

Міністерство освіти і науки України

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра обладнання харчових технологій

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до дипломної роботи

магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: «Удосконалення вузла подрібнення кутера К-120-Ф»

Виконав: студент VI курсу, групи ХОМ-61
спеціальності _____

133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва спеціальності (напряму підготовки))

Саварин С. І.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник _____

(підпис)

Стадник І.Я.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль _____

(підпис)

Ворошук В.Я.

(прізвище та ініціали)

Рецензент _____

(підпис)

Марущак П.О.

(прізвище та ініціали)

Тернопіль – 2023 року

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет, відділення Факультет машинобудування та харчових технологій. Кафедра, циклова комісія _____ Кафедра обладнання харчових технологій

Освітньо-кваліфікаційний рівень _____ магістр

.Напрямок підготовки _____ 6.050503 Машинобудування

(шифр і назва)

Спеціальність 8.05050313-Обладнання переробних і харчових виробництв

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри, голова
циклової комісії Кафедри Обладнання харчових технологій
д.т.н., професор Вітенько
Тетяна Миколаївна.
_____ 2023 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Саварин Станіслав Ігорович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) «Удосконалення вузла подрібнення куттра К-120-F»

2. Керівник проекту (роботи) Стадник Ігор Ярославович – д.т.н., проф.

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від "4" листопада 2023 року №4/7-175

3. Строк подання студентом проекту (роботи) "22" грудня 2023 року

4. Вихідні дані до проекту (роботи) Технічний паспорт та інструкції з експлуатації монтажу та технічного обслуговування і ремонту машини марки К-120-F

5. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналіз сучасного обладнання для різання м'ясопродуктів, вибір і обґрунтування основних напрямків дослідження процесу 2. Розроблення нових проектно-технологічних і технічних рішень по вдосконаленню процесу різання. 3. Розрахунки поведінки головки ножів в умовах руйнування граничного шару середовища. 4. Моделювання динаміки різання. Обґрунтування запропонованого підходу до визначення конструктивних елементів різання. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

6. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 1. Регресійний аналіз математичного процесу різання коренеплодів марки А9-КР (1 л.ф.А1.) Графічна залежність кута різання від питомої сили різання (1 л.ф.А1.) Оптимальні параметри загострення ножа (1 л.ф.А1.) 11. Залежність зміни висоти висоювання тістової заготовки від тривалості при різних значеннях тиску (1 л.ф.А1.) 12. Тривимірний графік від залежності потужності тиску і роботи при розділенні тіста на заготовки. (1 л.ф.А1)

7. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>ЦЗ</i>	<i>Стадник І.Яд.т.н., проф..</i>		
<i>Охорони праці</i>	<i>Кравець О.І.– к.т.н., доц,</i>		
<i>Нормоконтроль</i>	<i>Ворощук В.Я. – к.т.н., доцент</i>		

8. Дата видачі завдання “4”11 2023 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	<i>Анотація, Вступ. 1.Аналіз сучасного обладнання для різання, вибір і обґрунтування основних напрямків дослідження процесу різання.</i>	<i>06.10.23</i>	
2.	<i>2. Розроблення нових проектно-технологічних і технічних рішень по вдосконаленню процесу різання.</i>	<i>14.10.23</i>	
3.	<i>3. Фізичне моделювання поведінки ножів в умовах руйнування граничного шару</i>	<i>21.11.23</i>	
4.	<i>4.Моделювання динаміки різання м'ясопродуктів. Обґрунтування запропонованого математичного підходу до визначення конструктивних елементів різання.</i>	<i>5.12.23</i>	
5.	<i>Заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях</i>	<i>05.12.23</i>	
6.	<i>Загальні висновки. Перелік посилань. Додатки. Специфікації</i>	<i>08.12.23</i>	
7.	<i>. Графічна частина. 1. Регресійний аналіз математичного процесу різання коренеплодів марки А9-КР_(1 л.ф.А1.). 2. Геометрична 3D модель корпусу бурякорізки; Розрахунок відламування різальної кромки буряка; Оптимальні параметри загострення ножа; Розрахунок потужності на утворення стружки.(л.фА1.).</i>	<i>08.12.23</i>	
		<i>12.12.23</i>	

Студент

(підпис)

Саварин Станіслав Ігорович

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту _____

(підпис)

Стадник Ігор Ярославович.

(прізвище та ініціали)

Анотація

Автор: [Саварин Станіслав Ігорович](#) студент групи МО_м-61 Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

Тема дипломної роботи: Удосконалення вузла подрібнення кутера К-120-Ф

Розрахунково-пояснювальна записка дипломної роботи складається із вступу, шести розділів, висновків, переліку посилань і специфікації. Загальним об'ємом сторінок друкованого тексту, вміщує рисунків.

У вступі обгруновані основні напрямки розвитку мясопереробної промисловості та розкрито властивості сировини та методи її подрібнення. Аналіз сучасного обладнання для різання мясопродуктів, вибір і обґрунтування основних напрямків дослідження процесу 2. Розроблення нових проектно-технологічних і технічних рішень по вдосконаленню процесу різання.

У загально-технічній частині проаналізовано вихідну інформацію щодо подрібнення та машини, що адаптовані для сучасного швидкісного методу різання, дроблення мяса. Відзначено, що при використанні старих ножів на головках їх кріплення, є ряд суттєвих недоліків і які не відповідають сучасним вимогам. Насамперед тому, що в кутері К-120-Ф частково збалансована дія робочих і гальмівних елементів (дискретність дії, зазор), відсутнє регулювання режиму різання та інше.

Проаналізовані основні технологічні процеси, сформульована мета і задачі дипломної роботи.

У розділах роботи розкрито суть модернізації, наведено фізичне моделювання конструктивних параметрів ножів на головці їх кріплення, поведено комплекс розрахунків надійності і довговічності деталей. У конструкторській частині проведені основні конструкторські розрахунки нагнітального вузла ножів. Третій й четвертий розділи розкриваються розрахунки визначення впливу конструктивних факторів на роботу модернізованого вузла – форми ножів та їх кількості. Графічна частина представлена двома аркушами формату А1 на яких приведено загальний вигляд, кінематику та дослідні дані-математичне моделювання і графіки.

Зміст

РОЗГЛЯД КОНСТРУКЦІЇ ОСНОВНОГО ОБЛАДНАННЯ, ВУЗЛІВ ТА ПРИНЦИПУ ДІЇ МАШИН ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ М'ЯСА

- 1.1. Характеристика вхідного матеріалу і технологічні операції переробки м'ясної сировини
- 1.2. Особливості технологічного процесу подрібнення м'яса
- 1.3. Обладнання тонкого подрібнення періодичної дії
- 1.4. Обладнання для тонкого подрібнення безперервної дії
- 1.5. Висновки та основні завдання дослідження

РОЗДІЛ 2. Постановка задачі щодо конструктивних рішень модернізації вузла різання

- 2.1. Важливі аспекти для інтенсифікації процесу подрібнення м'яса
 - 2.1.1. Вибір об'єктів досліджень
- 2.2. Методика розрахунку параметрів вовчків та кутерів
 - 2.2.1. Використання програмного комплексу
- 2.3. Обґрунтування вибору технології та машинно-апаратної схеми лінії виробництва варених ковбас
 - 2.3.1. Будова та принцип роботи обладнання
 - 2.3.2. Обґрунтування удосконалення кутера
- 2.4. Вибір конструкційних матеріалів
- 2.5. Техніко-економічне обґрунтування

РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ І КІНЕМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РОБОТИ КУТЕРА

- 3.1. Технологічний розрахунок
- 3.2. Конструктивний розрахунок
- 3.3. Кінематичний розрахунок кутера

3.4. Розрахунок на міцність й жорсткість

3.5. Розрахунок ножової головки

4 РОЗДІЛ. ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ОБРОБЛЕННЯ М'ЯСОПРОДУКТІВ НА КУТЕРІ

4.1. Експериментальні дослідження та обробка їх результатів

4.2. Розробка математичної моделі та результати моделювання

4.2.1. Визначення об'ємний розподіл тиску в чаші кутера в зоні роботи ножів

4.2.2. Визначення розподілу швидкості руху мяса у чаші кутера в зоні роботи ножів

4.2.3. Визначення енергетичні втрати через турбулентні процеси та тертя

4.3 Вплив геометричних параметрів різального інструменту на споживану потужність

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ

5.1. Методи профілактики травматизму та профзахворювань

8.2. Захист від ураження електричним струмом

8.3. Вентиляція

8.4. Шум та вібрація

8.5. Розробка схеми і заходів захисту безаварійної роботи м'ясного цеху

Висновки

Список літератури

Специфікація

ВСТУП

М'ясопродукти - складова продуктової групи, що є стратегічно важлива для держави і її економіки. Тому м'ясні вироби залишаються для споживача важливими. Технологічна обробка м'яса має ряд

послідовних операцій, які складаються із підготовки: розмороження, промивки та висушування; послідує дроблення туш. Утворені частинки туш є напівфабрикати різного розміру. Подальше обробка кожного куска визначається харчовою цінністю і [кулінарними](#) властивостями. Властивість залежать від вигляду сполученої тканини в м'ясі.

Машин, що використовуються для дрібнення м'яса на різні куски поділяються: на шпигорізки, кутери та вовчки. Шпигорізки Призначення шпигорізок є різанням шпику шматочками різної розмірності. Це необхідно для ковбасних виробництв без деформованих шматочків. Вовчки в свою чергу використовуються для подрібнення продуктів, що забезпечує ступінь подрібнення з рівномірною подачею її до робочого механізму. Отже, для тонкого м'ясного подрібнення служить кутер.

Дане устаткування поділяється на періодичну і безперервну дії. Принцип дії є при тиску атмосферному або під вакуумом. Технологічне обладнання також за своїм принципом подрібнення можна поділити на: велику, середнє, дрібне та тонку подрібнення. В усіх одиницях обладнання робочим органом є ріжучий механізм. Він може бути виконаний одиночним та з парою деталей. Одиночні ріжучі механізми мають ножі різних конструкцій, в комбінації з ріжучими деталями. Їх виконання має вигляд ґрат (плоских, конічних або циліндричних), дисків із зубами, пальців, а також розташованого ножа по конусу, циліндрів та площині. Парні деталі є нерухомими або із обертаннями один до одного притиснутими до ножів. Також є вони встановленими із певними віддалями один від одного. Ріжучий механізм використовується для подрібнення твердого мяса, а ріжуча пара для подрібнення сировини м'якої.

1. РОЗГЛЯД КОНСТРУКЦІЇ ОСНОВНОГО ОБЛАДНАННЯ, ВУЗЛІВ ТА ПРИНЦИПУ ДІЇ МАШИН ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ М'ЯСА

1.1. Характеристика вхідного матеріалу і технологічні операції переробки м'ясної сировини

М'ясо забійних тварин має різні органолептичні, морфологічні та хімічні властивості, які впливають на якість та характеристики продуктів, приготовлених з нього. Органолептичні показники включають в себе зовнішність, текстуру, смак і аромат м'яса, які оцінюються під час споживання.

Морфологічні властивості м'яса включають в себе структуру м'яса, наявність м'язів, жирових тканин і сполучної тканини. Різні частини тіла тварин мають різну структуру м'яса і можуть бути призначені для різних кулінарних застосувань.

Хімічний склад м'яса включає в себе білки, жири, вуглеводи, вітаміни, мінерали та інші хімічні сполуки. Цей склад може варіюватися залежно від виду та віку тварини, її харчування і інших факторів.

Теплофізичні властивості м'яса, такі як теплопровідність, теплоємність і температуропровідність, грають важливу роль у процесах готування та обробки м'яса. Наприклад, теплоємність м'яса визначає, скільки тепла потрібно для підігріву чи приготування м'яса, теплопровідність впливає на рівномірність розподілу тепла під час приготування, а температуропровідність впливає на те, як швидко м'ясо охолоджується.

Знання та розуміння цих фізичних властивостей м'яса дозволяють кулінарним фахівцям ефективніше готувати та обробляти м'ясо, щоб отримати продукти з бажаними якісними характеристиками. Санітарно-гігієнічні вимоги до сировини є надзвичайно важливими в харчовій промисловості для забезпечення безпеки та якості продуктів. Сировина повинна бути отримана від здорових тварин, що не мають захворювань або інфекційних захворювань, які можуть передаватися людині через споживання продуктів. Забороняється використовувати м'ясо та іншу сировину від хворих тварин. Сировина повинна бути свіжою і не мати ознак псування, таких як неприродний запах, кольорові зміни, текстурні зміни тощо. Усі види забруднень, такі як грязь, пісок, підбитості, синці, чужорідні предмети та інші непридатні елементи, повинні бути вилучені перед подальшою обробкою. Всі процеси розфасування та обробки сировини повинні виконуватися в чистих і гігієнічних умовах. Забезпечення гігієни під час обробки сировини допомагає запобігти забрудненню продуктів і передачі інфекцій.

Ці вимоги сприяють забезпеченню безпеки і якості харчових продуктів та захищають споживачів від можливих ризиків, пов'язаних з некоректною обробкою сировини. Також вони важливі для дотримання стандартів і нормативів у галузі безпеки харчових продуктів.

Так, ступінь і характер подрібнення м'ясної сировини у пристроях подрібнення визначаються різними факторами, включаючи агрегатний стан і властивості самої сировини, а також конструкцію та технологічні параметри вовчка (обладнання для подрібнення м'яса). Основні фактори, які впливають на подрібнення м'ясної сировини:

1. Різні види м'яса можуть мати різну текстуру та структуру, що впливає на те, як їх слід подрібнювати. Наприклад, м'ясо деяких видів тварин може бути більш волокнистим, тоді як інше м'ясо може бути більш ніжним.

2. Вологість, жирність, вміст колагену та інші властивості м'ясної сировини впливають на процес подрібнення. Наприклад, м'ясо з високим вмістом жиру може бути менш потребуєчим у подрібненні, ніж магроську.
3. Конструкція та параметри різальних пристроїв, такі як форма ножа, їх розмір та отворів у решітці, обертова швидкість, тиск і т.д., впливають на ступінь подрібнення. Регулюючи ці параметри, можна досягти бажаної текстури та розміру подрібненого м'яса.
4. Деякі види обладнання, такі як м'ясорубки, м'ясорізки та інші, допомагають подрібнювати м'ясо відповідно до потреб, і вони можуть бути налаштовані для різних типів подрібнення.

Отже, вплив і характер подрібнення м'ясної сировини залежать від великої кількості факторів, і правильна регулювання цих параметрів важлива для досягнення бажаної якості та текстури м'ясних продуктів.

Під час різання м'ясної сировини частина прикладеної енергії витрачається на подолання сил взаємного зчеплення частинок тіла, і це вірно. Цей процес відомий як подрібнення або дисоціація, і він полягає у розриві і перериванні внутрішніх зв'язків між частинками м'яса, які утворюються завдяки міжмолекулярним силам, таким як ван-дер-Ваальсові сили і електростатичні взаємодії.

Цей процес вимагає витрати енергії, оскільки розривання зв'язків потребує подолання сил зчеплення, які утримують частинки разом. Ця енергія подрібнення перетворюється на внутрішню енергію системи і тепло. Отже, під час різання м'ясної сировини частина енергії витрачається на подолання сил взаємного зчеплення, і це впливає на температуру та структуру м'яса після різання.

1.2 Особливості технологічного процесу подрібнення м'яса

Мясна промисловість в системі народного господарства України відіграє важливу роль з кількох ключових аспектів. М'ясо та м'ясні продукти є важливою частиною раціону харчування людей. Вони є основним джерелом білків, які необхідні для підтримання здоров'я та

нормальної функціонування організму. Відправляючи м'ясо на ринок, м'ясна промисловість допомагає забезпечити населення України якісним і високопротеїновим харчуванням.

М'ясна промисловість є однією з галузей, яка надає значну кількість робочих місць в Україні. Від вирощування тварин до переробки м'яса та дистрибуції м'ясних продуктів, ця галузь створює робочі місця для фермерів, ветеринарів, робітників на м'ясокомбінатах, торговельних мережах і т.д. Розвинена м'ясна промисловість допомагає забезпечити національну безпеку в сенсі незалежності від імпортованого м'яса та продуктів. Це важливо в умовах геополітичних та економічних нестабільностей.

Таким чином, м'ясна промисловість має важливе значення для економічного та соціального розвитку України, забезпечуючи населення якісним харчуванням, створюючи робочі місця, підтримуючи сільське господарство та сприяючи національній безпеці.

Операції, пов'язані з подрібненням, в м'ясній промисловості складають більше 70 %. Вони широко застосовуються при виробництві ковбасних, кулінарних, консервованих м'ясопродуктів, а також харчових тваринних жирів, кормів, технічних продуктів, клеїв, желатину і ін. Сировину і допоміжні матеріали можна подрібнювати розчавлюванням, розколюванням ударом, розривом, розламуванням, стиранням, різанням. Вибір механічної дії залежить від фізико - механічних властивостей (міцності, пружності, пластичності, в'язкості, клейкості і так далі) і розмірів подрібнюваного продукту. У технологічному устаткуванні подрібнення досягається поєднанням декількох видів механічної дії, наприклад різання з розчавлюванням, розколювання з ударом (дробарки, силові подрібнювачі, вовчки і ін.), різанням, розчавлюванням із стиранням (куттери, колоїдні млини, подрібнювачі м'яса і так далі).

Вибір типу обладнання і рівень автоматизації залежить від різних факторів, таких як обсяг виробництва, види продукції, бюджет, технічні

можливості та інші. Великі підприємства можуть використовувати важкі автоматизовані системи, тоді як менші підприємства можуть віддавати перевагу ручним або напівавтоматичним методам виробництва. Так, машини з частково рухомими робочими органами є конструктивною особливістю в багатьох промислових процесах, включаючи переробку сирової продукції в харчовий продукт. Ці машини мають робочі органи, які в частині рухаються або обертаються, і вони виконують основні операції з переробки сировини для виробництва готового продукту. Ці робочі органи можуть бути спроектовані для виконання різних завдань, таких як подрібнення, різання, розмішування, змішування, формування тощо. Прикладами таких машин можуть бути м'ясорубки, м'ясорізки, дробильні апарати, місцемішалки, формувальні машини та інші. Вони допомагають в автоматичних або напівавтоматичних процесах обробки сировини, зменшуючи фізичну працю людей та підвищуючи продуктивність та якість продукції.

Ці машини часто мають спеціально розроблені робочі органи, які можуть бути адаптовані до конкретних операцій та видів продукції. Однак важливо враховувати безпеку при використанні таких машин та дотримуватися вимог щодо обслуговування та утримання, щоб уникнути травм та забезпечити правильне функціонування обладнання. Вони є неперервної періодичної, напівперіодичної дії. Машини переробки м'ясопродуктів класифікують по групам технологічної спрямованості переробки для забивання тварин і птиці і подрібненням'яса й шпику.

Сучасні машини безперервної дії, такі як емульсифікатори, мікрокуттери, колоїдні млини та інше обладнання, відіграють важливу роль у виробництві м'ясних продуктів і харчових виробів загалом. Це обладнання спеціалізується на подрібненні і створенні емульсій, що дозволяє досягнути певних текстур, консистенцій та якості продуктів. Емульсифікатори використовуються для створення стабільних емульсій, де рідкі та тверді компоненти змішуються, утворюючи рівномірну масу.

Вони допомагають виробляти емульсійні продукти, такі як соуси, ковбаси та емульговані продукти. Мікрокуттери використовуються для подрібнення і розмелювання сировини, зокрема м'яса. Вони дозволяють досягнути потрібної текстури та консистенції продукту. Колоїдні млини використовуються для подрібнення твердих та рідких компонентів у дуже маленькі частки. Вони допомагають виробляти колоїдні розчини та пасти, які можуть бути використані у виробництві соусів, кремів та інших продуктів.

Це обладнання допомагає підвищити продуктивність, покращити якість та ефективності виробництва м'ясних продуктів і інших харчових виробів. Воно дозволяє виробникам досягнути бажаних характеристик продуктів і забезпечити стандарти якості.

