для середнього помолу,  $m_{ср} = 120\text{кг}$



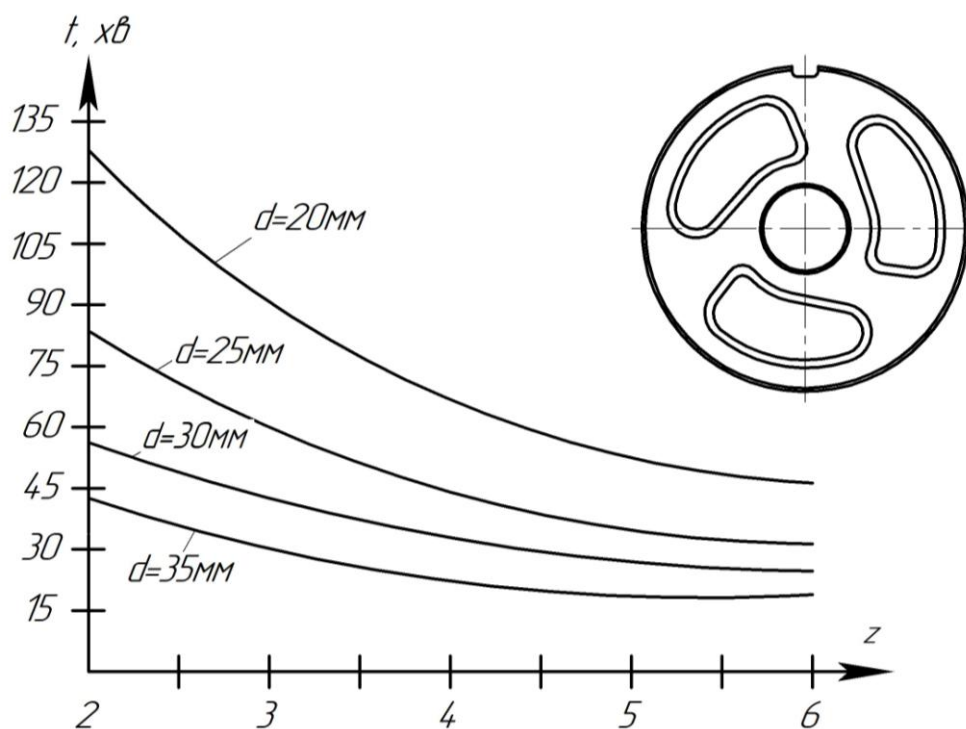


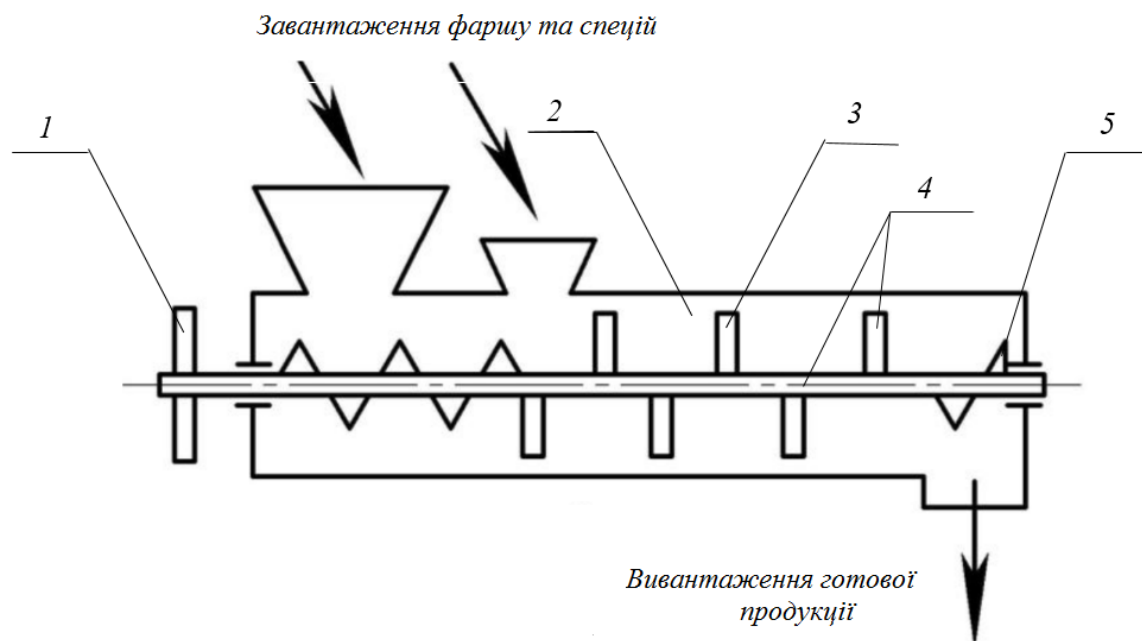
Рисунок 3.3 – Графік зміни часу роботи вовчка від кількості отворів в решітці для грубого помолу,  $m_{2p} = 360\text{кг}$

### 3.3. Аналітичний дослід якості фаршу

Для підвищення якості ковбасних виробів використовують різноманітні добавки (спеції, сіль, нітрити). Добавки складаються з різних компонентів, які використовують для поліпшення смаку. Запровадження таких технологій призводить до вищої конкурентоспроможності продукції на ринку.

Повне механічне змішування добавок (сіль, спеції) під дією робочих органів фармішалки (рис. 3.4) і зовнішніх сил, досягається невпорядкованістю розподілу часток відповідно до вимог вмісту добавок суміші рівномірного розподілу у порції згідно з технологічних вимог зазначених у рецепті суміші для кожної технологічної продукції. Отже, у фаршзмішувачах з досконалішою конструкцією потік компонентів м'ясосуміші відбувається за допомогою

вирівнювання концентрації компонентів об'єму суміші, більш складних траєкторій, збільшення зіткнень і перетинів ніж у звичайних змішувачах [9,32].



1 – двигун; 2 – бак з фаршем; 3 – робочий орган змішування фаршу; 4 – вал приводу лопатей; 5 – механізм вивантаження готової продукції ;

Рисунок 3.4 – Схема процесу вимішування фаршу

Проводили кінематику руху частинки суміші , враховуючи кут нахилу лопаток і сили тертя [9]. На рис. 3.6 показано наявність тертя між лопаткою і ковбасною сумішшю залежно від кута нахилу лопатки до осі  $\alpha$  вала:

– переміщення точки компонента суміші в напрямку осі відбудеться на величину  $h_0$  визначену за формулою

$$h_0 = S \cdot \frac{\cos \alpha \cdot \cos(\alpha + \varphi)}{\cos \varphi}; \quad (3.1)$$

– вздовж осі, але в зворотньому напрямку

$$z = S \cdot \frac{\sin \alpha \cdot \sin(\alpha + \varphi)}{\cos \varphi}; \quad (3.2)$$

де  $\varphi$  – кут тертя частки по поверхні лопаті,  $\varphi = \text{arctg}(f)$ ;

$f$  – коефіцієнт тертя частки фаршу з поверхнею лопаті;

$\alpha$  – геометричне положення лопаті по відношенні до осі;

$S$  – відстань між лопатями.

Схематизація руху частинки фаршу показана на рис.3.5.