Сучасні м'ясорізальні машини представляють собою важливу складову обладнання в м'ясній промисловості. Вони використовуються для подрібнення, розрізання і обробки м'яса та інших продуктів виробництва. Завдяки постійному технологічному розвитку та інноваціям в цій галузі, сучасні м'ясорізальні машини мають численні переваги:

1. Висока продуктивність: Сучасні м'ясорізальні машини здатні працювати з великими обсягами м'яса, що підвищує продуктивність виробництва.
2. Автоматизація: Вони оснащені автоматичними системами живлення, подачі, обрізки та контролю, що дозволяє раціоналізувати виробничий процес та зменшити ручну працю.
3. Висока точність і однорідність: М'ясорізальні машини дозволяють отримувати однорідні та точні куски м'яса, що важливо для виробництва якісних продуктів.
4. Зменшення відходів: Вони допомагають мінімізувати втрати м'яса під час обробки і розрізання.
5. Забезпечення безпеки: Сучасні м'ясорізальні машини мають різні системи безпеки, що запобігають травмам операторів.

6. Гнучкість: Вони здатні обробляти різні типи м'яса та інших продуктів, а також адаптуватися до різних потреб виробництва.

Дві основні групи відповідно до видів подрібнення та їх застосувань у виробництві харчових продуктів:

1. Велике подрібнення: Ця група включає великі пристрої, які призначені для подрібнення сировини на грубі частинки. Вони використовуються в основному для виготовлення натуральних консерв і сирокочених ковбас. Це обладнання може обробляти великі обсяги сировини та відрізняється від інших за своєю потужністю та швидкістю подрібнення.
2. Середнє подрібнення: Ця група включає менше устаткування, призначене для середнього подрібнення сировини. Вона використовується для виробництва копчених і сиров'ялених ковбас, а також певних видів консервів. Це обладнання дозволяє досягнути середньої текстури та консистенції продуктів.

Тонке подрібнення: Ця група включає в себе більш дрібні пристрої, які призначені для тонкого подрібнення сировини. Вони використовуються під час виробництва сосисок, сардельок, варених і ліверних ковбас, а також консервів для дитячого. Надтонке подрібнення: Цей рівень подрібнення використовується для отримання сировини дуже маленького розміру, яка може бути використана у виробництві продуктів, де текстура грає важливу роль. Кожен рівень подрібнення відповідає певним типам продукції та вимогам до текстури і консистенції. Різні види обладнання використовуються для кожного з цих рівнів, щоб досягнути бажаного результату. Тому для тонкого подрібнення сировини набули широкого застосування пристрої безперервної дії. Вони мають переваги у продуктивності, встановлення на потокових лініях та високу ступінь подрібнення. Відносно конструкції механізмів дроблення машини мають класифікацію:

- роторні пристрої (колоїдні млини, мікро кутери). Механізм для дроблення являє собою нерухомий статор і ротор (рис. 1.1, а);

- набір ножів у вигляді багатоножевих подрібнювачів. Ножі змонтовані на валу розміщеного у барабані та грат (рис. 1.1, б і в);
- дискові подрібнювачі. Вони комплектуються дисками із зубами та встановленими решітками з отворами (рис 1.1, г);
- обертові перфоровані барабани із обертовими всередині ножами або нерухомими ножами (рис. 1.1, д).

Обладнання для тонкого подрібнення м'яса використовується для створення гомогенних м'ясних емульсій, які містять суміш різних сортів м'яса, сполучних речовин, емульгаторів та ароматизаторів. Це обладнання дозволяє роздрібнити м'ясо на дуже дрібні частинки, що робить емульсію однорідною і гладкою. Розмір найбільших частинок в таких емульсіях зазвичай становить від 0,1 до 1,0 мм. Процес тонкого подрібнення м'яса може призвести до часткового руйнування структури м'ясних клітин, що сприяє створенню більш однорідної та гладкої текстури фаршу. Цей тип обладнання може бути корисним в харчовій промисловості для виробництва продуктів, таких як ковбаси, сосиски, бургери та інші м'ясні продукти, де однорідність та текстура є важливими характеристиками.

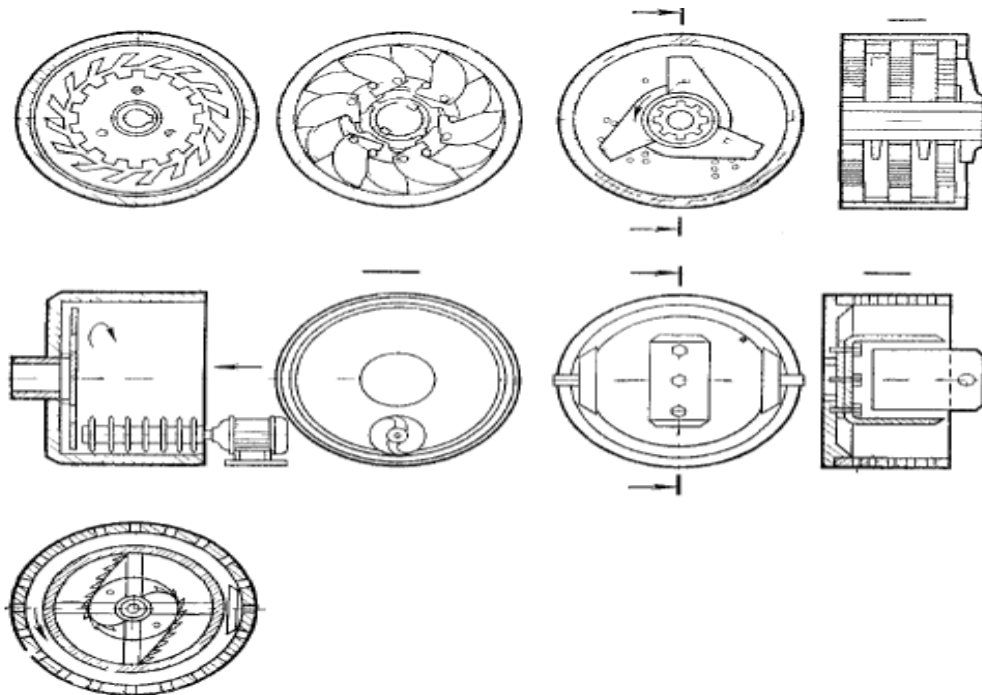


Рис. 1.1. Схема пристроїв подрібнення: а - роторний тип; б, в – тип із багатьох ножів; г – багато дисків; д - барабанний; е - комбінований

1. Машини з різальним механізмом у вигляді ножів з криволінійною ріжучою кромкою, які використовуються для тонкого подрібнення м'яса і інших продуктів, називаються кутерами. Вони мають криволінійні ножі, які рухаються високою швидкістю і розрізають продукти на дрібні частинки. Кутери дозволяють створити гомогенну текстуру та однорідну емульсію з різних видів м'яса та інших інгредієнтів. Існують також інші типи машин для подрібнення м'яса, такі як м'ясорубки та воронки, які можуть мати інші механізми різання та функції, але кутери є одним із найпоширеніших типів у харчовій промисловості.

2. Машини з різальним механізмом, в яких використовуються ножі-решітки, і які називають мікроподрібнювачами, призначені для дуже тонкого подрібнення різних продуктів, включаючи м'ясо, овочі, фрукти та інші сировини. Їх головна функція - подрібнити продукти на дуже малі частинки або навіть здрібнити їх до пастоподібного стану. Мікроподрібнювачі мають спеціальний механізм зі спареними ножами і решітками, які обертаються, щоб подрібнювати продукти. Їх використання дозволяє отримати дуже дрібну текстуру і однорідну консистенцію у продуктах.

3. Машини з різальним механізмом, що складається з ротора та статора у вигляді дисків або конусів, забезпечених зубчастими вінцями, відомі як ротор-статорні подрібнювачі або дискові подрібнювачі. Ці машини використовуються для подрібнення різних матеріалів, включаючи м'ясо, овочі, фрукти, сировину для харчової та інших промислових застосувань. Робочий принцип ротор-статорного подрібнювача полягає в тому, що матеріал вводиться в простір між ротором і статором, які мають зубчасті вінця на своїх поверхнях. При обертанні ротора і статора ці зубчасті вінця взаємодіють і розрізають поданий матеріал на дрібні частинки або подрібнюють його до бажаної консистенції.

4. Комбіновані машини, які використовують спільно кілька різних ріжучих механізмів, розроблені для покращення ефективності та якості обробки різних продуктів. Вони можуть включати в себе різні типи ріжучих

механізмів, такі як ножі-решітки, ротор-статорні системи, кутери, іноді навіть мікроподрібнювачі. Комбіновані машини можуть бути налаштовані так, щоб використовувати різні режими обробки продуктів, включаючи різання, подрібнення, мелення, змішування, і навіть емульгацію. Це дає можливість виробникам готових продуктів контролювати і налаштовувати текстуру та консистенцію продуктів відповідно до своїх потреб і стандартів якості.

1.3. Обладнання тонкого подрібнення періодичної дії

Машини, такі як чашкові кутери, кутери з нерухомим горизонтальним або вертикальним корпусом, кутери-мішалки і кутери з циліндричним корпусом, що обертається, відносяться до категорії комбінованих машин для подрібнення м'яса та інших продуктів. Їхня спільність полягає у використанні ріжучого механізму з ножем, який закріплений на валу і обертається, що дозволяє вільно різати та подрібнювати продукти.

1. Чашкові кутери: машини мають спеціальну чашу, в якій розміщується продукт для подрібнення. Ріжучий ніж розташований на валу, що обертається, і піднімається та опускається в чашу для різання продукту.
2. Кутери з нерухомим горизонтальним або вертикальним корпусом: машини мають ріжучий механізм, який може бути розташований у вертикальному або горизонтальному корпусі. Вони використовуються для подрібнення різних продуктів і можуть мати різну конструкцію.
3. Кутери-мішалки: машини комбінують функцію кутера з функцією мішалки, що дозволяє не тільки подрібнювати продукти, але і перемішувати їх разом з іншими інгредієнтами для створення однорідних емульсій або сумішей.
4. Кутери з циліндричним корпусом, що обертається: машини мають циліндричний корпус, який обертається, і в ньому розміщується ріжучий ніж. Ця конструкція дозволяє подрібнювати продукти та створювати однорідні фарші.

На рис. 1.2 подано принципову схему чашкового кутера, до складу якого входить чотири основні механізми: ріжучий А, подавальний Б, вивантажувальний В та завантажувальний Г. Також деякі кутери обладнані дозаторами води та льоду, а інші вакуумною системою, системою подачі теплоносіїв. Керування відбувається з пульта чи мікропроцесором.

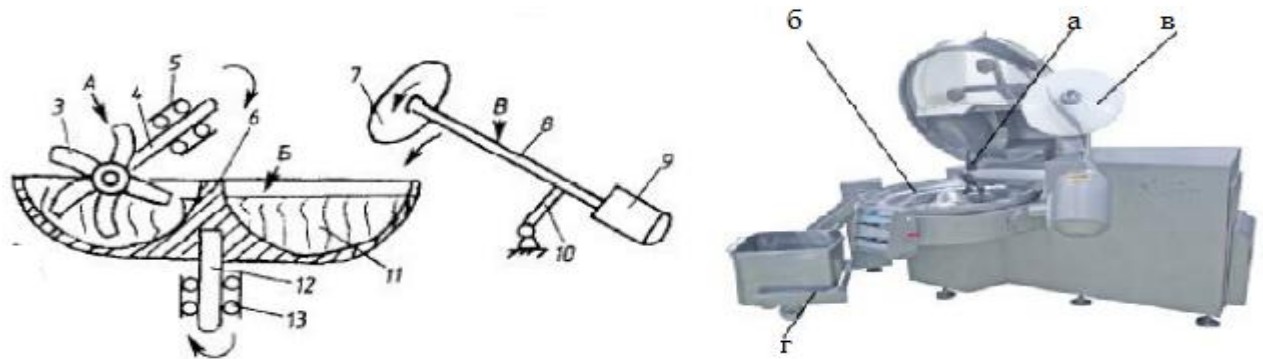


Рис. 1.2.Схема чашкового кутера: 1 - візочок; 2 – підіймаючий пристрій; 3 - ножова головка; 4 - вал ножа; 5, 13 - опори підшипника; 6 - чашка; 7 - тарілочка; 8 – вал; 9 - двигун; 10 - штанга; 11 - сировина; 12 - вал; А – механізм різання; Б – подавальний механізм; В - вивантажування; Г - завантажування

При подрібненні проходить утворення насиченої суміші повітрям. Наявність повітря розпушує суміш, що може викликати утворення малих і великих бульбашок повітря в масі ковбасних батонів. Кисень, який міститься у цьому повітрі, може призвести до окислення білка та жиру в продукті. Окислення білка та жиру може погіршити якість продукту та зменшити термін придатності готової продукції. Отже, у процесі виробництва ковбасних батонів важливо уникати наявності повітря для збереження якості і тривалості продукції.

Тому застосування вакуумного кутерування є для ліквідації певного явища. Вакуумне кутерування використовується для видалення повітря та кисню із закритої чаші, що має позитивний ефект на білок. Вакуумні умови допомагають видалити повітря та кисень із чаші. Видалення активної складової повітря, якою є кисень, підвищує вологозв'язувальну здатність білка. При вакуумному кутеруванні близько 85-90% білка стає вільним і

готовим до з'єднання. Сьогодні використовують кутери де чаша є герметично закрита (рис. 1.3). У ній створюється знижений тиск – вакуум.



Рис. 1.3. Вид закритого кутера: 1 – візок ; 2 – завантажувальний пристрій; 3 – ніжки; 4 – керувальний пульт; 5 – станина; 6 – диск вивантаження; 7 – двигун диску; 8 – кришка вакууму; 9 – вікно для огляду; 10 – мала кришка; 11 – термометр; 12 – таймер

Універсальний кутер (рис. 1.4) ТК фірми «Стефан» є машина періодичної дії. Призначений для виробів сосисочних, ковбасних та ліверних.

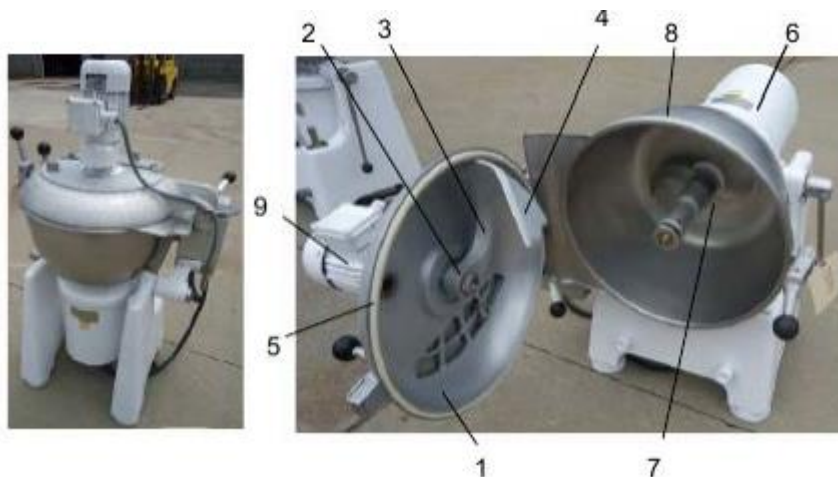


Рис. 1.4. Кутер ТК фірми «Стефан»: 1 - кришка; 2 - маточина валу; 3 - важіль лопат; 5 - ущільнювач; 6 - двигун ножової головки; 7 - ніж; 8 - станина; 9- двигун мішалки

Корпус виготовлений із нержавіючої сталі, що є стійкою до корозії і ідеально підходить для контакту з мясом. До корпусу приварена сорочка,

що, ймовірно, використовується для нагрівання або охолодження продукту. Ця сорочка може мати функцію регулювання температури обробки продукту. Продукт може бути оброблений за допомогою подачі пари безпосередньо в нього. Це означає, що пара використовується для підігріву або підтримання температури продукту під час обробки.

Побудову та функція ТК фірми «Стефан» у використанні для виробництва ковбас і паштетів, які містять лівер складається із верхньої частини корпусу з прямокутним отвором. Над ним змонтовано бункер для завантаження для обробки сировини та підготовки її до виробництва ковбас і паштетів. Між бункером і корпусом розташований шибер, який переміщується за допомогою штоку гідроциліндра. Цей шибер використовується для регулювання потоку сировини в обробний процес. Виробництво ковбас і паштетів, які містять лівер, супроводжується подрібненням продукту, яке може супроводжуватися нагріванням через сорочку або підведенням пари через форсунки. Це вказує на те, що обладнання використовується для термічної обробки продукту. Після варіння продукт охолоджується водою, яка подається у сорочку. Це служить для охолодження продукту після термічної обробки перед подальшою обробкою або фасуванням.

1.4. Обладнання для тонкого подрібнення безперервної дії

Робочий принцип мікроподрібнювачів, які використовують ріжучий механізм "ніж-решітка" застосовують у вовчках (імовірно, волоконорізках або подрібнювачах для харчових продуктів). Ножі в цьому механізмі обертаються з високою частотою, до 50 обертів в секунду. Грати в мікроподрібнювачах мають отвір від 1 до 3 мм. Це вказує на те, що обладнання призначене для отримання дрібно подрібненої емульсії. Для зменшення сил тертя між гратами та ножами їх встановлюють з гарантованим зазором. Це може допомогти зберегти якість та тривалість роботи обладнання.

Мікроподрібнювач ФД фірми «Карл Шнель» з вертикальним (рис.1.5, а) й горизонтальним (рис. 1.5 б) валом для ножів із діаметром решіток від 15 до 32 см. Продуктивність його змінна від 0.6 до 5 т/год. Потужність двигунів становить 7,5 - 75 кВт

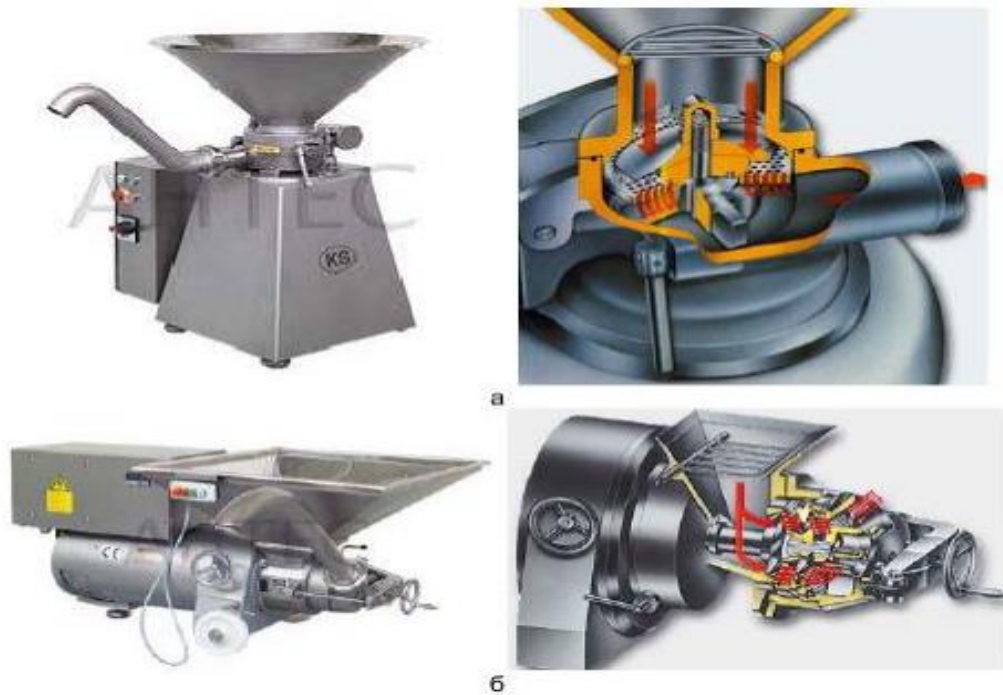


Рис. 1.5. Мікроподрібнювач ФД фірми «Карл Шнель»

До мікроподрібнювач (рис. 6, а) з ріжучим механізмом (рис. 1.6, б), входить решітка та двоперовий ніж. Решітка має отвори діаметром 1,5 мм. На вал електродвигуна змонтовано втулку. На втулці вставлено ножовий вал 5 до якого закріплено ніж 3 із лопатевим вивантажувачем (під ґратами 4). Подрібнена маса продукту під тиском поступає в приймаючий бункер 1. Після дрібнення лопаті направляють в лоток 2 (рис. 1.6 а).

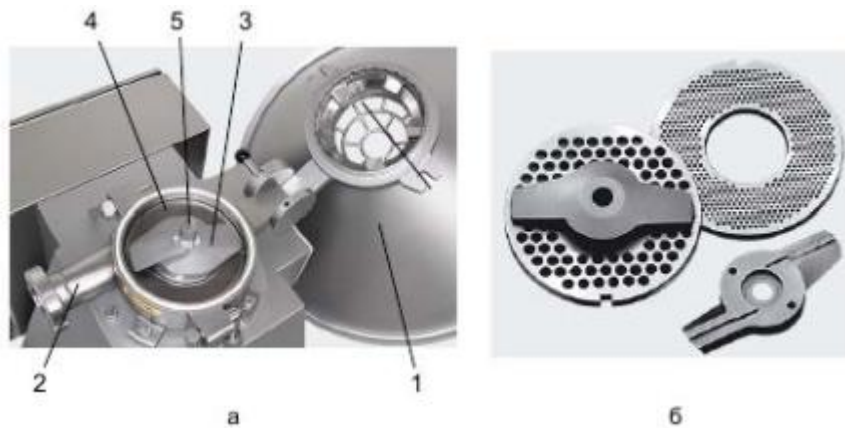


Рис. 1.6. Мікроподрібнювач: а – робочий вузол; б – механізм різання

Розгляд ріжучого механізму мікроподрібнювача фірми «Інотек» (Німеччина) складається з двох або трьох ґраток та 2 або трьох ножів, що мають три або більше лез (рис. 1.7, а і б). Ножі мають ріжучі змінні вставки. Ріжучий механізм оснащений лопатерозвантажувачем. Він з ножами закріплений на приводному валу. З таким механізмом різання є кілька різновидів з решіток з діаметром 17.5 та 22.5 см. Потужністю двигуна 5.5 – 11.0 кВт.



Рис. 1.7. Механізм різання мікроподрібнювача «Інотек»

До складу емульсатора ЯЗ-ФІБ (рис. 1.8), який служить для подрібнення фаршів із вовчка із отворами решіток 0.3 см входить рама 1 із встановленим електродвигун і пультом управління 2. Електродвигун закритий кожухом 3. До нього закріплено механізм 4 різання спереду закритий бункерною кришкою 5. Патрубок 6 служить для вивантаження емульсії.

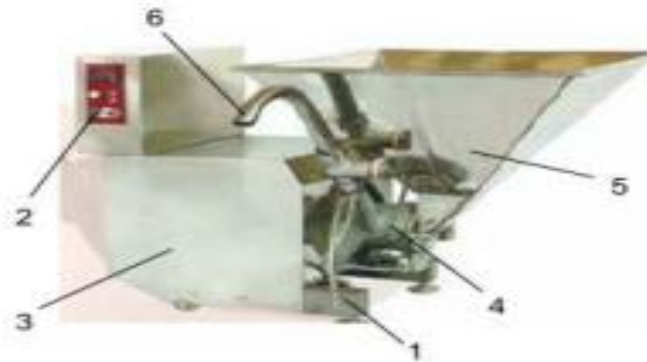


Рис. 1.8. Емульситатор ЯЗ-ФІБ

На рис. 1.9. подано будову подрібнювача. Основні елементи та їх характеристики подрібнювача складаються з наступних компонентів:

1. Корпус. Конічний ротор 1. Статор 2. Конічний ротор складається з трьох дисків, які розміщені на валу, який закріплений на вертикально розташованому електродвигуні, що встановлений на станині. Він відповідає за обертання та подрібнення сировини чи продукту. Верхній приймальний диск ротора розділений широким пазом на дві частини, і на зовнішній поверхні цього диска є великі косі рифи. Це розташування рифів може служити для кращого подрібнення та перемішування сировини чи продукту, що потрапляє в подрібнювач.



Рис. 1.9. Колоїдний млин: 1 – ротор; 2 – статор

Після того як оброблюваний продукт потрапляє на ротор, він відкидається відцентровою силою до периферії статора. Ця сила виникає через обертання ротора і відштовхує частинки продукту від центральної осі. Після того, як частинки продукту досягають периферії статора, вони

знову захоплюються ротором. Це стається з тим більшою швидкістю, чим ближче частинки знаходяться до поверхні ротора в зазорі між ним і статором. Різниця в швидкостях частинок продукту залежить від кількох факторів, включаючи сили зчеплення між ними, зчеплення зі стінками статора і ротора, а також від величини зазору між статором і ротором. Ці фактори впливають на швидкість подрібнення і перемішування продукту в процесі обробки.

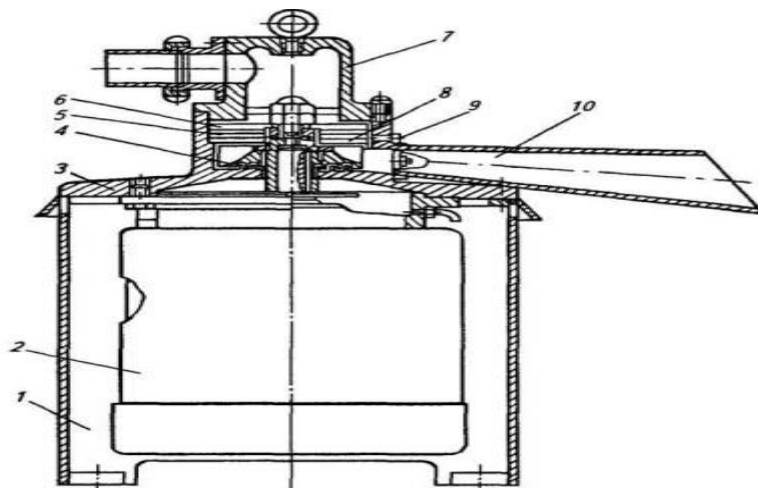


Рис. 1.10. Подрібнювач К6-ФІ2-М: 1 - станина; 2 – електродвигун; 3 – механізм подрібнення; 4 – диск розвантаження; 5 – решітка; 6 – ніжик; 7 – клапан; 8 – опора; 9 – гвинт; 10 – патрубок розвантаження

Подрібнювач марки К6-ФІ2-М (рис. 1.10) комплектується у складі агрегату АТІМ. Він складається: станини циліндричної 1 змонтованим електродвигуном. На вал електродвигуна насаджена маточина, на яку кріпиться голівка. Маточина служить для з'єднання голівки з валом електродвигуна. Голівка містить такі елементи:

- Рухливий ніж, який відповідає за подрібнення продукту.
- Нерухому сітку, яка фіксується гвинтом. Сітка використовується для утримання оброблюваного продукту та відділення подрібнених частинок від недрібнених.
- Підпірку, яка може використовуватися для підтримки частин продукту під час подрібнення.

- Розвантажувальний диск, який служить для виведення обробленого продукту з голівки.

Зазор між рухливим ножем і нерухомою сіткою регулюється за допомогою спеціального механізму. Це дозволяє контролювати розмір подрібненого продукту і налаштовувати подрібнювач під потрібні параметри обробки.

Комбіновані мікроподрібнювачі використовують два або більше ступенів подрібнення (рис.1.11).



Рис. 1.11. Механізм різання комбінованого двохступіневого мікроподрібнювача

В комбінованих мікроподрібнювачах є два або більше ступенів подрібнення для обробки продукту. Перший ступінь подрібнення використовує механізм "ніж-решітка", який подібний до того, який використовується в мікроподрібнювачах. Цей механізм включає рухливий ніж і сітку, які допомагають подрібнювати продукт. Другий ступінь подрібнення використовує конічні диски з зубами на поверхні, схожі на те, що використовується в емульсифікаторах. Цей механізм допомагає подрібнити продукт ще більше або в інший спосіб.

1.5 Висновки та основні завдання дослідження

Завдання дослідження в цій галузі можуть включати:

1. Покращення технологічних параметрів щодо оптимальних параметрів обрізки, подрібнення та подачі м'яса для покращення продуктивності та якості виробництва.
2. Розробка більш зносостійких матеріалів і поліпшених технологій для виготовлення ножів та інших деталей м'ясорізальних машин.

3. Автоматизація та інтеграція спрямовуватися на автоматизацію процесів обробки м'яса та інтеграцію м'ясорізальних машин з іншими обладнаннями виробництва.
4. Вдосконалення систем безпеки для зменшення ризику травм операторів та забезпечення безпеки виробництва та спрямовуватися на зниження витрат, підвищення продуктивності та покращення конкурентоспроможності виробників.

У цілому, дослідження в галузі м'ясорізальних машин сприяє покращенню процесів виробництва, забезпеченню високої якості продукції та підвищенню ефективності м'ясної промисловості. Коректне виконання проектних розрахунків має велике значення для ефективності роботи обладнання у виробництві, включаючи обладнання для обробки м'яса та харчових продуктів загалом. Проектні розрахунки включають в себе аналіз різних параметрів та властивостей обладнання для забезпечення його оптимальної продуктивності та надійності. Ключовими аспектами, які розглядаються при виконанні розрахунків для обладнання обробки м'яса різанням в роботі є:

1. Вибір матеріалів: Правильний вибір матеріалів для виготовлення робочих органів та інших деталей обладнання важливий для забезпечення їх довговічності та стійкості до агресивних середовищ та механічних навантажень.
2. Розрахунок навантаження: Визначення максимальних навантажень, які обладнання може витримати без поломок чи деформацій, є важливою частиною проектних розрахунків.
3. Гідравлічні та пневматичні системи: Розробка оптимальних систем гідравліки та пневматики для ефективного керування обладнанням.
4. Оптимізація процесу: Врахування технологічних особливостей та вимог виробництва для максимальної продуктивності та якості продукції.
5. Енергоефективність: Врахування споживання енергії та розробка способів для зменшення енергетичних витрат обладнання.

6. Безпека: Забезпечення дотримання стандартів безпеки та мінімізація ризику травматизму для операторів та обслуговуючого персоналу.

Коректні розрахунки дозволяють створити ефективне та надійне обладнання для обробки м'яса, що відповідає вимогам виробництва та забезпечує високу якість продукції. Тому аналітичні дослідження процесу роботи різального вузла вовчка і кутера дозволяють запропонувати новий підхід розрахунку параметрів та розробити конструкції робочих органів вовчка й кутера.

РОЗДІЛ 2

Постановка задачі щодо конструктивних рішень модернізації вузла різання

2.1 Важливі аспекти для інтенсифікації процесу подрібнення м'яса

Підвищення продуктивності та інтенсифікація процесу кутерування є важливою метою модернізації обладнання для обробки м'яса. Це може включати в себе впровадження нових технологій, удосконалення конструкції кутерів та оптимізацію робочих параметрів для досягнення кращої продуктивності та якості продукції. Модернізація м'ясорізальних машин та іншого обладнання для обробки м'яса може допомогти досягнути більшої продуктивності та покращити якість продукції, що важливо для конкурентоспроможності в галузі харчового виробництва. Заміна конструкційних матеріалів на більш міцні та корозійностійкі може підвищити тривалість служби ножів та знизити витрати на його обслуговування. Це може забезпечити більш точний та стабільний процес кутерування, а також зменшити втрати сировини та покращити якість продукції. Оптимізація режимів роботи кутера та оптимізація обертової швидкості, температури та тривалості обробки можуть підвищити інтенсивність обробки та забезпечити кращу розподіленість і емульгацію жиру у м'ясній сировині.

Вдосконалення ножів та ріжучого вузла є важливими аспектами для інтенсифікації процесу кутерування в обладнанні для обробки м'яса. Збільшення ріжучої поверхні та ріжучої здатності ножів може покращити продуктивність та якість обробки м'ясної сировини. Можливим підходом до цього питання є оптимізація геометрії ножів, включаючи кути та форму ріжучих кромок. Збільшення кількості ріжучих кромок на ножах або ріжучих пакетів дозволяє обробляти більше сировини одночасно та підвищує продуктивність. Мінімізація зазорів між ножами та ріжучим пакетом допомагає забезпечити кращий контакт та більш ефективне подрібнення. Впровадження нових технологічних рішень, таких як використання лазерної або ультразвукової технології для підвищення ріжучої здатності ножів, може покращити якість та ефективність процесу.

Вдосконалення ножів та ріжучого пакету є важливими кроками для досягнення інтенсифікації кутерування та підвищення продуктивності в галузі обробки м'яса. Ці заходи допоможуть знизити витрати сировини, покращити рівномірність обробки та отримати більш однорідний імульгований продукт. Ця система роботи є типовою для багатьох типів обладнання, яке використовується для подрібнення та кутерування м'яса і інших продуктів харчування. Кожен ніж має ріжучу зовнішню кромку, яка обертається навколо центрального вала.

Процес кутерування використовує обертання ножового пакету, що призводить до подрібнення та змішування сировини. Попередньо грубо подрібнена сировина завантажується в чашу кутера, а ножі в ножовому пакеті ріжуть і перемішують її. Цей процес допомагає створити однорідну текстуру та розподіл жиру у кінцевому продукті.

Ножовий пакет кутера може бути виготовлений з міцних матеріалів, які стійкі до механічного навантаження та корозії. Іноді він може бути обладнаний різними типами ніжів або лез, які можуть бути замінені або налаштовані відповідно до потреб обробки різних видів сировини.

2.1.1. Вибір об'єктів досліджень

В дослідженні було розглянуто вовчок МП-160 та WS-180, кутер Л5-ФКМ, KR-200-2V, KR-330-2V із їх різальними робочими органами. Вовчок МП-160 є машиною для подрібнення жилованого попереднього м'яса. Діаметр решіток комплексу – 16.0 см, продуктивністю – 3.0 т/год. У нього є подавальний шнек розміщений паралельно органу робочому. Різальний механізм вовчка має в складі 3 решітки та 2 двосторонні ножа.

Призначення вовчка WS-180 є попередня стадія подрібнення маси жилованого м'яса. Решітка має діаметр для різального комплексу – 18.0 см, продуктивність – 6.0 т/год. Вовчок оснащений подавальним шнеком. Він розташований перпендикулярно до робочого різального комплексу, який склад має 3 решітки та 2 двосторонні ножі.

Кутер К-120Ф є пристроєм, призначеним для подрібнення м'ясної сировини. із об'ємом чаші: 250 літрів. Це означає, що внутрішній об'єм чаші, де відбувається подрібнення сировини, становить 250 літрів. Ножова головка складається із 6 серповидних ножів. При кожному обертанні ножової головки 6 серповидних ножів використовуються для подрібнення сировини. Частота обертання ножової головки: 3000 обертів в хвилину. Це швидкість обертання ножової головки, яка використовується для подрібнення м'ясної сировини. Можливість обробки під вакуумом відсутня, що може бути важливим фактором при обробці деяких видів продуктів.

Кутер використовуються для підготовки м'ясної сировини, таких як ковбаси, фарші, паштети та інші. Вони допомагають подрібнити м'ясо на дрібні частки, щоб досягти бажаної консистенції та текстури продукту.

Кутер К-120Ф використовуються при попередній і тонкій подрібненні сировини. Об'єм чаші – 120 л. Головка ножова має 6-ть серповидних ножів. Частота обертання $300-4000 \text{ хв}^{-1}$, потужність – 5.9 кВт. Обробка під вакуумом - відсутня.

Кутер Laska KR-200-2V також є пристроєм, призначеним для подрібнення м'ясної сировини, і має наступні характеристики:

1. Об'єм чаші: 200 літрів. Це означає, що об'єм чаші, де проводиться подрібнення сировини, становить 200 літрів.
2. Ножова головка: Ножова головка складається із 6 серповидних ножів. Ці ножі мають різальні кромки у вигляді ламаних ліній.
3. Частота обертання ножової головки: 3000 обертів в хвилину. Це швидкість обертання ножової головки для подрібнення сировини.
4. Кутер вакуумний: Цей кутер має можливість обробки сировини під вакуумом. Глибина вакууму, яку він створює в робочій зоні, може досягати 0,8, що може бути важливим для підтримки якості та консистенції продукту та попередження окислення. Вакуумний режим може допомогти зберегти свіжість та смак сировини та запобігти втраті соку та окисленню під час подрібнення.

Ніж кутера Л5-ФКБ має цікаву конструкцію з криволінійним лезом, і різальна кромка виконана у вигляді ділянки кола зі зміщеним центром відносно корпусу ножа. Кут заточування леза є змінним і може бути налаштованим на два різних кути: 21° та 13°. Матеріал ножа вказаний як сталь 65Г. Сталь 65Г - це гарячекатана конструкційна сталь, яка може бути підходящим матеріалом для ножів кутерів. Вона має досить хороші механічні властивості, включаючи твердість і міцність, які є важливими для ножів, що використовуються для подрібнення м'ясної сировини. Крім того, сталь 65Г зазвичай може довго зберігати гостроту леза після заточування.

2.2. Методика розрахунку параметрів вовчків та кутерів

Перевірки адекватності розробленої методики розрахунку продуктивності вовчка шляхом проведення експериментального дослідження визначення конструктивних і геометричних параметрів робочих органів вовчка. Вимірюються і документуються різні параметри вовчка, такі як розміри, форма і конструкція його робочих органів, які впливають на продуктивність вовчка. Експериментальне визначення фактичної продуктивності вовчка використовується для обробки конкретних матеріалів або завдань. Під час цих експериментів фіксується фактична продуктивність вовчка, тобто кількість роботи, яку він виконує в певному часовому і просторовому вимірах. Розрахунок використовує відомі методики або формули для розрахунку продуктивності вовчка на основі його конструкційних параметрів і характеристик. Після розрахунків порівнюються отримані значення продуктивності за відомими методиками, авторською методикою та фактичними результатами з експерименту. Це дозволяє встановити, наскільки добре розроблена методика відображає реальну продуктивність вовчка. Цей процес слугує для перевірки та підтвердження адекватності розробленої

методики та визначення її точності в порівнянні з реальними результатами експерименту.

2.2.1. Використання програмного комплексу

Призначення програмного комплексу, яке може вказувати на його основні завдання та функції формулюється у вигляді основних цілей та завдань, які комплекс має вирішувати. Також важливо вказати, для кого призначений цей комплекс і які завдання він допомагає вирішувати. Якщо це CAD-система, то її призначення може включати створення геометричних моделей, креслень, аналізу та оптимізацію конструкцій. Якщо це CAM-система, то вона може бути призначена для розробки програм обробки деталей для верстатів і управління виробничим процесом. Якщо це CAE-система, то вона може служити для чисельного моделювання та аналізу різних фізичних процесів, таких як теплопередача, напруження, динаміка і т.д. Якщо це PLM-система, то її призначення може включати управління життєвим циклом продукту, зберіганням та обміном даними між різними відділами підприємства.

Конкретні відповіді можуть варіюватися в залежності від конкретного програмного комплексу та його області застосування. Так, в сучасному виробництві системи автоматизованого проектування (САПР) дійсно мають широке поширення. Ці системи використовуються для автоматизації процесу проектування та розробки різноманітних продуктів, включаючи технологічні процеси. САПР дозволяє інженерам та дизайнерам ефективно створювати та оптимізувати проекти з меншими витратами часу та підвищити точність проектів та зменшити ймовірність помилок, що може призвести до покращення якості виробів. Крім цього оптимізувати використання матеріалів та зменшує витрати часу на обробку, що призводить до економії ресурсів та легкого внесення зміни в проекти та адаптувати їх до нових вимог або технологічних змін.

Щодо програмного забезпечення, САПР використовують різноманітні технології та мови програмування, такі як C, C++, Java, а також взаємодіють з реляційними та об'єктно-орієнтованими системами керування базами даних (СКБД). Також вони можуть використовувати стандарти відкритих систем і обміну даними для забезпечення сумісності та інтеграції з іншими програмами і системами.

Основний компонент, CAD (Computer-Aided Design), є системою автоматизованого проектування, яка дозволяє інженерам та дизайнерам створювати та редагувати графічні моделі продуктів чи систем. Інші важливі компоненти включають CAE (Computer-Aided Engineering), яка використовується для автоматизації інженерних розрахунків і аналізу, і CAM (Computer-Aided Manufacturing), яка відповідає за автоматизовану розробку програм обробки деталей для верстатів.