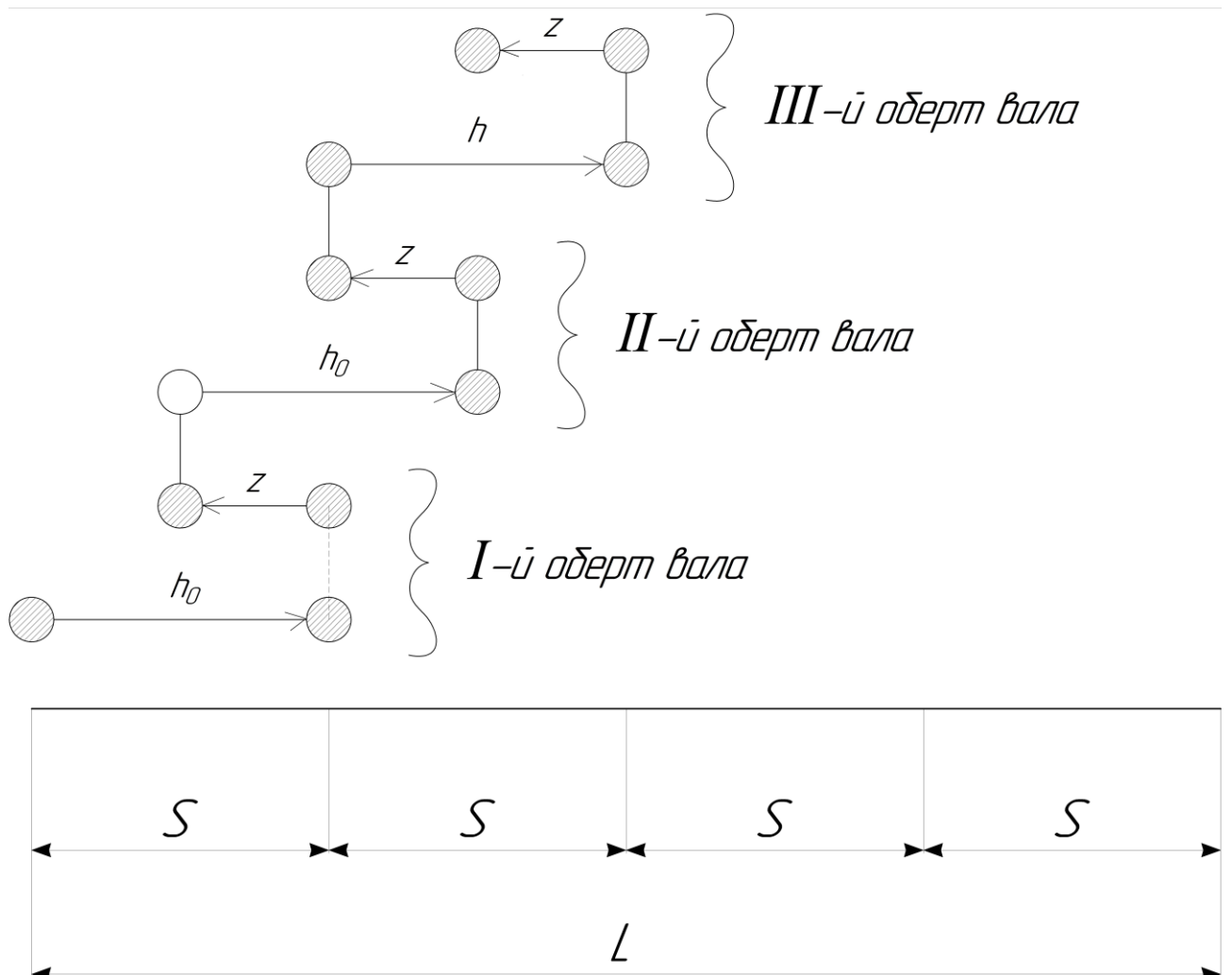


Рисунок 3.5 – Схематизація руху частинки фаршу вздовж осі фаршзмішувача

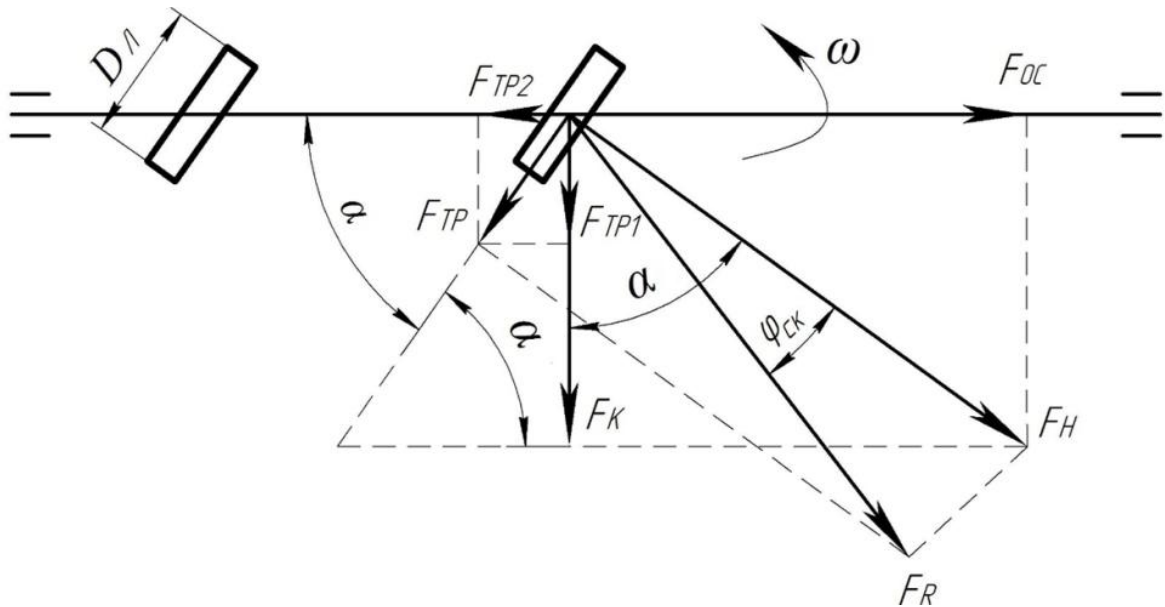


Рисунок 3.6 – Схема сил, що діють на лопать

Зворотно поступальний рух частинки суміші залежить від 2-х факторів: кута нахилу лопаті мішалки  $\alpha$  та коефіцієнта тертя  $\varphi$  між фаршем та лопаттю.

Проаналізуємо вплив коефіцієнта тертя на рух частинок, що залежить від того на який кут  $\alpha$  нахилені лопаті відносно осі вала (рис. 3.7).

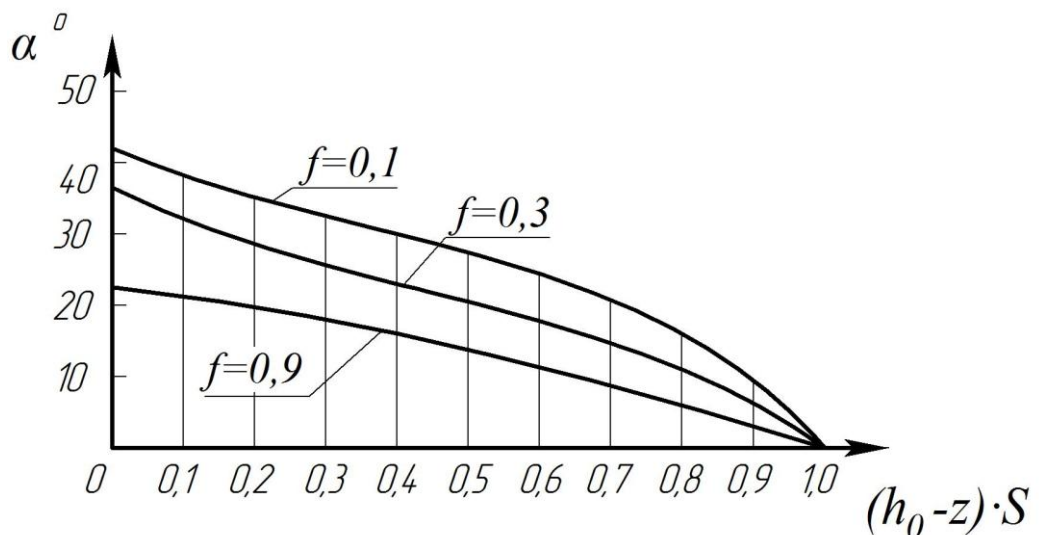


Рисунок 3.7 – Графік залежності осьового переміщення фаршу від зміни коефіцієнта тертя (суміш-лопать) та кута нахилу лопатей до осі вала

Якість суміші фаршу залежить від кількості циклів  $Z$  проходження частинок суміші вздовж осі змішувача, яку слід визначити лабораторним шляхом.

Для одного циклу необхідно, щоб вал змішувача здійснив  $n_{\text{ц}}$  обертів, тоді

$$n_{\text{ц}} = \frac{L}{h_0 \cdot z} \quad (3.3)$$

$$z = k \cdot n_{\text{ц}} \quad (3.4)$$

де  $k$  – кількість циклів проходження однієї частини фаршу вздовж осі мішалки, для забезпечення відповідної якості.

Використовуючи графік рис. 3.7, для відповідного коефіцієнта тертя  $\varphi$ , коригуючи кут нахилу  $\alpha$  лопатей до осі, задати переміщення частинки фаршу  $(h_0 - z)S$  вздовж осі мішалки для забезпечення заданої якості продукції.

Для повноцінного змішування компонентів фаршу необхідно попередньо визначити коефіцієнт тертя часток фаршу із поверхнею лопаті для оптимального встановлення кута лопаті змішувача. Якість змішування фаршу слід визначити користуючись рис. 3.7.