Такий інтегрований підхід дозволяє підвищити ефективність і точність виробничих процесів та зменшити час та витрати при розробці та виготовленні нових продуктів. Програми автоматизованого конструювання, які входять у системи автоматизованого проектування (САПР), дійсно дозволяють проводити динамічне моделювання, перевірку та оптимізацію виробів і засобів їхнього виробництва

Початковим етапом є створення геометричної моделі виробу в CAD-системі. Ця модель містить інформацію про форму, розміри та інші характеристики виробу. Геометрична модель передається в CAM-систему як вхідні дані. Вони визначають траєкторії руху різального інструменту по заготовці, встановлюють параметри обробки та інші налаштування. Після визначення траєкторій та їх верифікації, дані обробляються постпроцесором. Постпроцесор генерує конкретну програму керування для верстата, яка містить команди для руху різального інструменту, вибору інструментів, параметрів обробки та інші важливі вказівки.

SolidWorks як потужний інструмент проектування. SolidWorks є однією з провідних CAD-систем (Computer-Aided Design) і має великий

вплив на інженерну та дизайнерську галузі. Ключові аспекти SolidWorks та його взаємодії з CALS-технологіями:

1. *Інтегрований комплекс автоматизації:* SolidWorks входить у клас інтегрованих CAD/CAM/CAE-систем і надає інструменти для не тільки створення геометричних моделей, але й для подальших етапів, таких як аналіз, верифікація та генерація програми керування верстатом.
2. *Підтримка життєвого циклу виробу:* SolidWorks дозволяє працювати з виробом на всіх етапах його життєвого циклу, включаючи проектування, аналіз, виробництво, управління даними та обслуговування.
3. *CALS-технології:* CALS (Continuous Acquisition and Life-Cycle Support) — це стандартні технології для обміну, зберігання та управління даними у виробничих процесах. SolidWorks, як інтегрований інструмент, підтримує CALS-технології, що дозволяє ефективно обробляти дані та забезпечувати їхню відповідність стандартам.
4. *Широкий функціонал:* SolidWorks включає в себе багато функцій, таких як 3D-моделювання, механічний аналіз, створення креслень, візуалізація, інструменти для взаємодії з іншими інженерними системами тощо. SolidWorks є частиною сімейства продуктів Dassault Systèmes, також відомого своєю PLM-платформою (Product Lifecycle Management). Це забезпечує можливість співпраці та обміну даними між різними стадіями життєвого циклу продукту. Узагальнюючи, SolidWorks володіє рядом функцій та можливостей, що роблять його ефективним інструментом для інтегрованого проектування та управління виробничими процесами.

КОМПАС-3D зручним і ефективним інструментом для виробничих підприємств, де важлива не тільки сама тривимірна модель, а й швидке та точне створення та обробка технічної документації.

Досліджувались конструктивні та технологічні параметри кутера К-120F. Різальні комплекти кутера склались із двосторонніх ножів.

2.3. Обґрунтування вибору технології та машинно-апаратної схеми лінії виробництва варених ковбас

Опис виготовлення варених ковбас включає наступні стадії:

1. Попереднє подрібнення м'ясної сировини:

- М'ясо, яке використовується для варених ковбас, спершу подрібнюється на дрібні частинки для підготовки до дальшої обробки.

2. Посол та дозрівання м'яса:

- Після подрібнення м'ясо солять для консервації та додання смакових властивостей. Дозрівання дозволяє м'ясу насититися смаком та ароматом спецій.

3. Тонке подрібнення та приготування фаршу:

- Підготовлений продукт піддається подальшому подрібненню для отримання фаршу. До фаршу можуть додаватися різні інгредієнти, такі як спеції, та інші приправи.

4. Шприцювання фаршу в оболонку:

- Отриманий фарш надсилається в оболонку, яка може бути натуральною чи синтетичною оболонкою, що стає оболонкою для ковбаси.

5. В'язка батонів та вивішування їх на раму:

- Сформовані батони ковбаси в'язуються або зав'язуються, і після цього вивішуються на спеціальні рами для подальшої обробки.

6. Теплова обробка (об жарка, варка та охолодження):

- Вивішані батони піддаються тепловій обробці, яка може включати варіння або жарку. Цей етап необхідний для готування ковбас та забезпечення безпеки споживання.

7. Упаковка та зберігання:

- Готові варені ковбаси після теплової обробки упаковуються відповідно до вимог безпеки та зберігання, готові до транспортування та реалізації.

Цей процес дотримується для забезпечення якості, безпеки та смакових якостей варених ковбас.

М'ясо подрібнюють в два етапи: грубо (на вовчку) і тонко (на кутері). Приготування фаршу за допомогою високошвидкісних кутерів чи подрібнювачів використовують несолоне жиловане м'ясо в кусках. Процес включає наступні кроки:

- Яловичину, яка є несолоною та вже жилованою, завантажують у високошвидкісний кутер чи подрібнювач.
- До сировини додають лід, розчин нітрату натрію, сіль та, можливо, інші інгредієнти відповідно до рецептури.

Кутерування (перший етап): Закривають кришку кутера і обробляють сировину високошвидкісним різальним механізмом протягом перших 5-8 хвилин.

Кутерування (другий етап): Продовжують кутерування ще 3-4 хвилини до повної готовності фаршу.

- Загальний час кутерування складає 8-12 хвилин.
- Готовий фарш має температуру 11-12 °С.

Цей процес дозволяє отримати якісний фарш для використання в подальших етапах виготовлення варених ковбас.

Наповнення ковбасних кишкових і штучних оболонок додає важливі деталі процесу виготовлення варених ковбас. Фарш, який був підготовлений попередньо, наповнюється у ковбасні кишки або штучні оболонки за допомогою пневматичних, гідравлічних або механічних вакуумних шприців. Наповнення відбувається при залишковому тиску 8 кПа, що може допомагати видалити залишковий повітря з оболонок та забезпечити рівномірність наповнення. При наповненні фаршем штучних оболонок діаметром 100-120 мм використовують цівки діаметром 40-60 мм. Це може впливати на форму та розмір ковбас.

Батони ковбас в'язуються за допомогою віскозних шпагатів і лляних ниток. Це може додати естетичний вигляд та забезпечити стійкість

форми. Останнім часом широко використовуються штучні полімерні оболонки, а їх формування здійснюється за допомогою кліпсаторів. Це може полегшити і прискорити процес упаковки та забезпечити стабільність форми ковбас (рис. 2.1).

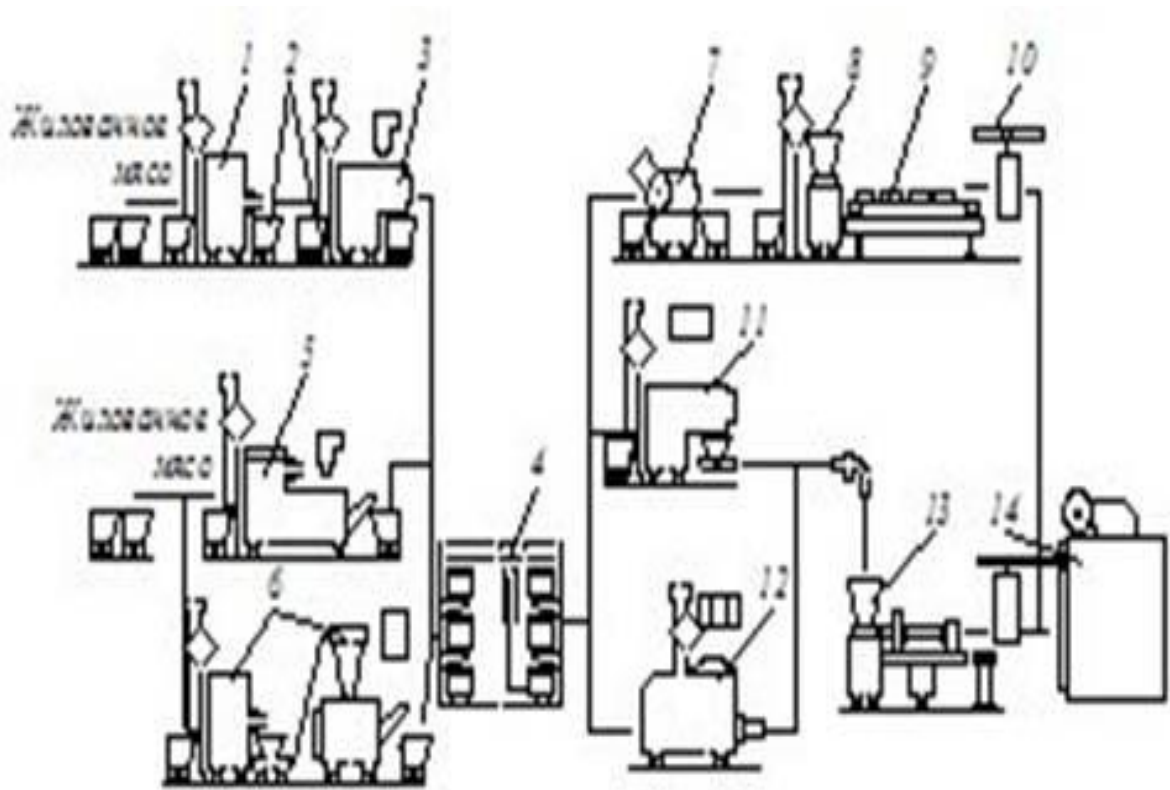


Рис. 2.1. Технологічна лінія виробництва ковбас

2.3.1 Будова та принцип роботи обладнання

Призначення: Куттер *K-120-F* є для малих, середніх цехів промисловості. Його функція досконале подрібнення порізаної дрібну однорідну масу сировину. Також можна переробляти холодну - 3°C , заморожену сировину. Несучу частину є міцний зварений корпус. Для зниження шуму і вібрації ніжки мають антивібраційну суміш. Корпус із кожухами створює замкнуту конструкцію. Вона захищає електродвигуни від можливих попадань продуктів переробки. Верхня частина корпусу має чашу з приводом плавного регулювання обертів з електронним таблом. Горизонтально над чашею є ножовий вал ножовою головою. Ножі мають три площини із власним приводом (6) (рис.2.2). Оберти ножів встановлюються окремими діапазонами.

Ножова головка має кожух ножової головки (9). Чаша закрита кришкою (10). Кожухи відкриваються вручну. Зліва корпусу розміщено ємкість сировини (4). Вивантаження через степель (11) у візок.

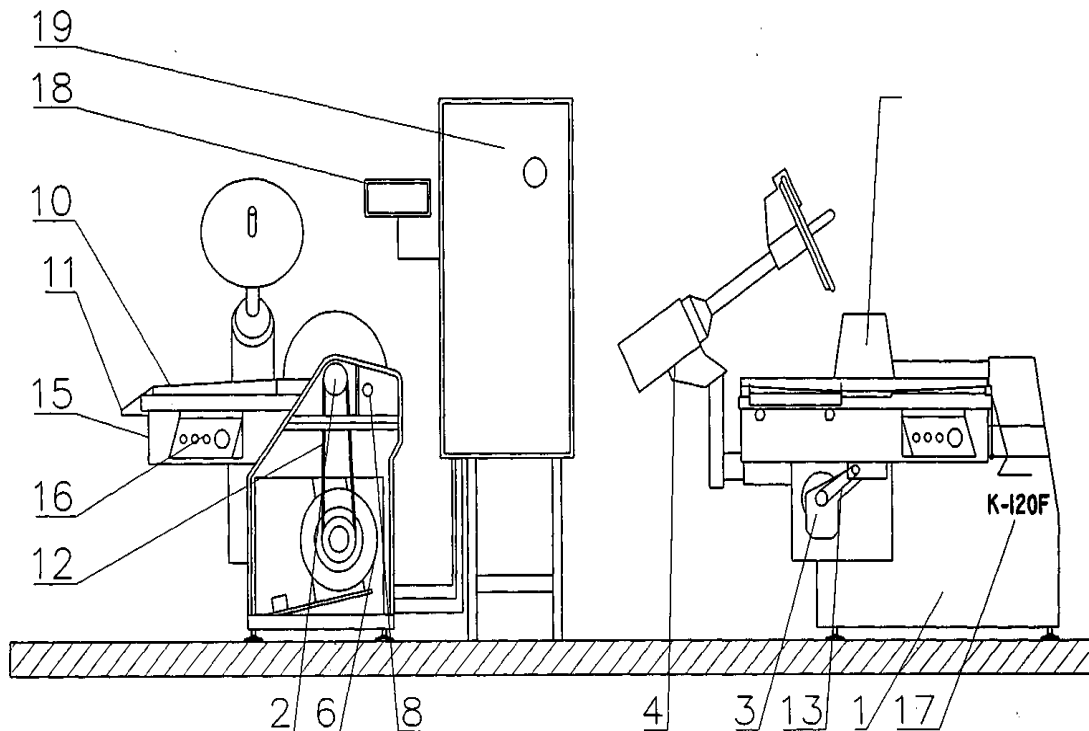


Рис. 2.2. Загальний вигляд: 1 – корпус; 2 – ножовий вал; 3 – привід чаш; 4 - вивантажувач; 6 - електродвигун валу ножів; 8 – магніт; 9 – кожух головки; 10 – кожух чаш; 11 – жолоб вивантажування; 12 – паси ножового валу; 13 – привід чаші; 15 – кожух бічний чаші; 16 – пульт; 17 – щиток; 18 – дисплей; 19 – шафа.

характеристика:

Максимальний вміст	120л – 90 кг
різання при обетах	240-3000 об/хв.
при перемішуванні	120-240 об/хв.
чаша обертова	3; 6; 9; 12 об/хв.
вивантажувач при	180 об/хв.
потужність машини	55 кВт
вага	1850 кг
ножів	6

Після кожної робочої зміни його частини повинні бути очищені і вимиті водою із миючими засобами. Залишки з чаші вивантажуються випускним пробком.

2.3.2. Обґрунтування удосконалення кутера

Кутери періодичної дії у контексті обробки продуктів (наприклад, в м'ясопереробній промисловості) для розрізання чи подрібнення сировини мають недоліки і переваги. Переваги використання кутерів у таких процесах можуть включати отримати високоякісний фарш із заданими властивостями, такими як текстура та розмір частинок. Виробники можуть легко змінювати налаштування кутерів, відповідно до потреб виробництва, для отримання різних видів продуктів. Кутери можуть бути налаштовані для обробки різних видів сировини, що робить їх універсальними для виробництва різноманітних продуктів.

Проте, можливі також і недоліки: кутери можуть бути високою вартістю та вимагати регулярного обслуговування, щоб забезпечити ефективну роботу. В деяких випадках кутери можуть мати обмеження щодо швидкості обробки сировини. Використання кутерів вимагає кваліфікованого персоналу для налагодження та контролю процесу. Якщо процес використання кутера вимагає великої кількості енергії, це може призвести до високих експлуатаційних витрат. Щодо опису натяжного пристрою, це може бути важливою частиною обладнання для забезпечення стабільності та правильної роботи системи.

Натяжний пристрій (рис. 2.3) рекомендуємо вставити для кутера. Він складається з ролика 3 змонтованого на підшипниках, які закріплено на осі 4. Корпус пристрою 1 натяжного має закріплену вісь 4. Роликове переміщення при допомозі натягу пасової передачі проводиться із допомогою тяг 2. Вони закріплені до стійки 8 штифтом 24. Ролик є фторопластовий Ф-40, що є довговічним. Корпус натягу 1 закріплено на осі 10. Вона з'єднана з кутерним корпусом.

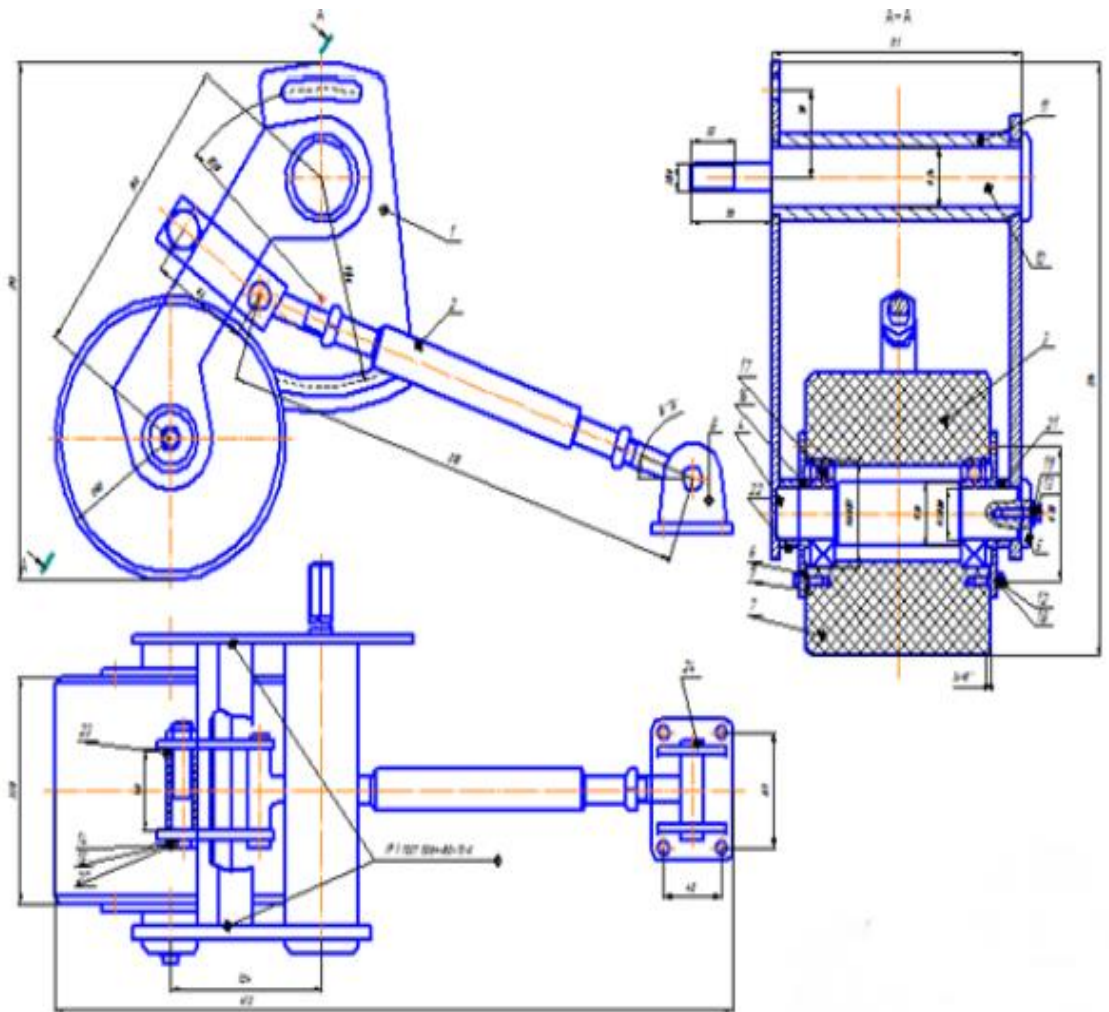


Рис 2.3 – Натяжний пристрій 1 – натяжний пристрій; 2 – тягм; 3 – ролики; 4 – вісі; 5 – кільце; 6 – кришка; 7 – бобиш; 8 – стійка; 9 – проклад; 10 – вісі; 11 – трубі; 12, 13, 14 – болти; 15 – гайки; 16 – манжеті; 17 – підшипн; 18, 19, 20 – шайби; 21, 22, 23 – втулки; 24 – штефт.