## **4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

### **4.1. Загальні вимоги безпеки на м'ясопереробних підприємствах**

Загальні вимоги електро-, пожежо- і вибухонебезпеки до обладнання м'ясопереробних підприємств регламентує ГОСТ 12.2.124-90.

Електроустаткування й електроапаратуру, встановлюють у вибухобезпечних або пожежобезпечних зонах. Їх виконання має відповідати ГОСТ 12.1.011-78, ГОСТ 12.2.020-76.

Виконання і ступінь захисту електроустаткування, електроапаратури зазначають в нормативних документах (НД) на конкретне обладнання.

Електроустаткування має мати пристрої чи механізми, які забезпечують:

– зупинення у разі виникнення небезпеки і (за потреби) реверсування рухів;

– вимкнення від джерела живлення.

Обов'язковим є передбачити захист електродвигунів від перевантажень і короткого замикання за допомогою автоматичних вимикачів або теплових реле.

Припинення, повторне ввімкнення енергопостачання не повинні призводити до небезпечних ситуацій. Електроустаткування треба захищати від спонтанного ввімкнення приводу при відновленні перерваної подачі електроенергії.

Електрообладнання, що підживлює кабелі й проводи, призначені для керування устаткуванням, за винятком пристроїв, що мають закріплюватися на устаткуванні, переносять в окремі шафи або ніші, що закриваються за спеціальними ключами.

Для живлення ланцюгів керування технологічним устаткуванням, установленим в особливо небезпечних приміщеннях і приміщеннях підвищеної небезпеки, ланцюгів керування пересувного устаткування і для живлення ручних інструментів використовують напругу, що не перевищує 42 В [2, 35].

Для стаціонарно встановлених машин і апаратів можна застосувати напруги не більше ніж 110 В постійного і не більше як 220 В змінного струму. Оболонки електричних апаратів, розташованих безпосередньо на машинах (у тому числі електроблокувальних пристроїв), повинні мати ступінь захисту за ГОСТ 14254-96 не нижче за IP55 – в особливо небезпечних приміщеннях і IP54 – у приміщеннях підвищеної небезпеки [2].

Для відведення пилю, легкозаймистих або вибухонебезпечних сумішей повинна бути передбачена самостійна вентиляційна система. Підключення до загальної вентиляційної системи не допускається. Корпуси машин і апаратів, що мають електроустаткування або електропроводку, повинні мати захисне заземлення або занулення відповідно до ГОСТ 12.1.030-81, ГОСТ 12.2.007.0-75, ГОСТ 21130-75.

Устаткування, в якому використовуються пожежовибухонебезпечні речовини, повинне оснащуватися засобами контролю за умовами безпеки відповідно до ГОСТ 12.1.044-89 і пристроями, що захищають технологічні процеси у разі виникнення пожежі або вибуху. Таке устаткування має бути обладнане протиаварійними пристроями: клапанами, автоматичними системами придушення вибухів тощо.

За будь-якого способу ручного керування на кожній машині, що входить до складу технологічної лінії, передбачається аварійна кнопка «Стоп». На транспортних пристроях такі кнопки мають розміщуватися в місцях пуску цих пристроїв і через кожні 10 м, якщо довжина транспортних пристроїв перевищує 10 м.

Загальні вимоги до захисних засобів передбачені ГОСТ 12.2.124-90. Усі рухомі, обертові і виступні частини устаткування допоміжних механізмів, якщо вони є джерелом небезпеки для людей, мають бути надійно обгороджені або розташовані так, щоб унеможлиблювалося травмування обслуговуючого персоналу (ГОСТ 12.2.062-81).

Конструкція і розташування засобів захисту не повинні обмежувати технологічні можливості устаткування і мають забезпечувати зручність

експлуатації і технічного обслуговування. Конструкція засобів захисту має забезпечувати можливість контролю виконання захисної функції до початку й у процесі функціонування устаткування.

Знімні, відкидні і розсувні огороження робочих органів мають відповідати ГОСТ 12.2.003-91. Легкознімні огороження устаткування зблоковують з пусковими пристроями електродвигунів для їхнього вимкнення і запобігання пуску при відкриванні або знятті огорожень. Небезпечні зони робочих органів, які конструктивно неможливо відгородити, повинні мати безконтактне блокування (наприклад, фотоблокування) [2,35].

Відстань між огороженнями, виготовленими з перфорованого матеріалу або сітки, і небезпечним елементом наведено в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Дані про суцільні огороження

Діаметр кола, вписаного в отвір решітки (сітки), см	Відстань від огороження до небезпечного елемента, см
До 8 (включно)	Не менше як 15
8...10	16...35
10...25	35... 120
25...40	120...200

Сигнальні пристрої, що попереджають про небезпеку, слід виконувати і розташовувати так, щоб можна було розрізнити і чути сигнали у виробничій обстановці.

Укладання і кріплення електропроводки мають унеможливити її пошкодження, перегрівання, вплив агресивних середовищ і виконуватися без натягу проводу.

Вимоги до систем і органів керування устаткуванням передбачені ГОСТ 12.2.124-90, вимоги до шумових характеристик устаткування – ГОСТ 12.1.003-83. Вимоги до вібраційних характеристик на робочих місцях обслуговування устаткування керуються ГОСТ 12.1.012-90.

Монтажні й ремонтні роботи на переробних підприємствах як і в цілому, забороняється здійснювати на працюючому обладнанні, а також за наявності



пожежовибухонебезпечних речовин.

Для теплоізоляції устаткування потрібно застосовувати тільки неспалимі або важкозаймисті матеріали.

Під час транспортування устаткування має бути обладнане пристроєм стропування. Складові устаткування масою понад 16 кг повинні транспортуватися на робочі місця вантажопідіймальними засобами, при цьому на них повинні бути позначені місця для приєднання вантажопідіймальних засобів.

Устаткування перевозять на автомобільному або залізничному транспорті, воно не має виходити за межі встановлених габаритних розмірів.

Складальні одиниці устаткування, що при завантаженні (розвантаженні), транспортуванні і зберіганні можуть мимовільно переміщатися, повинні мати пристрої для їхньої фіксації у визначеному положенні.

#### **4.2. Загальні вимоги санітарії на м'ясопереробних підприємствах**

Конструкція устаткування, яке застосовують на м'ясопереробних підприємствах має забезпечувати захист продуктів, які виготовляються від зовнішніх забруднень, унеможливлювати винесення продукту і забруднення навколишнього середовища, а також забезпечувати повне спорожнювання, якісне очищення, запобігати застою продукту й утворенню вогнищ гниття, що можуть призвести до зміни його властивостей.

Усі поверхні такого обладнання повинні бути доступні для санітарного оброблення і контролю.

У конструкції устаткування не повинно бути місць, що не промиваються, або поверхонь, що стикаються з продуктом, глухих «кишень», технологічно необґрунтованих перегородок, сходинок, кромок, різких звужень поперечного перерізу.

Конструкція устаткування із замкнутою системою санітарного

оброблення має забезпечувати можливість періодичного розбирання для ручного очищення і контролю.

Конструкція устаткування продовольчої зони має забезпечувати цілісність конструктивних елементів. Не допускається з'єднання внапусток, застосування заклепок, болтів і переривчастого зварювання.

Чани, ванни, лотоки, жолоби, металеві технологічні ємкості повинні мати гладеньку поверхню, що легко очищається, без щілин, зазорів, які ускладнюють санітарне оброблення.

Ущільнювальні пристрої валів, що відокремлюють зони, повинні унеможливити потрапляння м'ясного соку (фаршу, мийних засобів та ін.) у механізм приводу і мастильних матеріалів у продукт [2].

Устаткування для переробних м'ясопродуктів необхідно виготовляти з матеріалів, дозволених Міністерством охорони здоров'я України, або воно повинне мати покриття, що не спричинює шкідливого впливу на продукт, який переробляється. Обладнання має бути стійким до корозії, не вступати в хімічні сполуки і бути стійким до впливу мийних лужних розчинів, що містять хлор.

У продовольчій зоні забороняється застосовувати свинець, цинк, мідь, а також сплави і покриття з них, покриття з кадмію, нікелю, хрому, емалей, пінопластів, пластмас на основі фенолформальдегіду, матеріали, що містять скловолокно, азбест, вироби з деревини (за винятком дощок з міцної деревини для оброблення продуктів), кераміки, скла, лакофарбових покриттів [2,35].

Конструкційні матеріали під час чищення і дезінфекції устаткування мають бути стійкими до хімічного, теплового і механічного впливу.

Колір конструкційного матеріалу не повинен впливати на оцінювання стану продукції і заважати виявленню забруднень на ньому.

При виготовленні металоконструкцій виробничої зони (рам, станин тощо) слід застосовувати профілі замкнутого перерізу.

Порожнини труб у металоконструкціях мають бути закриті зварюванням або стикуванням із плоскими поверхнями.

Розміщення устаткування відносно підлоги, стін, перекриття, з'єднання

устаткування трубопроводами, зв'язок із виробничою каналізацією не повинні перешкоджати санітарному обробленню і контролю, а також бути джерелом забруднення продукту, що виготовляється.

Не допускається розміщення устаткування із зануренням його в підлогу. Висота розташування днища стаціонарного устаткування від підлоги повинна бути не більше як 200 мм, або устаткування має щільно без зазору, за допомогою ущільнення, прилягати до підлоги.

Ізоляцію поверхонь устаткування необхідно виконувати з теплоізоляційних матеріалів, що не забруднюють атмосферу і продукт під час експлуатації, чищення й ремонту.

Матеріали, виготовлені на основі скловолокна та азбесту, для теплоізоляції будь-яких поверхонь або порожнин використовувати забороняється[2,35].

### **4.3. Надзвичайні ситуації воєнного часу**

Сучасні засоби, які використовуються для ведення бойових дій, мають руйнівний характер і здатні не тільки зруйнувати або ушкодити окремі будівлі чи споруди, а повністю знищити велике місто або весь регіон. Тільки добре вивчивши можливості, вражаючі фактори та засоби застосування сучасної зброї, можна організувати та здійснити захист населення й об'єктів народного господарства країни. Виходячи з цього, необхідно знати дію вражаючих факторів зброї масового ураження та сучасної звичайної зброї.

Вражаючі фактори ядерної зброї.

До сучасних засобів ураження відносять зброю масового ураження – ядерну, хімічну, бактеріологічну та звичайні засоби нападу.

Ядерною називається зброя, вражаюча дія якої обумовлена енергією, що виділяється під час протікання ядерних реакцій поділу та синтезу. Ця зброя включає різні ядерні боєприпаси, засоби керування ними й засоби доставки

боєприпасів до цілі. Вона є найпотужнішим видом зброї масового ураження, призначеної для масового ураження людей, знищення або зруйнування адміністративних і промислових центрів, різних об'єктів, споруд, техніки.

Вражаюча дія ядерного вибуху залежить від типу ядерного боєприпасу, його потужності та виду вибуху. Потужність ядерного боєприпасу характеризується тротиловим еквівалентом, тобто масою тротилу, при вибусі якої утворюється енергія вибуху цього ядерного боєприпасу. Вимірюють тротиловий еквівалент у тонах, кілотонах, мегатонах. За потужністю ядерні боєприпаси поділяють на найменші (менше 1 тис. т), малі (1–10 тис. т), середні (10–100 тис. т), великі (100–1 млн т) та найбільші (більш ніж 1 млн т) [4,34].