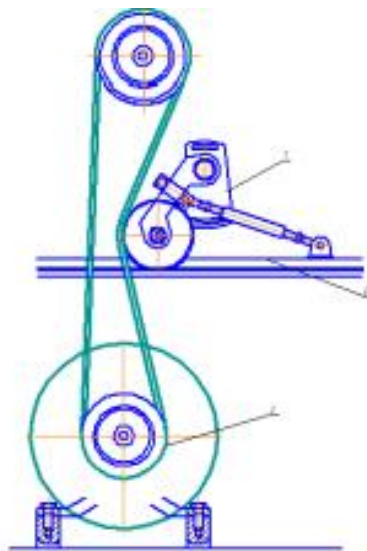


Рис. 2.4. Конструкція ножового приводу: 1 –пристрій натягу; 2 – каток; 3 – двагун

2.4 Експериментальні дослідження та обробка їх результатів

Різні підходи до моделювання в КОМПАС-3D. Кожен з цих підходів має свої переваги та використовується залежно від конкретних потреб і завдань. «Знизу вгору» (Bottom-Up)- підхід передбачає створення моделі, використовуючи готові компоненти. Починаємо з деталей і складаємо їх разом для створення збірної конструкції. Це особливо корисно, коли використовуємо стандартні чи типові компоненти. «Зверху вниз» (Top-Down): починаємо зі створення конструкції або скелета моделі, а потім додаєте деталі, які долучаються до цієї конструкції. Цей підхід корисний для створення комплексних систем або при визначенні просторових залежностей між компонентами. Опираючись на компоновочний ескіз розпочати моделювання з компоновочного ескізу, такого як кінематична схема. Це дозволяє вам швидко визначити просторові відносини між компонентами та структуру системи. Використання комбінації обох підходів забезпечує гнучкість та ефективність. Важливо відзначити, що КОМПАС-3D, як і інші САD-системи, розроблені з урахуванням ідеології асоціативності, що дозволяє легко модифікувати моделі, проводити зміни та оновлення, не порушуючи їх структуру.

Для імітаційного моделювання процесу оброблення м'ясної сировини на кутері створено геометричні моделі ножових головок з 4, 6, 8 (рис. 2.5-2.6) ножами, а також модель чаші і продукту в ній (рис.2.7).

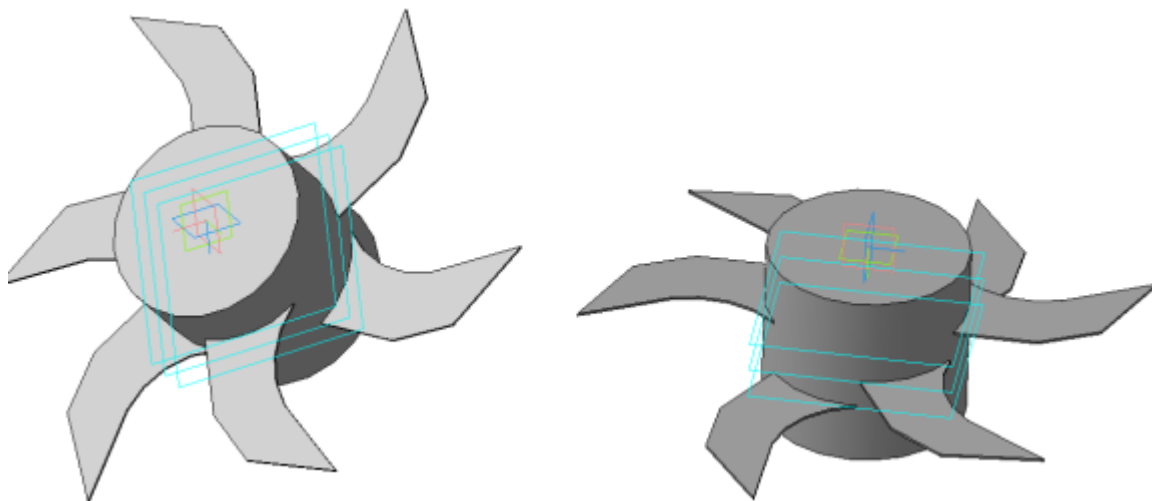


Рис.2.5. модель геометрична 6-ножової головки

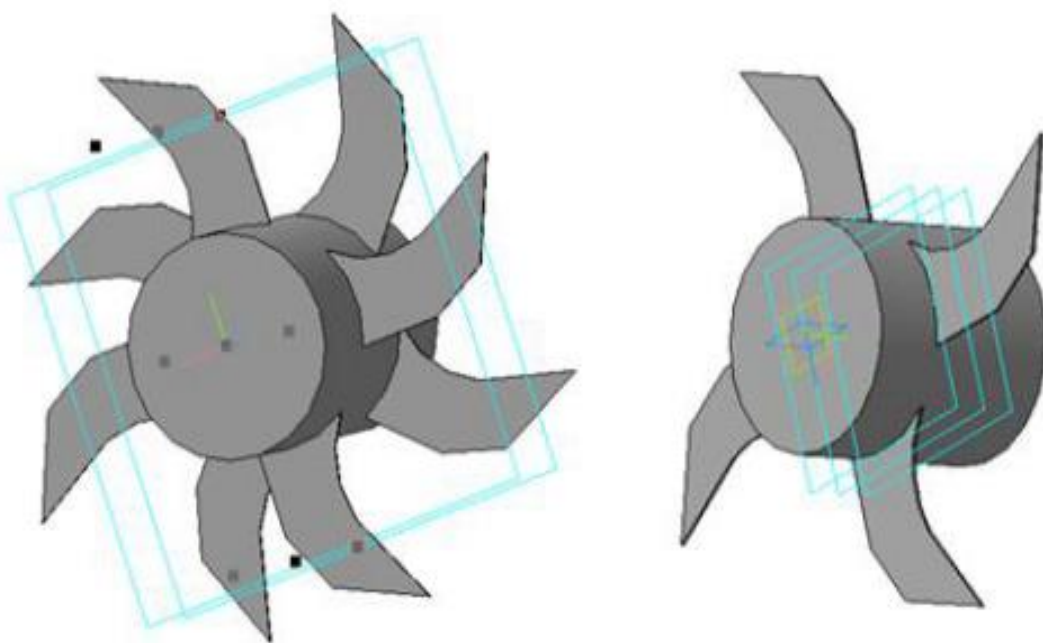


Рис. 2.6. модель геометрична 8-ножової і 4-голівки

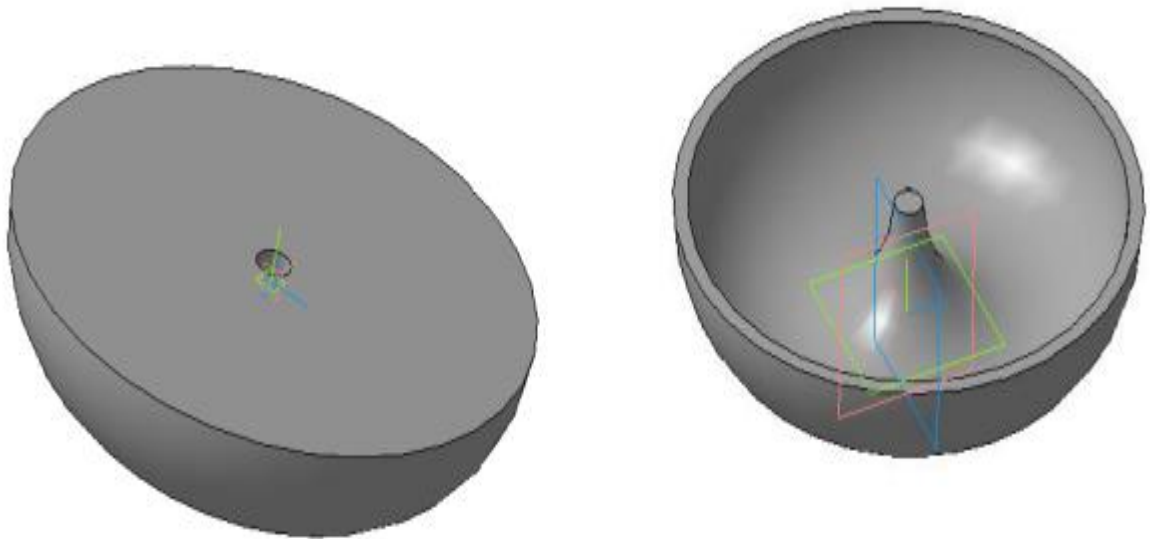


Рис. 2.7. 3D модель чаші

2.4.1. Вибір конструкційних матеріалів

Так, у харчовому машинобудуванні використовують широкий спектр матеріалів для виготовлення деталей обладнання. Застосування **нержавіючої сталі** є основним в харчовій промисловості через його високу корозійну стійкість і можливість забезпечення гігієнічних умов.

Використовується алюміній для легких конструкцій, де не потрібна велика міцність, але важлива низька вага. Такі як поліетилен, поліпропілен, ацеталь і т. д. Вони використовуються для деяких деталей, які не стикаються з продуктами напряму, наприклад, в пластикових конвеєрах або в деталях обгортки. Тефлон, де необхідна висока стійкість до тертя і агресивних середовищ.

Щоб забезпечити ефективність та тривалість служби обладнання, також використовують різноманітні матеріали для технічного обслуговування, такі як мастила, лакофарбові покриття, антикорозійні покриття тощо. Так, сталі марок Ст5і (нс) до Стбї (сп), які містять більше 0,3% вуглецю, можуть піддаватися термічній обробці для підвищення їхньої міцності. Термічна обробка, така як нагрів і закалювання, може

змінити структуру сталі, що призводить до поліпшення механічних властивостей, зокрема міцності.

Однак важливо враховувати, що зварність цих сталей є невисокою через велику кількість вуглецю. Висока концентрація вуглецю може призводити до утворення вуглецевих включень та зміни структури металу під час зварювання, що може призвести до виникнення тріщин та інших дефектів. Для забезпечення якості зварювання важливо дотримуватися відповідних технологій та процедур зварювання, а також використовувати відповідні методи контролю якості.

Ці сталі, як правило, застосовуються для виготовлення кріпильних деталей вузлів і тертя, таких як тяги, вісі, упори, штирі тощо, де важлива міцність і стійкість до тертя.

В харчовому машинобудуванні для виготовлення деталей з підвищеною твердістю та в'язкістю, які підтверджені ударним навантаженням, часто використовують інструментальні вуглецеві сталі. Ці сталі мають високий вміст вуглецю, що сприяє формуванню твердих карбідних фаз, що робить їх відмінними для виготовлення ріжучих інструментів, таких як ножі, скребки та інші ріжучі елементи. Висока твердість важлива для того, щоб інструмент був здатний утримувати гострі леза протягом тривалого часу. Підвищена в'язкість важлива для того, щоб інструмент мав достатню міцність і не ламався під час роботи. Інструментальні вуглецеві сталі повинні мати високу стійкість до ударів, оскільки деякі деталі можуть бути піддані імпульсним навантаженням, особливо при роботі в умовах виробництва харчової промисловості.

Ці властивості роблять інструментальні вуглецеві сталі ідеальними для виробництва різальних інструментів, які використовуються в харчовому машинобудуванні, таких як ножі, скребки та інші ріжучі деталі.

Так, чавуни виготовляються з різних видів металів і широко використовуються в машинобудуванні через їхні специфічні властивості.

Чавуни можуть бути поділені на різні класи в залежності від їхнього хімічного складу та властивостей, що дозволяє вибрати відповідний тип чавуну для конкретного застосування в машинобудуванні.

2.5. Техніко-економічне обґрунтування

Серповидні, гранчасті ножі кутера дійсно широко використовуються в харчовій промисловості, але вони мають свої переваги і недоліки.

Можна спостерігати застій в зоні різання від ножів форми серповидних, гранчастих ножів. Це може зменшити продуктивність та однорідність обробки сировини. Робочий принцип таких ножів може викликати значну аерацію фаршу, що означає введення повітря в продукт. Це може вплинути на якість та консистенцію кінцевого продукту. Під час роботи ножі можуть нагрівати фарш через тертя та тепловий ефект, що може впливати на якість кінцевого продукту та сприяти розвитку бактерій. Виготовлення та заміна таких ножів може бути високою витратою через їхню складну форму та спеціальні матеріали.

Для покращення процесу кутерування та подолання цих недоліків розробляються нові типи ножів та ріжучих пакетів. Наприклад, застосування спеціальних форм та матеріалів ножів, що зменшують аерацію фаршу, може покращити якість обробки та зменшити теплове вплив. Також розглядаються альтернативні методи кутерування, які можуть мати менше недоліків у порівнянні з існуючими.

Використання ножів оригінальної форми, як описано в патенті з номером 1733095, може бути ефективним способом подолання недоліків, пов'язаних із серповидними, гранчастими ножами кутера. Зміна форми та конструкції ножів може покращити ефективність та якість процесу кутерування. Особливо важливими аспектами можуть бути такі:

1. Точність регулювання робочого зазору. Зубці основ фіксаторів, розташовані з відхиленням відносно центру фіксатора, можуть сприяти

більш точному регулюванню робочого зазору між ножами. Це дозволить досягнути бажаної якості та текстури обробленої сировини.

2. Зменшення аерації фаршу: Оптимізована форма ножів може зменшити аерацію фаршу під час кутерування, що покращить якість та консистенцію продукту.
3. Зниження нагріву фаршу: Модифіковані ножі можуть зменшити нагрів фаршу під час обробки, що сприятиме збереженню якості та безпеки харчового продукту.
4. Вартість та тривалість служби: Оптимізовані ножі можуть мати більш тривалу службу та бути менш витратними у виготовленні, що знизить загальну вартість обладнання.

Застосування нових ножів та конструкцій може покращити процес кутерування та виробництва м'ясних продуктів загалом. Важливо провести тестування та валідацію цих інновацій, щоб забезпечити їхню ефективність та відповідність стандартам безпеки та якості продукції. Застосування ножів з оригінальною формою, може мати декілька технічних переваг, які сприяють покращенню процесу кутерування та виробництва м'ясних продуктів. Тонке подрібнення за оптимізованої форми ножів дозволяє досягти більш тонкого подрібнення сировини, що може бути важливим для отримання певних текстур та консистенцій продуктів. Крім цього зменшення нагріву фаршу під час кутерування сприяє підвищити продуктивність процесу кутерування збереженню якості та безпеки харчових продуктів, що дозволяє обробляти більше сировини за один цикл роботи. Покращення обробки сировини допомагає досягнути вищої якості кінцевої продукції, що є важливим для конкурентоспроможності на ринку.

Якщо ножі даної конструкції мають меншу вартість виготовлення, це може знизити загальну вартість обслуговування обладнання. Можливість збереження продуктивності кутера при використанні меншої кількості ножів може зменшити витрати та споживання енергії. Загалом,

використання нових ножів може призвести до покращення різних аспектів виробництва м'ясних продуктів і поліпшення якості та продуктивності процесу кутерування.

РОЗДІЛ 3

РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

3.1. Технологічний розрахунок

Продуктивність кутера (або кутерації) визначається як кількість одиниць продукції, яку вдається виготовити протягом певного часового інтервалу за допомогою кутераційного обладнання. Для технологічного розрахунку продуктивності кутера можна використовувати наступну формулу:

$$\dot{i} = \frac{60\alpha\rho V}{t} = \frac{0,7 \cdot 1100 \cdot 0,12 \cdot 60}{13} = 426,5 \cong 427 \text{ кг/год}$$

де α – заповнення коефіцієнт чаші, $\alpha = 0,7$;

V – об'єм чаші, м^3 ; $V = 0,12 \text{ м}^3$;

ρ – фаршу густина, кг/м^3 ; $\rho = 1100 \text{ кг/м}^3$;

Час роботи кутера - це час, протягом якого кутераційне обладнання було активно в роботі $t = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 = 1 + 2 + 8 + 2 = 13 \text{ хв}$;

t_1 – завантаження м'яса, хв; $t_1 = 1 \text{ хв}$;

t_2 – перемішування, хв; $t_2 = 2 \text{ хв}$;

t_3 – кутерувальний час, хв; $t_3 = 10 \text{ хв}$;

Так як модернізовано ножову головку, то час процесу скорочується до 8 хв;

t_4 – вивантаження, хв; $t_4 = 2 \text{ хв}$.

Ця формула може бути корисною для визначення ефективності виробничого процесу та планування виробничого графіку. У технологічному розрахунку також важливо враховувати матеріальні затрати на процес кутерування та виявлення втрат. Матеріальні затрати можна визначити, враховуючи витрати на сировину, енергію,

обслуговування обладнання та інші витрати, пов'язані з виробництвом. Точний метод розрахунку матеріальних затрат буде залежати від конкретного виробничого процесу та умов виробництва.

Тому продуктивність без проведеної модернізації:

$$\dot{V}' = \frac{60\alpha\rho V}{t} = \frac{0,7 \cdot 1100 \cdot 0,12 \cdot 60}{15} = 369,6 \cong 370 \text{ м}^3/\text{год}$$

Отже, різниця виходу фаршу ΔQ , м³/год складає:

$$\Delta M = M - \Delta M' = 427 - 370 = 57 \text{ м}^3/\text{год}$$

Компактність конструкції кутера визначимо через питому площу

F_i , м²/(м³/год) та питомого об'єму V_i , м³/(м³/год), займаючий:

$$F_i = \frac{L \cdot (B+b)}{M} = \frac{2,2(1,37+1,2)}{370} = 0,015 \text{ м}^2/(\text{м}^3/\text{год});$$

$$V_i = F_i \cdot H = 0,015 \cdot 4 = 0,06 \text{ м}^3/(\text{м}^3/\text{год}),$$

де L – довжина кутера, м; $L = 2,2$ м;

B – кутерна ширина, м; $B = 1,37$ м;

b – обслуговуюча ширина проходів, м; $b = 1,2$ м;

H – обслуговуюча висота кутера при ремонтних роботах, м; $H = 4$ м.

3.2. Конструктивний розрахунок

Геометричну ємність чаші можна визначити виразом: $V=2\pi RS$

де: R -радіус між центром обертання і центром виборки чаш, м

S - поперечний переріз чаші, м²

$$S=aR^2; \quad a=1,06$$

$$V=2\pi RaR^2=2\pi aR^3$$

$$R^3 = \frac{V}{2\pi a}$$

$$R = \sqrt[3]{\frac{V}{2\pi a}} = \sqrt[3]{\frac{0,25}{2 \cdot 3,14 \cdot 1,06}} = 0,33 \text{ м}$$

3.3. Кінематичний розрахунок кутера

за формулою визначаємо потужність двигуна:

$$N_2 = \frac{a \cdot S_1 \cdot z \cdot n \cdot \eta_a}{60 \cdot 1000 \cdot \eta \cdot \eta_1},$$

де a – витрати енергії питомі на шар фаршу одним ножом за оберт

$$\text{Äæ} / \text{ì}^2; a = 2000 \text{ Äæ} / \text{ì}^2 \text{ ВТ/об};$$

$$\eta_a - \text{запас потужності}; \eta_a = 1,25;$$

$$\eta - \text{ККД передачі двигуна ножовому валу}; \eta = 0,9;$$

η_1 – коефіцієнт врахування втрат енергії на оберти чаші;

$$\eta_1 = 0,85;$$

z – ножова кількість; $z = 6$;

$$n - \text{оберт ножів за 1 хв, } \hat{a} / \tilde{a}; n = 3000 \hat{a} / \tilde{a};$$

S_1 – площа шару в його перерізі, ì^2 : м^2

$$S_1 = \frac{V\alpha}{2\pi R} = \frac{0,12 \cdot 0,7}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,28} = 0,05 \text{ì}^2 \cdot \text{м}^2$$

чашова місткість:

$$V = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot S_0; S_0 = a \cdot r^2; r = 0,9R; a = 1,06,$$

де S_0 – сегментова площа утворена внутрішньою частиною чаші кутера, м^2 ;

R – обертовий радіус центру площі S_0 щодо вертикальної обертової осі, м.

$$V = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot S_0 = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot a \cdot (0,9 \cdot R)^2 = 2 \cdot 3,14 \cdot 1,06 \cdot (0,9R)^2 = 5,4R^3,$$

$$R = \sqrt[3]{\frac{0,12}{5,4}} = 0,28 \text{ì}.$$

Таким чином,
$$N_2 = \frac{2000 \cdot 0,05 \cdot 6 \cdot 3000 \cdot 1,25}{60 \cdot 1000 \cdot 0,9 \cdot 0,85} = 49 \hat{a} \tilde{a}.$$

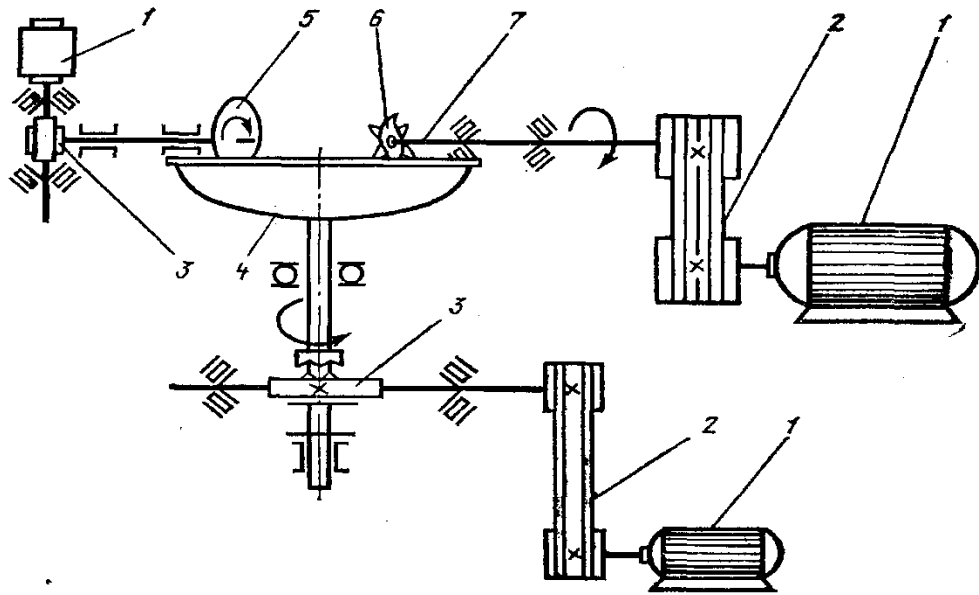


Рис. 3.1. Кінематика кутера К-120F: 1 – двигун; 2 – пасова передача; 3 – редуктор; 4 – чаша; 5 –вивантажувач; 6 – головка ножів; 7 –вал.

з каталогу вибираємо двигун: 5A225M2

$$n_1 = 3000 \text{ об/хв} ; N_1 = 55 \text{ кВт} ; \eta_{\text{дв}} = 92,5\% ; \text{коф. потужності} = 0,91 ;$$

$$\text{Маса} = 320 \text{ кг.}$$

момент крутний ножового вала :

$$T = \frac{n}{\omega_2},$$

де ω_2 – частота кутова обертання вала, рад/с:

$$\omega_2 = \frac{\pi n_2}{30},$$

$$\text{число передачі пасової передачі: } u = \frac{n_2}{n_1} = \frac{3000}{3000} = 1.$$

Перевірка потужності електродвигуна для процесу:

$$N_1 \geq N_2 \cdot \eta_{\text{п}} \cdot \eta_{\text{п\ddot{a}\phi}}^2,$$

де N_2 – потужність вала кВт ; $N_2 = 49 \text{ кВт}$;

$\eta_{\text{п}}$ – ККД передачі; $\eta_{\text{п}} = 0,96$;

$\eta_{\text{п\ddot{a}\phi}}$ – ККД пари підшипника, $\eta_{\text{п\ddot{a}\phi}} = 0,99$.

$$55 \cdot 0,96 \cdot 0,99^2 = 51,75 \cong 49 \text{ кВт} ;$$

Як бачимо двигун задовольняє процес.

Проводимо розрахунок передачі клинопасової:

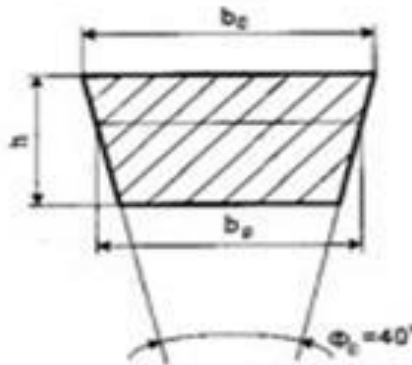
$$N_1 = 55 \text{ кВт} , n_1 = 3000 \text{ об/хв} / \text{мін} , u = 1.$$

момент крутний швидкохідного валу:

$$T_\phi = 9550 \frac{N_1}{n_1} = 9550 \frac{55}{3000} = 175,083 \text{ Н·м}.$$

При такому моменті згідно табл. 2.12) [3] приймаємо пас «В» із розміром:

$$b_p = 19,0 \text{ мм} ; h = 13,5 \text{ мм} ; b_0 = 22 \text{ мм} ; y_0 = 4,8 \text{ мм} ; F_1 = 2,30 \text{ Н}^2.$$



Менший шків у діаметрі згідно рекомендацій табл.2.12 [3]

$$d_p^{\min} = 200 \text{ мм} ; d_{p1} = 200 \text{ мм}.$$

Більший шків у діаметрі буде за формулою [3]:

$$d_{p2} = d_{p1} \cdot u(1 - \varepsilon) = 200 \cdot 1(1 - 0,01) = 198 \approx 200 \text{ мм}.$$

Діаметр шківа по ГОСТ 17383-73 (табл. 2.21) $d_{p2} = 224 \text{ мм}.$

$$v = \frac{\pi \cdot d_{p1} \cdot n_1}{60 \cdot 1000} = \frac{3,14 \cdot 224 \cdot 3000}{60 \cdot 1000} = 35,17 \text{ м/с}.$$

Обертлова частота валу:

$$n_2 = \frac{d_{p1} \cdot n_1(1 - \varepsilon)}{d_{p2}} = \frac{224 \cdot 3000 \cdot (1 - 0,01)}{224} = 2970 \text{ об/хв} / \text{мін}.$$

Міжосьова відстань рекомендовано (табл.2.14):

$$a = 1,5d_{p2} = 1,5 \cdot 224 = 336 \text{ мм}.$$

Довжина пасу згідно формули (2.6) [3]:

$$L = 2a + \frac{\pi}{2}(d_{p1} + d_{p2}) + \frac{(d_{p2} - d_{p1})^2}{4a} =$$

$$= 2 \cdot 336 + \frac{3,14}{2}(224 + 224) + \frac{(224 - 224)^2}{4 \cdot 336} = 1375,36 \text{ мм} .$$

Довжина пасу стандартна $L=1800$ мм.

Згідно стандартної довжини уточнення міжосьової відстані формулою.(2.9):

$$a = \frac{2L - \pi(d_{p1} + d_{p2}) + \sqrt{(2L - \pi(d_{p1} + d_{p2}))^2 - 8(d_{p2} - d_{p1})^2}}{8} =$$

$$= \frac{2 \cdot 1400 - 3,14(224 + 224) + \sqrt{(2 \cdot 1400 - 3,14(224 + 224))^2 - 8(224 - 224)^2}}{8} =$$

$$= 348,32 \cong 348 \text{ мм} .$$

Мінімальна відстань міжосьова монтажна (див. ст.27):

$$a_{\min} = a - 0,01L = 348 - 0,01 \cdot 1400 = 334 \text{ мм} .$$

Максимальна відстань міжосьова натягу ременів:

$$a_{\max} = a + 0,025L = 348 + 0,025 \cdot 1400 = 383 \text{ мм} .$$

Обхват кутовий меншого шків за форм. (2.10):

$$\alpha_1^0 = 180^\circ - 60^\circ \frac{d_{p2} - d_{p1}}{a} = 180 - 60 \frac{224 - 224}{336} = 180^\circ > [\alpha_1] = 110^\circ .$$

Довжина пасу по табл. 2.15 буде $L_0=3.750$ м.

$$\text{довжина відносна } \frac{L}{L_0} = \frac{1400}{3750} = 0,373 .$$

Коефіцієнт довжини по таблиці 2.19 $C_L = 0,86$.

Потужність (табл. 2.15) при $d_{p1} = 224 \text{ мм}$ та $v = 35,17 \text{ м/с}$ / \tilde{n} : $N_0 = 7,95 \text{ кВт}$.

Кут обхвату з табл.2.18 має коефіцієнт $C_\alpha = 1$.

Поправка моменту крутного передаточного числа (табл.2.20) :

$$\Delta T_{\dot{E}} = 5,8 \dot{I} \cdot \dot{i} .$$

Поправка потужності ст.28:

$$\Delta N_{\dot{E}} = 0,0001 \cdot \Delta T_{\dot{E}} \cdot n_d = 0,0001 \cdot 5,8 \cdot 3000 = 1,74 \text{ кВт} .$$

Режимний коефіцієнт роботи у навантаженні за табл.2.8 становить
 $C_\delta = 0,92$.

Допустима потужність

$$[N] = (N_0 \cdot C_\alpha \cdot C_L + \Delta N_{\dot{E}}) C_p = (7,95 \cdot 0,99 \cdot 0,86 + 1,74) 0,92 = 9,47 \text{ кВт} .$$

Розрахунок кількості пасів (2.25):

$$z = \frac{N}{[N]} = \frac{55}{9,47} = 5,8 \approx 6 .$$

Коефіцієнт рівномірності навантажень $C_z = 0,9$.

Приймаємо число $z=6$.

Сила початкового натягу одного клинового ременя за форм. (2.28):

$$S_{01} = \frac{780N}{v C_\alpha C_p z'} + qv^2 = \frac{780 \cdot 55}{35,17 \cdot 1 \cdot 0,92 \cdot 6} + 0,3(35,17)^2 = 592,06 \text{ Н},$$

де $q=0,3$ кг/м (див.табл.2.12).

усилля, що діють на вали передачі за форм.(2.29):

$$Q \approx 2S_{01}z' \sin \frac{\alpha_1^0}{2} = 7104,72 \text{ Н} .$$

Розміри обхвату шківів (табл.2.21):

$$l_p = 19 \text{ мм} ; h = 14,3 \text{ мм} ; b = 5,7 \text{ мм} ; l = 25,5 \pm 0,5 \text{ мм} ; f = 17_{-1}^{+3} \text{ мм} ;$$

$$r = 1,5 \text{ мм} ; h_{1\text{min}} = 10 \text{ мм} ; \alpha_1 = 36^\circ ; \alpha_R = 36^\circ .$$

Зовнішні діаметри шківів за форм.(2.32):

$$d_{e1} = d_{p1} + 2b = 224 + 2 \cdot 5,7 = 235,4 \text{ мм} .$$

$$d_{e2} = d_{p2} + 2b = 224 + 2 \cdot 5,7 = 235,4 \text{ мм} .$$

ширина обхвату шківів за форм.(2.33):

$$M = (z' - 1)e + 2f = (6 - 1)25,5 + 2 \cdot 17 = 161,5 \text{ мм} .$$

Розрахунок приводу чаші:

Необхідна потужність обертання чаші:

$$N_2 = F \cdot v_{\dot{\varphi}},$$

F – сила інерції чаші, Н;

$$F = \frac{2mv_{\dot{\varphi}}^2}{d_{\dot{\varphi}}},$$

де m – маса чаші з фаршем, кг;

$$m = m_{\dot{\varphi}} + \rho_{\delta} \cdot V\alpha = 462 + 1100 \cdot 0,12 \cdot 0,7 = 555 \text{ кг}.$$

$$m_{\dot{\varphi}} = \frac{1}{4} I_{\text{шаші}} = \frac{1}{4} 1850 = 462,5 \text{ кг}.$$

швидкість обертання чаші, м/с:

$$v_{\dot{\varphi}} = \frac{\pi n_{\dot{\varphi}} d_{\dot{\varphi}}}{60} = \frac{3,14 \cdot 12 \cdot 1,15}{60} = 0,72 \text{ м/с}.$$

Сила інерції:

$$F = \frac{2mv_{\dot{\varphi}}^2}{d_{\dot{\varphi}}} = \frac{2 \cdot 555 \cdot 0,72^2}{1,15} = 500,37 \text{ Н}.$$

Необхідна потужність:

$$N_2 = 500,37 \cdot 0,72 = 360,27 \text{ Вт}.$$

ККД приводу:

$$\eta_{\text{приводу}} = \eta_{\text{ш}} \cdot \eta_{\text{ш.д.}} \cdot \eta_{\text{ш.д.}}^2 = 0,96 \cdot 0,8 \cdot 0,99^2 = 0,75;$$

де $\eta_{\text{ш}} = 0,96$; $\eta_{\text{ш.д.}} = 0,8$; $\eta_{\text{ш.д.}}^2 = 0,99$.

Необхідна потужність двигуна, Вт:

$$N_1 = \frac{N_2}{\eta_{\text{приводу}}} = \frac{360,27}{0,75} = 474,04 \cong 0,48 \text{ кВт}.$$

Вибираємо двигун АИРМ80 В8:

$$N = 0,55 \text{ кВт}; n = 750 \text{ об/хв}; \eta_{\text{двигуна}} = 58\%; i_{\text{двигуна}} = 14,8.$$

Перевіримо передаточне число:

$$u_{\text{ш.д.}} = \frac{n_{\text{ш.д.}}}{n_{\text{ш}}} = \frac{750}{12} = 62,5;$$

$$u_{\text{ш}} = \frac{u_{\text{ш.д.}}}{i_{\text{двигуна}}} = \frac{62,5}{20} = 3,2 \cong 3.$$

Розрахуємо черв'ячну передачу редуктора за такими даними:

$$N_1 = 0,55 \text{ кВт}; n_1 = 750 \text{ об/хв}; u = 20;$$

робота не реверсивна; служба передачі $t = 10000$ год.

Приймаємо сталь 45 загартовану твердості 45...50 HRC із шліфуванням витків. Вінець колеса Бр.АЖ9-4 з властивостями :
 $\sigma_T = 200 \text{ МПа}$; $\sigma_a = 400 \text{ МПа}$.

Приймаємо захід черв'яка $z_1=2$.

Крутячий момент колеса:

$$T_2 = 9550 \cdot 10^3 \frac{N_1 u \eta}{n_1} = 9550 \cdot 10^3 \frac{0,55 \cdot 20 \cdot 0,75}{750} = 105050 \text{ Н} \cdot \text{м} .$$

Швидкість ковзання :

$$V_c = 0,0004 \cdot n_1 \cdot \sqrt[3]{\frac{T_2}{1000}} = 0,0004 \cdot 750 \cdot \sqrt[3]{\frac{105050}{1000}} = 1,41 \text{ м/с} .$$

За даної швидкості згідно табл. 3.35 ст.91 [3] точність 9-а.

Контактне напруження:

$$[\sigma_f] = 300 - 25 \cdot v_c = 300 - 25 \cdot 1,41 = 264,75 \text{ МПа} .$$

Допуск контактного напруження у розрахунку при максимальнім навантаженні:

$$[\sigma_{HM}] = 2\sigma_T = 2 \cdot 200 = 400 \text{ МПа} .$$

Допуск напруження згину за базового числа змін напружень $N_{FO}=10^6$ для не реверсивних навантажень:

$$[\sigma_F]_0 = 102 \text{ МПа} .$$

Сумарне навантаження числа циклів:

$$N_\Sigma = N_{FE} = 60 n_2 t \div = 60 \cdot \frac{750}{20} \cdot 10000 = 22,5 \cdot 10^6 .$$

Коеф. довговічності :

$$K_{FL} = \sqrt[9]{\frac{N_{FO}}{N_\Sigma}} = \sqrt[9]{\frac{10^6}{22,5 \cdot 10^6}} = 0,91 .$$

Напруження допустиме згину:

$$[\sigma_F] = [\sigma_F]_0 \cdot K_{FL} = 102 \cdot 0,91 = 92,82 \text{ МПа} .$$

Напруження допустиме згину при дії максимального навантаження:

$$[\sigma_{FM}] = 0,8 \cdot [\sigma_m] = 0,8 \cdot 200 = 160 \text{ МПа} .$$

Число зубців колеса: $z_2 = Z_1 \cdot U = 2 \cdot 20 = 40$.

$28 \leq z_2 \leq 80$ – умова виконана.

Коеф. діаметра черв'яка формулою:

$$q = 0,25 \cdot z_2 = 0,25 \cdot 40 = 10, \text{ відповідає стандарту значень } q.$$

Коефіцієнт розподілу навантажень ширини вінця:

$$K_{H\beta} = K_{\beta} = 1.$$

Коефіцієнт динамічного навантаження:

$$K_{Hv} = 0,3 + 0,1 \cdot n + 0,02 \cdot v_c = 0,3 + 0,1 \cdot 9 + 0,02 \cdot 1,41 = 1,228.$$

Міжосьова відстань передачі за контактних витримок:

$$\begin{aligned} a_w &= \left(\frac{z_2}{q} + 1 \right) \sqrt[3]{ \left(\frac{170}{[\sigma_H] \cdot \frac{z_2}{q}} \right)^2 \cdot T_2 \cdot K_{H\beta} \cdot K_{Hv} } = \\ &= \left(\frac{40}{10} + 1 \right) \sqrt[3]{ \left(\frac{170}{264,75 \cdot \frac{40}{10}} \right)^2 \cdot 105050 \cdot 1,0 \cdot 1,228 } = \\ &= 74,6 \text{ мм} . \end{aligned}$$

Модуль зчеплень:

$$m = \frac{2 \cdot a_w}{z_2 + q} = \frac{2 \cdot 74,6}{40 + 10} = 2,984 \text{ мм} .$$

По стандарту $m = 3,0$ мм, згідно таблиці 12 ст.254 [3]).

Тобі міжосьова відстань:

$$a_w = \frac{m \cdot (z_2 + q)}{2} = \frac{3 \cdot (40 + 10)}{2} = 75 \text{ мм} .$$

По таблиці кут підймання черв'яка становить $\gamma = 11^{\circ}18'36''$.

Ділильний діаметр:

для черв'яка: $d_{\omega 1} = q \cdot m = 10 \cdot 3 = 30 \text{ мм} ;$

для колеса: $d_{\omega 2} = m \cdot z_2 = 3 \cdot 40 = 120 \text{ мм} .$

Швидкість розрахунку ковзання :

$$v_c = \frac{\pi \cdot d_{\omega 1} \cdot n_2}{60000 \cdot \cos \gamma} = \frac{3,14 \cdot 30 \cdot 750}{60000 \cdot 0,98058} = 1,2 \text{ і } / \tilde{n}.$$

а швидкості $v_c = 3,0$ м/с контактне допустиме напруження:

$$[\sigma_H] = 300 - 25 \cdot v_c = 300 - 25 \cdot 3,0 = 225 \text{ МПа}.$$

ут тертя приведений для бронзового колеса та сталевго черв'яка при $v_c = 1,2 \text{ і } / \tilde{n}; \varphi' = 2^\circ 30'$.

ККД передач:

$$\eta = (0,95 \dots 0,96) \cdot \frac{\operatorname{tg} \gamma}{\operatorname{tg}(\gamma + \varphi')} = 0,96 \cdot \frac{\operatorname{tg} 11^\circ 18' 36''}{\operatorname{tg} 13^\circ 48' 36''} = 0,792 \cong 0,8.$$

По уточненим пораметрам перевіряємо контактне навантаження:

$$\begin{aligned} \sigma_i &= \frac{170}{\frac{z_2}{q}} \cdot \sqrt{\left(\frac{\frac{z_2}{q} + 1}{a_w}\right)^3 \cdot T_2 \cdot K_{i\beta} \cdot K'_{iv}} = \\ &= \frac{170}{40/10} \cdot \sqrt{\left(\frac{\frac{40}{10} + 1}{75}\right)^3 \cdot 105050 \cdot 1,0 \cdot 1,228} = 262,75 \text{ МПа} . \\ \sigma_H < [\sigma_H] &= 264,75 \text{ МПа} . \end{aligned}$$

Перевірочна контактна зубова витривалість колеса при максимальнім навантаженні:

$$\sigma_{iM} = \sigma_i \sqrt{\frac{\partial_{i,2}}{\partial_2}} = 262,75 \cdot \sqrt{2} = 371,58 \text{ МПа} < [400] \text{ МПа} .$$

Перевірочна витривалість зубців колеса згину:

$$Z_\gamma = \frac{z_2}{\cos^3 \gamma} = \frac{40}{0,98058^3} = 42 .$$

Коеф. форм зубів колеса $Y_F = 1,51$ згідно таблиці 3.28 ст.5.