Ядерні вибухи можуть здійснюватися на поверхні землі або води, під землею або водою та в повітрі на різній висоті. У зв'язку з цим розрізняють наземний, підземний, повітряний та висотний вибухи.

Наземні ядерні вибухи здійснюють для руйнування споруд великої міцності, а також у тих випадках, коли бажане сильне радіоактивне забруднення місцевості.

Повітряні ядерні вибухи здійснюють для руйнування маломіцних споруд, ураження людей, техніки на великих площах або тоді, коли сильне радіоактивне забруднення небажане.

Величезна кількість енергії, що вивільняється в момент вибуху, витрачається на створення ударної хвилі, світлового випромінювання, проникаючої радіації, радіоактивного забруднення місцевості та навколишнього середовища, електромагнітного імпульсу. Всі ці показники називаються вражаючими факторами ядерного вибуху.

Хімічна зброя та її вражаюча дія.

Хімічною зброєю називають отруйні речовини та засоби їхнього застосування – авіаційні бомби, артилерійські снаряди, реактивні снаряди тощо.

Отруйні речовини (надалі ОР) можна класифікувати за різними ознаками, наприклад, за їх фізико-хімічними властивостями та за токсичністю.

За фізико-хімічними властивостями ОР поділяються на стійкі, нестійкі та

отруйні димові речовини.

Стійкі ОР зберігають свою вражаючу дію на ґрунті й місцевих предметах від декількох годин до кількох діб. Типовими представниками цієї групи ОР є зоман, V-гази, іприт.

Нестійкі ОР при бойовому застосуванні зберігають вражаючу дію від кількох хвилин до декількох годин. Типовими представниками є синильна кислота, фосген.

Отруйні димові речовини застосовують в аерозольному стані у вигляді диму для забруднення атмосфери. Типовими представниками цієї групи ОР є подразнюючі ОР. Їх часто використовують при виконанні поліцейських функцій.

За токсичністю ОР поділяються на такі групи: нервово-паралітичної дії (зарин, зоман, V-гази); шкіряно-наривної дії (іприт); загальноотруйної дії (синильна кислота, хлорціан); задушливої дії (фосген, дифосген); психохімічної дії (BZ, ЛСД-25); подразливої дії (CS, хлорацетофенон, адамсит).

При бойовому застосуванні отруйні речовини можуть уражати незахищених людей та тварин, а також забруднювати місцевість, споруди, техніку, продовольство, воду.

Отруйні речовини нервово-паралітичної дії впливають на нервову систему, викликаючи судороги, звуження зіниць, втрату свідомості та смерть.

ОР шкіряно-наривної дії здійснюють вплив через шкіру й слизові оболонки. Потрапляючи у кров, вони розповсюджуються по всьому організму, викликаючи отруєння.

ОР загальноотруйної дії потрапляють в організм через органи дихання й травлення. При тяжкому отруєнні спостерігається розширення зіниць, судороги, параліч та смерть.

ОР задушливої дії потрапляють в організм інгаляційним шляхом, тобто через легені разом з повітрям. При смертельних концентраціях спостерігається сильний набряк легенів і людина гине від задухи.

ОР психохімічної дії призводять до тимчасового розладу психічної

діяльності людини. Можуть з'являтися слухові та зорові галюцинації, деформація простору та часу, відрив від дійсності. Усе це може призвести до немотивованих вчинків. Смертельних уражень, як правило, ці ОР не викликають.

Радіаційний і хімічний захист.

Зараз в світі виробляють і використовують сотні різних небезпечних хімічних речовин (надалі НХР). На території України рятувальникам приходится стикатися з десятками найбільш розповсюджених з них. Такі речовини можуть знаходитись в газоподібному, рідкому і твердому агрегатному станах.

НХР впливають на людину комплексно, різними вражаючими факторами залежно від: фізико-хімічних і токсикологічних якостей НХР, термічної і ударної дії, виникаючої під час горіння і вибухів [4,34,40].

Необхідною умовою вражаючої дії НХР на людину є їх попадання в організм або стикання з поверхнею тіла. В організм НХР можуть потрапити через органи дихання (інгаляційно), шлунково-кишковий тракт (перорально), шкіру (резортивно).

Основна мета радіаційного і хімічного захисту населення і територій [4,34]:

- не припустити або максимально послабити вплив радіоактивного та хімічного зараження людей і територій і таким чином виключити або зменшити ступінь їх ураження;
- створити умови для сталої роботи господарських об'єктів, транспортних, енергетичних, водо-, каналізаційних та інших мереж в умовах радіоактивного, хімічного і біологічного зараження;
- виключити або значно зменшити втрати сільськогосподарських тварин, запобігти зараженню продовольства, харчової сировини, вододжерел радіоактивними, хімічними і біологічними речовинами і засобами;
- забезпечити ефективне виконання рятувальних та інших невідкладних робіт (РІНР) на зараженій території і безпосередньо в осередках ураження.

Радіаційний і хімічний захист населення і територій включає [4,34,41].:

- виявлення та оцінювання радіаційної і хімічної обстановки;
- організацію та здійснення дозиметричного і хімічного контролю;
- розроблення та впровадження типових режимів радіаційного захисту;
- використання засобів колективного захисту;
- використання засобів індивідуального захисту;
- проведення йодної профілактики рятувальників, які залучаються до ліквідації радіаційної аварії;
- здійснення санітарної обробки населення та спеціальної обробки одягу, майна і транспорту.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Під час виконання дипломної роботи досліджено процес виробництва ковбасних виробів, а також фактори, що впливають на якість готового продукту.