Напруження згину:

$$\begin{aligned} \sigma_F &= \frac{2 \cdot T_2 \cdot \cos \gamma}{1,2 \cdot d_{\omega 1} \cdot d_{\omega 2} \cdot m} \cdot Y_F \cdot K_{F\beta} \cdot K_{Fv} = \frac{2 \cdot 105050 \cdot 0,98058}{1,2 \cdot 120 \cdot 30 \cdot 3} \cdot 1,51 \cdot 1,0 \cdot 1,228 = \\ &= 29,48 \text{ МПа} < [\sigma_F] = 102 \text{ МПа} , \end{aligned}$$

$$\text{де } K_{F\beta} = 1,0; K_{Fv} = 1,228.$$

Перевірка на витривалість зуба згину при максимальнім навантаженні:

$$\sigma_{FM} = \sigma_F \frac{T_{M2}}{T_2} = 29,48 \cdot 2 = 58,96 \text{ МПа} .$$

58,96 МПа < 160 МПа.

Загалом параметри : $z_1=2$; $z_2=40$;

$d_{\omega 1} = 30 \text{ мм}$; $d_{\omega 2} = 120 \text{ мм}$; $a_{\omega} = 75 \text{ мм}$.

3.4. Розрахунок на міцність й жорсткість

Розрахунок ножа: ніж у кутері є ключовим робочим органом, відповідальним за обробку матеріалу. При модернізації кутера і його ножа, важливо враховувати кілька факторів для обов'язкового перевірного розрахунку:

- Важливо вибрати матеріал ножа, який буде відповідати вимогам оброблюваного матеріалу та забезпечувати високу міцність та тривалу експлуатацію.
 - Оптимальну геометрію та розміри ножа, які повинні бути обрані відповідно до вимог оброблюваного матеріалу та специфікацій кутера.
1. Перевірка точності виготовлення ножа та його геометрії для забезпечення якісної обробки матеріалу з оцінкою стійкості ножа до зносу під час тривалої експлуатації.
- важливо враховувати тепловідведення для запобігання перегріванню та забезпечення стабільної роботи ножа та забезпечення простоти монтажу й можливості заміни ножа без великих зусиль.

Тому перевірний розрахунок має за мету переконатися, що модернізований ніж відповідає усім необхідним технічним вимогам і взаємодіє ефективно з іншими елементами кутера. У разі потреби можна залучити проведення детального аналізу.

Міцність та експлуатаційні властивості ріжучих інструментів, таких як ножі в кутерах, визначаються рядом факторів, включаючи конструктивні геометричні параметри, режим експлуатації, використання зносостійких

матеріалів і технологічні прийоми обробки. Давайте розглянемо кожен з цих аспектів більш детально:

Конструктивні геометричні параметри:

- Оптимальний кут різання визначається для конкретного матеріалу, який буде оброблятися. Величина кута може впливати на міцність та якість обробки.
- Товщина леза пов'язана зі стійкістю до зносу та здатністю ріжучого інструменту працювати без вібрацій.
- **Швидкість різання та подача** має працювати в оптимальних режимах, щоб забезпечити ефективну обробку та тривалу експлуатацію.
- Зносостійкі матеріали, такі як вуглецеві чи сплави з високим вмістом вольфраму, можуть забезпечити довговічність і високу міцність ріжучого інструменту.
- Точність виготовлення гострого краю та інших геометричних параметрів може впливати на якість різання та тривалість служби інструменту.
- Застосування відповідних методів термічної обробки може покращити міцність та стійкість інструменту.
- Інструмент повинен бути сконструйований так, щоб його можна було легко замінити чи обслуговувати без значних труднощів.

Загальна продуктивність ріжучого ножа залежить від гармонійного поєднання усіх цих факторів. Модернізація ріжучих ножа може включати в себе оптимізацію конструкції, вибір відповідних матеріалів та вдосконалення технологічних процесів.

Ріжуча здатність леза, окрім кута заточки, визначається також гостротою леза (вираженою через радіус кривизни ріжучої кромки) та іншими параметрами, які впливають на його зносостійкість і продуктивність. **Кут заточки (α)** визначає гостроту кута ріжучої кромки.

Гострий кут полегшує проникнення леза в матеріал і може поліпшити ріжучу здатність. Однак занадто великий кут може збільшити знос леза.

Гострота леза (ρ) визначається через радіус кривизни ріжучої кромки ($\rho = 2r$). Менший радіус кривизни вказує на гостріше лезо, що може поліпшити його здатність різання. Вибір матеріалу для виготовлення леза грає важливу роль у зносостійкості. Використання зносостійких матеріалів, таких як високоміцні сплави чи кераміка, може зменшити знос та підвищити тривалість служби. Мікрогеометрія поверхні леза може впливати на його взаємодію з матеріалом під час різання. Оптимізація мікрогеометрії може покращити продуктивність та тривалість служби. Міцність, жорсткість та інші механічні властивості матеріалу леза важливі для його здатності витримувати навантаження при різанні.

Оптимізація цих параметрів дозволяє підтримувати ефективну ріжучу здатність леза, уникати раннього зносу та забезпечити високу продуктивність різального процесу. Нормальна сила N у контексті ріжучого інструмента (наприклад, ножа) визначається компонентою сили різання, направленою по бісектрисі кута заточки. Це важливий параметр, який впливає на здатність інструмента ефективно різати матеріал. Нормальна сила визначається за допомогою закону сил, розкладених на компоненти. Якщо ми позначимо силу різання (проекцію на площину різання) через F_r , а кут заточки інструмента - через α , то нормальна сила N може бути визначена за формулою: $N = F_r \cdot \cos(\alpha/2)$

Ця формула випливає з розкладання сили різання на дві компоненти - нормальну (NN) і дотичну (TT), враховуючи бісектрису кута заточки.

$$F_r = N \cdot \cos(\alpha/2) + T \cdot \sin(\alpha/2)$$

де:

- F_r - сила різання,
- N - нормальна сила,
- T - дотична сила,
- α - кут заточки.

Ця формула може бути використана для аналізу та оптимізації ріжучих інструментів в залежності від умов різання та властивостей матеріалів, які обробляються.

Ніж являється основним робочим органом в кутері, при цьому в даному проекті від підлягає модернізації, тому він потребує обов'язкового перевірного розрахунку. Міцність та експлуатаційні властивості ріжучих інструментів визначаються конструктивними геометричними параметрами, оптимальними параметрами режиму, застосуванням зносостійких матеріалів, різноманітними прийомами технологічної обробки.

Ріжуча здатність леза визначається не тільки кутом його заточки α , але й гостротою леза ($\rho = 2 \cdot r$).

При зануренні леза в шар матеріалу на його ріжучій кромці та в гранях виникають зусилля, які викликають руйнування та зношування ножів, в зв'язку з чим ріжуча здатність леза падає. Швидке зношування та затуплення леза призводить до різкого зростання енергоємності процесу різання, збільшення втрат продукту та зниження якості продукту.

Сила різання розкладається на такі складові: нормальну силу P_n , направлену по бісектрисі кута заточки, та дотичну силу P_τ , перпендикулярну до нормальної.

Нормальна сила, H :

$$P_n = P \cdot \cos\left(\gamma + \frac{\alpha}{2}\right),$$

де P – опір різанню м'язової тканини, H ; $P = 1500H$;

γ – кут установки ножа, $\gamma = 0^\circ$;

α – кут заточки, $\alpha = 14^\circ$;

$$D_i = 1500 \cdot \cos\left(0 + \frac{14}{2}\right) = 1490,94H.$$

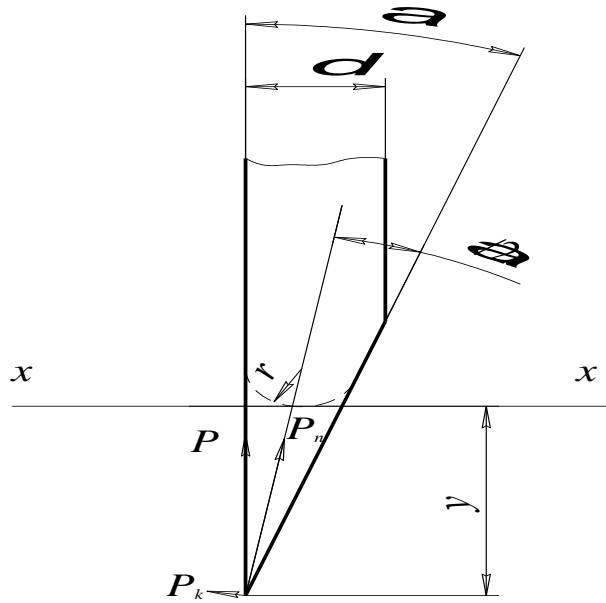


Рис. .3.3. Схема розрахунку ножа

Згинаюча сила, H :

$$D_{\tau} = D \cdot \sin\left(\gamma + \frac{\alpha}{2}\right) = 1500 \cdot \sin\left(0 + \frac{14}{2}\right) = 164,6H.$$

Дія сили P_{τ} на лезо - згинає. Згинальний момент M_{z_2} , $H \cdot m$, у перерізу $x-x$ віддалі y від вершини гостроти леза [5]:

$$\dot{I}_{\zeta\bar{a}} = D_{\tau} \cdot y.$$

За цього y , m :

$$y = \frac{3}{2} \cdot \frac{P_{\tau}}{[\sigma_{\zeta\bar{a}}] \cdot \text{tg}^2 \frac{\alpha}{2}},$$

де $[\sigma_{z_2}]$ –напруження допустиме згину ножа, MPa , $[\sigma_{z_2}] = 450MPa$;

$$y = \frac{3}{2} \cdot \frac{164,6}{450 \cdot 10^6 \cdot \text{tg}^2 \frac{14}{2}} = 45,01 \cdot 10^{-6} \text{ м}.$$

МОМЕНТ згинання:

$$\dot{I}_{\zeta\bar{a}} = 164,6 \cdot 45,01 \cdot 10^{-6} = 0,0074 \dot{I} \cdot \text{ м}.$$

Напруження згину перерізу $x-x$:

$$\sigma_{\zeta\bar{a}} = \frac{\dot{I}_{\zeta\bar{a}}}{W},$$

де W – лезовий момент опора, m^2 ;

$$W = \frac{b \cdot h}{6},$$

де b – лезова довжина, м ; $b = 0,302 \text{ м}$;

h – леза товщина перерізу $x-x$,

$$h = \operatorname{tg} \alpha \cdot y,$$

$$h = \operatorname{tg} 14 \cdot 45,01 \cdot 10^{-6} = 1,006 \cdot 10^{-5} \text{ м}.$$

опір:

$$W = \frac{0,305(1,006 \cdot 10^{-5})^2}{6} = 5,14 \cdot 10^{-12} \text{ м}^3.$$

згин напруження:

$$\sigma_{\zeta\bar{a}} = \frac{0,0074}{5,14 \cdot 10^{-12}} = 143,97 \cdot 10^6 \text{ Па} ,$$

Значення менше допустимого. Умова згину виконується.

Радіус округлення леза буде:

$$r = y \cdot \frac{\sin \frac{\alpha}{2}}{1 - \sin \frac{\alpha}{2}},$$

$$r = 45,01 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{\sin \frac{14}{2}}{1 - \sin \frac{14}{2}} = 5,6 \cdot 10^{-6} \text{ м}.$$

Гострість лезова:

$$\rho = \frac{3 \cdot D_r \cdot \left(1 + \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} \right)}{[\sigma_{\zeta\bar{a}}]},$$

$$\rho = \frac{3 \cdot 164,6 \cdot \left(1 + \frac{1}{\sin \frac{14}{2}} \right)}{450 \cdot 10^6} = 1,11 \cdot 10^{-5} \text{ м}.$$

Максимальне напруження профілю кромки валу σ_{\max} , МПа:

$$\sigma_{\max} = \frac{(3 + \mu) \cdot \rho \cdot \omega \cdot R^2 \cdot \left[1 + \frac{1 - \mu}{3 + \mu} \cdot \frac{r_0^2}{R^2} \right]}{4},$$

де r_0 – центральний радіус отвору, м, $r_0=0,036$ м;

μ – коеф. Пуассона, $\mu=0,3$;

ω – швидкість кутова ножа, рад/с, $\omega=314$ рад/с;

R – максимум радіуса ножа, м, $R=0,296$ м;

ρ – густина гожа, кг/м³, $\rho=7250$ кг/м³,

$$\sigma_{\max} = \frac{(3 + 0,3) \cdot 7250 \cdot 314 \cdot 0,296^2 \cdot \left[1 + \frac{1 - 0,3}{3 + 0,3} \cdot \frac{0,036^2}{0,296^2} \right]}{4} = 0,16 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

Небезпека для нормальної роботи ножа є не неезпечна.

Розрахунок ножової головки. Розрахунок зусиль, які виникають в ножовій головці, може включати різні фактори, такі як зусилля різання, тиск, тертя і інші. Цей процес вимагає врахування ряду параметрів та властивостей для ефективного функціонування та забезпечення довговічності машини.

Зусилля різання (F_c) виникає під час різання матеріалу. Воно визначається типом матеріалу, геометрією ножа і параметрами різання. Якщо є зусилля стиску (**F_p**) між матеріалами, вони також враховуються в розрахунках. Це може бути важливо для матеріалів, які схильні до деформації під час різання. Зусилля тертя (**F_f**) виникає внаслідок взаємодії поверхонь ножа та оброблюваного матеріалу. Воно залежить від матеріалів та умов різання. **Зусилля відводу (F_b)** потрібно для виведення обрізаного матеріалу з ніжної головки.

Цей вираз враховує різноманітні фактори, які впливають на зусилля в ножовій головці. Важливо враховувати індивідуальні особливості машини та умови роботи для точного розрахунку. Також слід звертатися до технічної документації та рекомендацій виробника для отримання точних даних.

Ножова головка є досить завантажене у вузлі машини. Розрахунок

$$\text{зусилля в головці [5]. } F_{\text{total}}=F_c+F_p+F_f+F_b$$

Відцентрова сила обертового ножа, H :

$$F_{\dot{a}^3\ddot{a}\ddot{a}} = m_{\dot{a}} \cdot \omega^2 \cdot R,$$

де $m_{\dot{a}}$ –ножова маса, кг, $m_{\dot{a}.n.} = 1,2$ кг;

R – радіус ножа, м, $R = 0,296$ м;

ω – кутова ножова швидкість, рад/с, $\omega = 476,8$ рад/с,

$$F_{\dot{a}^3\ddot{a}\ddot{a}} = 1,2 \cdot 314^2 \cdot 0,296 = 50484,22 \text{ Н.}$$

Сила кріплення елемента, H :

$$F_{\text{зят}} = \frac{T_{\text{зят}}}{0,5 \cdot d_2 \cdot \left[\frac{D_{\text{cp}}}{d_2} \cdot f + \text{tg}(\psi + \varphi) \right]},$$

де $T_{\text{зят}}$ – момент загину гайки, $H \cdot \text{м}$, $T_{\text{зят}} = 300 \text{ Н} \cdot \text{м}$;

ψ –подйом різьби кута $\psi = 3^\circ$;

d_2 – середньої різьби, м,

$$d_2 = d - 0,6495 \cdot t,$$

де d – зовнішньої різьби, мм, $d = 6$ мм;

t – крок, мм, $t = 0,8$ мм,

$$d_2 = 6 - 0,6495 \cdot 0,8 = 5,48 \text{ мм};$$

D_{cp} – середня різьба гайки:

$$D_{\text{cp}} = \frac{D_1 + D_{\text{оме}}}{2},$$

де $D_{\text{оме}}$ –отвір гайки, $D_{\text{оме}} = 5,08$ мм;

D_1 – внутрішній гайки, $D_1 = d$,

$$D_{\text{cp}} = \frac{6 + 5,08}{2} = 5,54 \text{ мм};$$

f – коеф. тертя між гайкою і шайбою, $f = 0,15 \dots 0,25$, беремо $f = 0,18$;

φ – кутову різьбове тертя:

$$\varphi = \text{arctg} f_{\text{np}},$$

де f_{np} – приведенне тертя:

$$f_{\text{np}} = f \cdot 1,15,$$

$$f_{\text{np}} = 0,18 \cdot 1,15 = 0,207,$$

$$\varphi = \arctg 0,207 = 11,69^\circ.$$

Затяжка:

$$F_{\zeta\delta} = \frac{300}{0,5 \cdot 0,00548 \cdot \left[\frac{0,0054}{0,00548} \cdot 0,18 + \operatorname{tg}(3 + 11,7) \right]} = 248838,7 \text{ Н.}$$

Сила тертя ножа:

$$F_{mp} = 2 \cdot F_{зам} \cdot f,$$

де f – коеф. тертя полірованих поверхонь ножа $f=0,1$;

$$F_{\delta\delta} = 2 \cdot 248,8 \cdot 0,1 = 49,8 \text{ кН.}$$

Проведемо і знайдемо силу, кН діючу на гвинт. Вона є різниця між тертям та силою відцентровою:

$$F_{\acute{a}} = F_{\acute{a}\ddot{a}\delta} - F_{\delta\delta},$$

$$F_{\acute{a}} = 50,5 - 49,8 = 0,7 \text{ кН.}$$

Напруження зрізу гвинта й шпонки, МПа:

$$\tau_{\zeta\delta} = \frac{F_{\acute{a}}}{2 \cdot S_{\zeta\delta}} \leq [\tau_{\zeta\delta}],$$

де $[\tau_{зр}]$ – допускове зрізове напруження, $[\tau_{зр}] = 240 \text{ МПа}$;

$S_{зр}$ – площа його зрізу, м^2 ,

$$S_{\zeta\delta} = S_{\acute{a}\acute{a}} + S_{\phi},$$

де S_{uu} – площа перерізаної шпоночки, м^2 , $S_{uu} = 0,00096 \text{ м}^2$;

$S_{\zeta\delta}$ – площа перерізаного гвинту, м^2 ,

$$S_{\acute{a}\acute{a}} = \frac{\pi \cdot d^2}{4},$$

$$S_{\acute{a}\acute{a}} = \frac{3,14 \cdot 0,006^2}{4} = 2,8 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2,$$

$$S_{\zeta\delta} = 2,8 \cdot 10^{-5} + 9,6 \cdot 10^{-4} = 9,88 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2.$$

Напруження:

$$\tau_{\zeta\delta} = \frac{700}{2 \cdot 9,88 \cdot 10^{-4}} = 0,35 \text{ МПа} < 240 \text{ МПа.}$$

Вузол на зріз працює нормально.

Перевірочний розрахунок змінання шпонки. при цьому, МПа:

$$\sigma_{\zeta i} = \frac{F_a}{2 \cdot S_{\zeta i}} \leq [\sigma_{\zeta i}],$$

де $[\sigma_{\zeta i}]$ – напруження допустиме змінання, $[\sigma_{\zeta i}] = 320 \text{ МПа}$;

$S_{\zeta i}$ – площа :

$$S_{\zeta i} = P_{\text{ш}} \cdot \delta,$$

де $P_{\text{ш}}$ – шпонки периметр, м, $P_{\text{ш}} = 0,236 \text{ м}$;

δ – ножова товщина, м, $\delta = 0,0027 \text{ м}$,

$$S_{\zeta i} = 0,236 \cdot 0,0027 = 0,0006372 \text{ м}^2.$$

Напруж. змінання:

$$\sigma_{\zeta i} = \frac{700}{2 \cdot 0,0006372} = 0,55 \text{ МПа} < 320 \text{ МПа}.$$

Під час перевірки ножової головки не виявлено жодних поломок, і під час експлуатації цей вузол має залишатися без поломок. Це свідчить про правильну роботу ножової головки.

4 РОЗДІЛ

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ОБРОБЛЕННЯ М'ЯСОПРОДУКТІВ НА КУТЕРІ

4.1. Експериментальні дослідження та обробка їх результатів

Різні підходи до моделювання в КОМПАС-3D. Кожен з цих підходів має свої переваги та використовується залежно від конкретних потреб і завдань. **«Знизу вгору» (Bottom-Up)**- підхід передбачає створення моделі, використовуючи готові компоненти. Починаємо з деталей і складаємо їх разом для створення збірної конструкції. Це особливо корисно, коли використовуємо стандартні чи типові компоненти. **«Зверху вниз» (Top-Down):** починаємо зі створення конструкції або скелета моделі, а потім додаєте деталі, які долучаються до цієї конструкції. Цей підхід корисний для створення комплексних систем або при визначенні просторових залежностей між компонентами. **Опираючись на компоновочний ескіз** розпочати моделювання з компоновочного ескізу, такого як кінематична схема. Це дозволяє вам швидко визначити просторові відносини між компонентами та структуру системи. Використання комбінації обох підходів забезпечує

гнучкість та ефективність. Важливо відзначити, що КОМПАС-3D, як і інші САD-системи, розроблені з урахуванням ідеології асоціативності, що дозволяє легко модифікувати моделі, проводити зміни та оновлення, не порушуючи їх структуру.