Проаналізовано актуальні засоби виробництва та сучасні технології в сфері ковбасного виробництва.

Здійснено аналіз та розрахунок обладнання для виготовлення ковбасних виробів. До переліку обладнання входить: вовчок (для подрібнення сировини на фарш), фаршмішалка (для перемішування фаршу та надання масі однорідної структури), шприц (для наповнення фаршем харчової оболонки). Окремо наведені креслення вовчка з переліком компонентів обладнання та змінних решіток з різним діаметром отворів, а також креслення фаршмішалки та шприца. Проведений аналіз принципу роботи обладнання.

Серед числа необхідних розрахунків є розрахунок продуктивності вовчка, який залежить від величини помолу м'яса та кількості отворів решіток. Використовуючи ППП Matlab, побудували графіки від цих залежностей. Прийняті конструктивні зміни дозволили скоротити час приготування м'ясного фаршу з 3,07 до 1,36 годин, зменшивши в 2,26 раз, тим самим забезпечивши ритмічність роботи цеху.

Розраховано потужність машин та зусилля, яке витрачається на переміщення продукту у вовчку.

Проведений розрахунок та аналіз навантаження, що діє на робочі органи вовчка та фаршмішалки (шнек та місильні лопаті відповідно). Підібрано двигун, що забезпечить необхідну продуктивність роботи в потрібному для виробництва режимі.

В процесі роботи було систематизовано всі отриманні дані, проведені розрахунки отримано числові результати.

Здійснено аналіз заходів з охорони праці у надзвичайних ситуаціях під час роботи досліджуваного обладнання на виробництві.



## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Віннікова Л. Г. Теорія і практика переробки м'яса. Ізмаїл: СМІЛ, 2000. 172 с.
2. Гвоздєв О.В., Ялпачик Ф.Ю., Рогач Ю.П., Кюрчева Л.М. Технологічне обладнання для переробки продукції тваринництва: Навч. посібник /За ред. О.В. Гвоздєва. Суми: Довкілля, 2004. 420 с.
3. Гевко Р.Б., Хомик Н.І., Жаровський О.С., Довбуш Т.А Деталі машин та основи автоматизованого конструювання: навчальний посібник до лабораторних робіт Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2021. 256 с.
4. Гогіташвілі Г.Г., Лапін В.М. Основи охорони праці. Львів: Новий світ, 2000. 230 с.
5. Довбуш Т.А. Методи проектування сільськогосподарських машин: навчально-методичний посібник до курсового проектування /Т.А. Довбуш, Н.І. Хомик, А.Д. Довбуш. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2019. 72 с.
6. Довбуш Т.А. Опір матеріалів: навчальний посібник до виконання розрахунково-графічних робіт і самостійної роботи / Т.А. Довбуш, Н.І. Хомик, А.В. Бабій, Г.Б. Цьонь, А.Д. Довбуш. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2022. 220 с.
7. Довбуш А.Д. Прикладна механіка і основи конструювання: навчально-методичний посібник до розрахунково-графічної роботи / А.Д. Довбуш, Т.А. Довбуш, Н.А. Рубінець. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2015. 116 с.
8. Закалов О.В. Проектування підприємств харчової промисловості / О.В. Закалов, І.О. Закалов. Тернопіль: видавництво ТДТУ ім. І. Пулюя, 2007. 261с.
9. Кісільов Р.В. Теоретичні дослідження процесу змішування кормів стрічково-лопатевим змішувачем. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація, 2011 р., випуск 24, ч.1., с.167-175.

10. Лесик Б.В., Трисвятський Л.О., Сніжко В.Л. Зберігання і технологія сільськогосподарських продуктів. К.: Вища школа, 1980.
11. Машина та обладнання переробних виробництв: Навч. посібник / О.В. Дацишин, А.І. Ткачук, Д.С. Чубов та ін.; За ред. О.В. Дацишина. К.: Вища освіта, 2005. 159 с.
12. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості / І.С. Гулий, М.М. Пушанко, Л.О. Орлов та ін. Вінниця: Нова книга, 2001. 576 с.
13. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості / за ред. академіка УААН І. С. Гулого. Вінниця: Нова книга, 2010. 576 с.
14. Поперечний А.М. Моделювання процесів та обладнання харчових виробництв / А.М. Поперечний, В.О. Потапов, В.Г. Корнійчук. Київ: «Центр учбової літератури», 2012. 312с.
15. Стренк Ф. Перемішування і апарати з мішалками / Ф. Стренк. Санкт-Петербург: видавництво «Хімія», 1975. 384с.
16. Сухенко В.Ю. Моделювання технологічних процесів обладнання переробних підприємств АПК: Монографія / В.Ю. Сухенко, Ю.Г. Сухенко, В.В. Сарана, М.М. Муштрук / за ред. д.т.н. Сухенка В.Ю. К.: ЦП «КОМПРИНТ», 2017. 520 с.
17. Технологія м'яса та м'ясних продуктів: підруч. / [М. М. Клименко, Л. Г. Віннікова, І. Г. Береза та ін.] ; за ред. М. М. Клименка. К. : Вища освіта, 2006. 640 с.
18. Технологічне обладнання та технологія переробки м'яса: курс лекцій для студентів спеціальності 7.09010201 і 8.09010201 «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва» / Л. О. Стріха, І. В. Назаренко. Миколаїв : МНАУ, 2015. 90 с.
19. Хомик Н.І. Вступ до фаху: навчальний посібник для студентів спеціальності 208 «Агроінженерія» / Н. І. Хомик, Г. Б. Цьонь, Т. А. Довбуш, І. Й. Блозва, А. Д. Довбуш. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2022. 348 с.

20. Хомик Н.І. Деталі машин. Курс лекцій для студентів заочної форми навчання. / Н.І. Хомик, А.Д. Довбуш., О.П. Цьонь. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2016. 160 с.
21. Хомик Н.І., Довбуш А.Д., Олексюк В.П. Машини та обладнання для тваринництва. Курс лекцій. Частина перша. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2021. 240 с.
22. Хомик Н.І., Довбуш А.Д. Олексюк В.П. Машини та обладнання для тваринництва. Курс лекцій. Частина друга. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2021. 246 с.
23. Хомик Н.І. Машини та обладнання для тваринництва: навчальний посібник до практичних занять та самостійної роботи / Н. І. Хомик, Т.А. Довбуш, Г.Б. Цьонь. А.Д. Довбуш Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. 360 с.
24. Хомик Н.І. Механізація переробки та зберігання сільськогосподарської продукції: курс лекцій / Н.І. Хомик, В.П. Олексюк, О.П. Цьонь Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2016. 288с.
25. Хомик Н.І. Механізація переробки та зберігання сільськогосподарської продукції: методичні вказівки до лабораторних робіт / Н.І. Хомик, А.Д. Довбуш, Н.А. Рубінець. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2016. 52с.
26. Хомик Н.І. Механізація переробки та зберігання сільськогосподарської продукції: практикум для самостійної роботи та практичних робіт / Н.І. Хомик, Н.А. Антончак. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2017. 124 с.
27. Хомик Н.І. Механізація переробки та зберігання сільськогосподарської продукції: навчально-методичний посібник до виконання курсової роботи / Н.І. Хомик, Н.А. Антончак. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2017. 112 с.
28. Хомик Н.І. Методичний посібник до виконання дипломної роботи для здобуття освітнього ступеня «магістр» для спеціальності 133 Галузеве машинобудування /Н.І. Хомик, М.Я.Сташків, В.П.Олексюк. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2018. 164 с.

29. Хомик Н.І. Основи агрономії: навчальний посібник (курс лекцій) / Н. І. Хомик, Г.Б. Цьонь, Т.А.Довбуш, В.П. Олексюк. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2021. 232 с.
30. Хомик Н.І. Технологія виробництва і переробки сільськогосподарської продукції: курс лекцій / Н.І.Хомик, Н.Б. Гаврон, Н.А. Рубінець. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2016. 248 с.
31. Хомик Н.І., Ткаченко І.Г., Довбуш А.Д. Машини та обладнання для тваринництва: навчальний посібник до курсового проєктування / Н. І. Хомик, І.Г. Ткаченко, А.Д. Довбуш. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. 100 с.
32. Хомик Н.І. Машини та обладнання для тваринництва: курс лекцій. Ч. 1 / Хомик Н.І., Довбуш А.Д. – Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2013. – 224с.
33. Хомик Н.І., Цьонь Г.Б., Довбуш Т.А., Антончак Н.А. Основи агрономії: навчальний посібник до практичних занять та самостійної роботи Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2021. 320 с.
34. Цивільна оборона. Підручник / За редакцією В.С. Франчука. Київ: Знання, 2001. 256 с.
35. Ялпачик В.Ф. Навчальний посібник / В.Ф. Ялпачик, В.О. Олексієнко, Ф.Ю. Ялпачик, К.О. Самойчук, О.В. Гвоздєв, В.Г. Циб, Н.О. Паляничка, В.І. Шевченко, Ю.О. Борхаленко, С.Ф. Буденко. Мелітополь.: ТОВ «Видавничий будинок ММД», 2015 с.
36. Babii, A. Dovbush T., Khomuk N., Dovbush A., Tson A., Oleksyuk V. Mathematical model of a loaded supporting frame of a solid fertilizers distributor Procedia Structural Integrity 36, 203-210. <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2022.01.025>
37. Stashkiv M. and Matsiuk O. nCode GlyphWorks Software Use for Test Data Processing. INFORMATION TECHNOLOGIES:THEORETICAL AND APPLIED PROBLEMS (ITTAP-2021) The 1st International Workshop, 2021.
38. Borys I., Kurylo D. (2019) Otrymannia ta sposterezhennia rukhomykh zobrazhen z dopomohoiu fenakistyskopa [Construction and observation of animated images

- with phenakistiscope]. Materialy II Mizhnarodnoi studentskoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii "Pryrodnychi ta humanitarni nauky. Aktualni pytannia" (Tern., 25-26 April 2019), pp. 180 [in Ukrainian].
39. Borys I. (2020) Pobudova epiur vnutrishnikh sylovykh faktoriv dlia kryvoliniinykh sterzhniv [Drawing diagrams of internal power factors of curved rods]. Materialy III Mizhnarodnoi studentskoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii "Pryrodnychi ta humanitarni nauky. Aktualni pytannia" (Tern., 23-25 April 2020), pp. 101-102 [in Ukrainian].
40. Borys I. (2021) Obgruntuannia produktyvnosti shnekovoho transportera [Justification of screw conveyor productivity]. Materialy IV Mizhnarodnoi studentskoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii "Pryrodnychi ta humanitarni nauky. Aktualni pytannia" (Tern., 28-29 April 2021), pp. 40 [in Ukrainian].
41. Stashkiv M., Borys I., Bulaienko R., Bulaienko V. (2021) Metody doslidzhennia vzaiemodii robochykh orhaniv kartoplezbyralnykh mashyn z hruntom [Methods of investigation of potato harvesting machines working bodies interaction with soil]. Book of abstracts of the X International scientific and practical conference of young researchers and students "Current issues in modern technologies" (Tern., 24th-25th November 2021), vol. I, pp. 57-58 [in Ukrainian].

# ДОДАТКИ