Для імітаційного моделювання процесу оброблення м'ясної сировини на кутері створено геометричні моделі ножових головок з 4, 6, 8 (рис. 4.1-4.2) ножами, а також модель чаші і продукту в ній (рис.4.3).

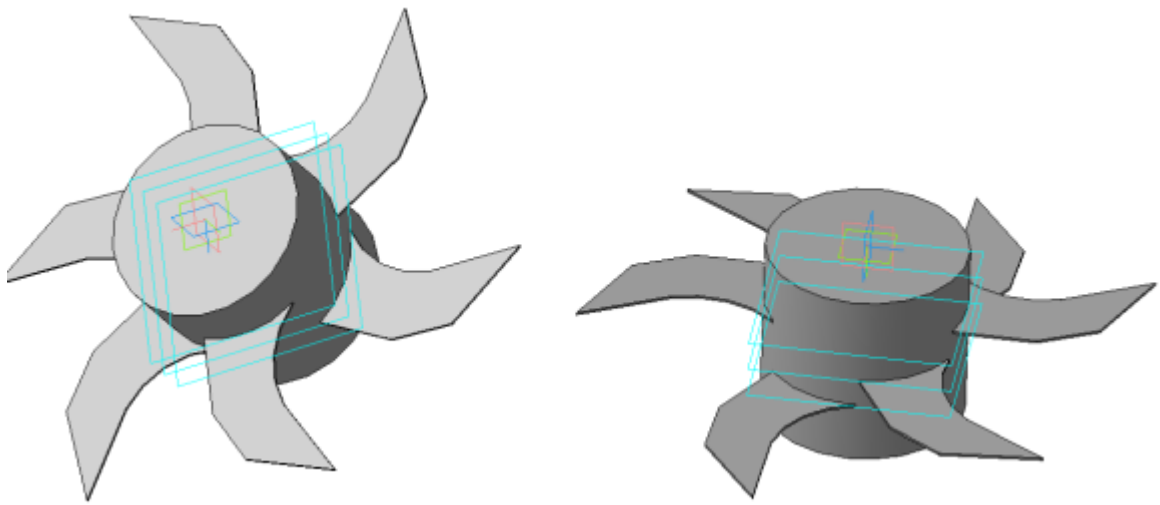


Рис.4.1. модель геометрична 6-ножової головки

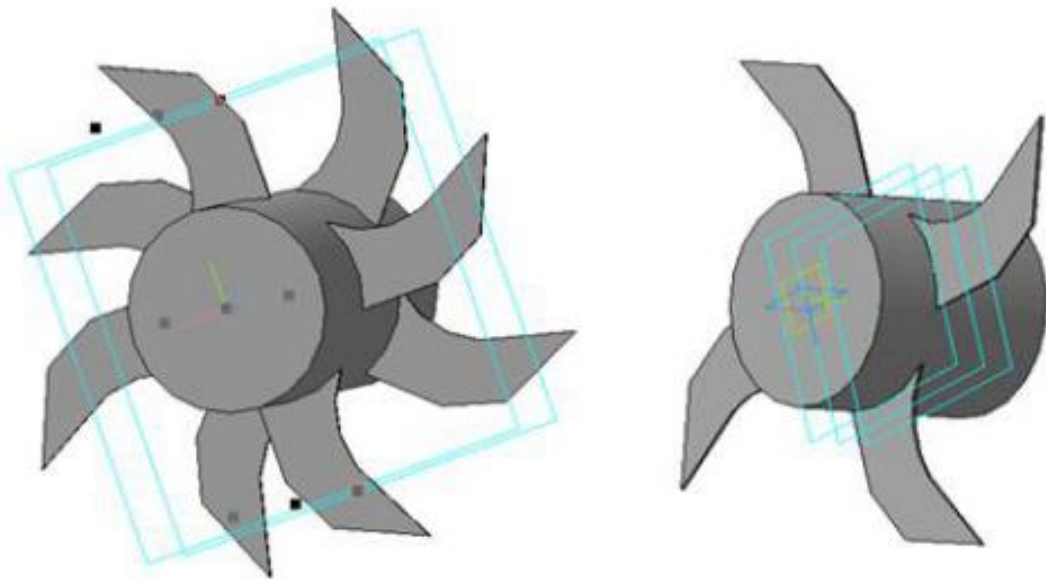


Рис. 4.2. модель геометрична 8-ножової і 4- головки

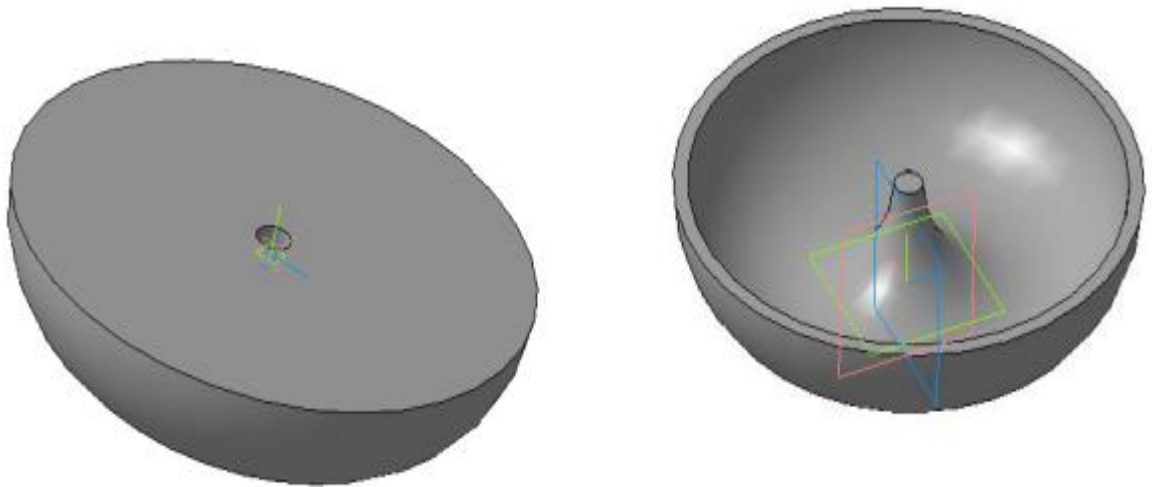


Рис. 4.3. 3D модель чаші

4.2. Розробка математичної моделі та результати моделювання

Програмний комплекс FlowVision призначений для вивчення течій рідини та газу в об'єктах техніки та природних об'єктах. Також він дозволяє візуалізувати ці течії за допомогою комп'ютерної графіки. Цей програмний продукт дозволяє моделювати різноманітні види течій, такі як стаціонарні та нестаціонарні, стискаємі та нестискаємі потоки рідини та газу. Використання різних моделей турбулентності та адаптивної розрахункової сітки дозволяє враховувати складні рухи рідини, такі як течії з сильним закрученням, горінням та течії з вільною поверхнею.

Програмний комплекс FlowVision використовує передовий метод розрахунку течій рідини та газу, а саме кінцево-об'ємний метод, для вирішення рівнянь гідродинаміки. Однією з важливих особливостей є використання прямокутної адаптивної сітки з можливістю локального подрібнення. Ця технологія відкриває можливість імпорту геометрії з систем комп'ютерного-автоматизованого проектування (САПР) і обміну інформацією з системами кінцево-елементного аналізу. Зокрема, інтеграція з іншими інженерними системами стає більш зручною та ефективною.

Важливим досягненням є вирішення проблеми автоматичної генерації сітки. Замість складного процесу вручну задаваних параметрів, достатньо вказати лише декілька ключових параметрів, і програма автоматично генерує сітку для розрахункової області, незалежно від її геометричної складності. Це значно полегшує і прискорює процес моделювання та розрахунку течій рідини та газу, забезпечуючи високу точність результатів.

Для проведення імітаційного моделювання в програмному комплексі FlowVision, спочатку імпортується геометрична модель та встановлюються границі (див. рис. 4.3). Після цього створюється розрахункова сітка.

Локально-адаптивна розрахункова сітка, використовувана в FlowVision, представляє собою метод, який дозволяє автоматично адаптувати розмір елементів сітки в різних областях модельованої системи на основі певних критеріїв. Це дозволяє більш ефективно виділяти ресурси обчислень, спрямовуючи їх туди, де потрібна більша деталізація.

Окремі області можуть бути автоматично подрібнені на один чи більше порядків в залежності від конкретних умов течії в цих областях. Наприклад, якщо в певній частині системи виникають більш інтенсивні аеродинамічні явища, програмний комплекс може автоматично збільшити кількість елементів сітки для отримання більш деталізованої і точної імітації в цій області.

Цей підхід сприяє оптимізації розрахункових ресурсів та забезпечує високу точність результатів, особливо в областях системи, де важливо відтворити деталізовані течії рідини чи газу. З попереднього аналізу стало відомо, що використання ножової головки із чотирма ножами не забезпечує достатньої інтенсивності оброблення. У зв'язку з цим було прийнято рішення продовжити дослідження, використовуючи головку з

шістьма та восьмома ножами. На рис. 4.4. наведено розподіл тиску по об'єму чаші кутера.

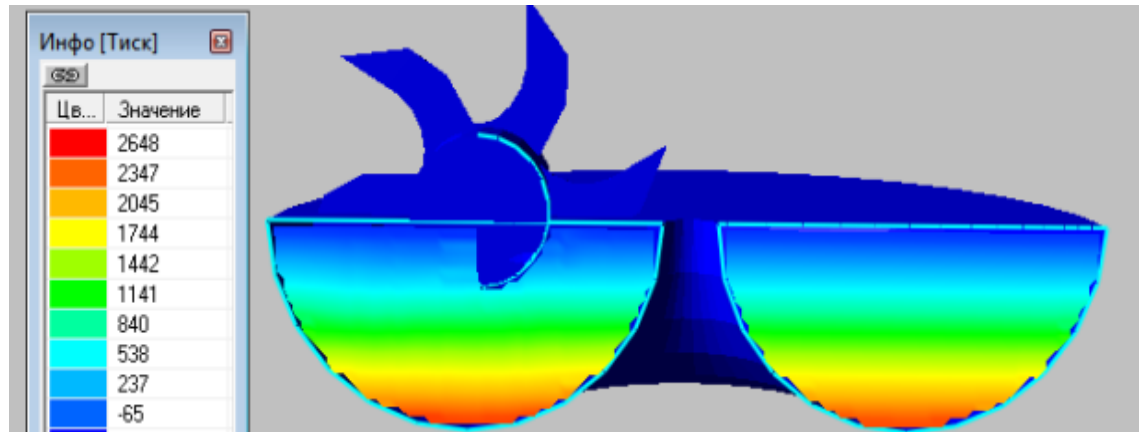


Рис. 4.4. Розподілення об'ємного тиску у чаші кутера

Об'ємний розподіл тиску в чаші кутера в зоні роботи ножів і при вільному знаходженні в чаші відповідає гідростатичному тиску продукту на внутрішню поверхню чаші. Це означає, що тиск в кутері породжується вагою продукту, який знаходиться в чаші, і вирівнюється по всій внутрішній поверхні чаші, включаючи зону, де працюють ножі, і область, де продукт вільно знаходиться. Цей розподіл тиску може бути важливим при оцінці ефективності роботи обладнання та його впливу на продукт в часі роботи, особливо коли мова йде про процеси змішування або обробки.

Розподіл швидкостей є однією з ключових характеристик роботи кутера і визначається частотою обертання ножового вала та чаші, яка забезпечує інтенсивність подрібнення. У проведених дослідженнях вивчалась реакція системи при різних частотах обертання ножового вала - 2600, 3000 і 3400 об/хв, і частоті обертання чаші - 16 об/хв. Метою було визначити оптимальну частоту обертання ножів для досягнення найбільш раціонального ефекту подрібнення.

На рис. 4.5. наведено розподіл швидкостей при використанні шести ножової ріжучої головки. Це графічне зображення вказує на те, як розподіляється швидкість в різних точках системи при різних оборотах.

Аналіз цих даних дозволяє визначити оптимальну частоту обертання для досягнення найкращих результатів подрібнення.

В зоні 1, де відбувається взаємодія з лезами ножів, швидкість продукту виявляється вищою. Це пояснюється тим, що в цій області відбувається активний процес подрібнення чи обробки, і взаємодія з ножами збільшує швидкість продукту.

Важливо відзначити, що при всіх розглянутих частотах обертання забезпечено раціональний розподіл швидкостей. Це свідчить про те, що система працює ефективно та оптимально при різних умовах обертання, що може бути важливим фактором для вибору оптимальної частоти обертання ножів в залежності від вимог та обставин процесу.

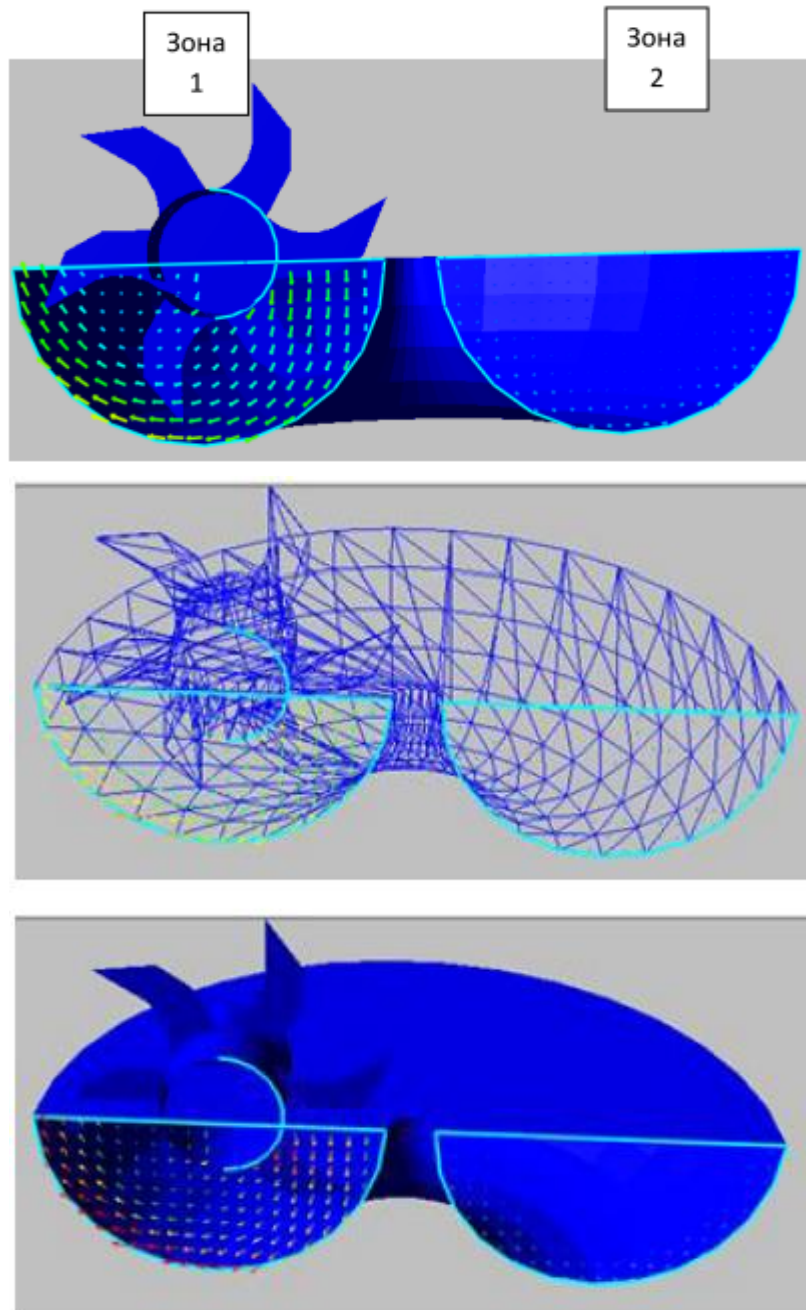


Рис. 4.5. Розподілення швидкості руху мяса в чаші при дії 6-ти ножової головки з частотою обертання ножів: 2600, 3000 і 3400 об/хв.

Розподілення швидкості за використання 8-ми ножової головки та її результат приведено на рис. 4.6.

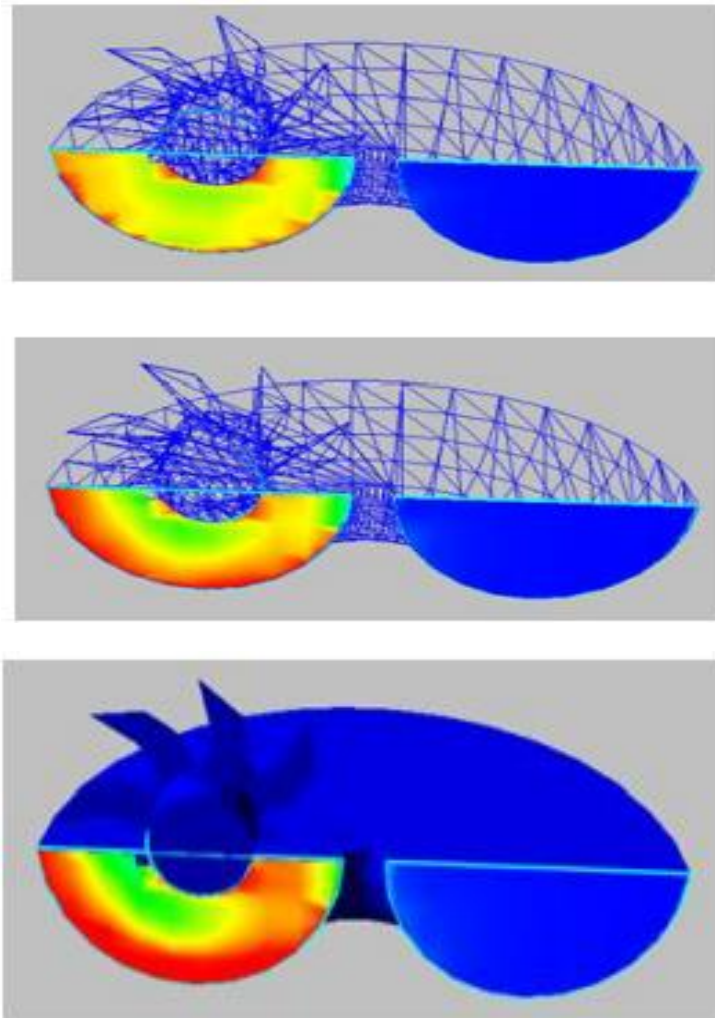


Рис. 4.6. Розподілення швидкості руху мяса в чаші при 8-ми ножовій головці при частоті обертання ножів: 2600, 3000 і 3400 об/хв.

Аналізуючи дані представлені на рис. 4.6., ми бачимо те, що при використанні 8-ми ножової головки та частоті обертання ножів вище 3000 об/хв, відбувається певне нерівномірне розподілення поля швидкостей. Це може бути пов'язане зі збільшенням лінійної швидкості ножів на максимальній відстані від осі обертання.

Також слід відзначити, що зі збільшенням кількості ножів (з 6 до 8) збільшується поверхня ножів, які взаємодіють з фаршем. Це призводить до збільшення області взаємодії, а саме на приблизно 33%. Це може впливати на розподіл швидкостей і, в результаті, спричиняти нерівномірності в цьому розподілі.

Отже, важливо уважно вибирати параметри обладнання, такі як кількість ножів і їхня частота обертання, з урахуванням впливу на розподіл швидкостей та ефективність обробки продукту.

Аналогічно розглянемо турбдисипацію в зоні роботи ножових головок в об'ємі фаршу. На рисунку 4.7. подано розподілення турбдисипації за використання шестиножової головки.

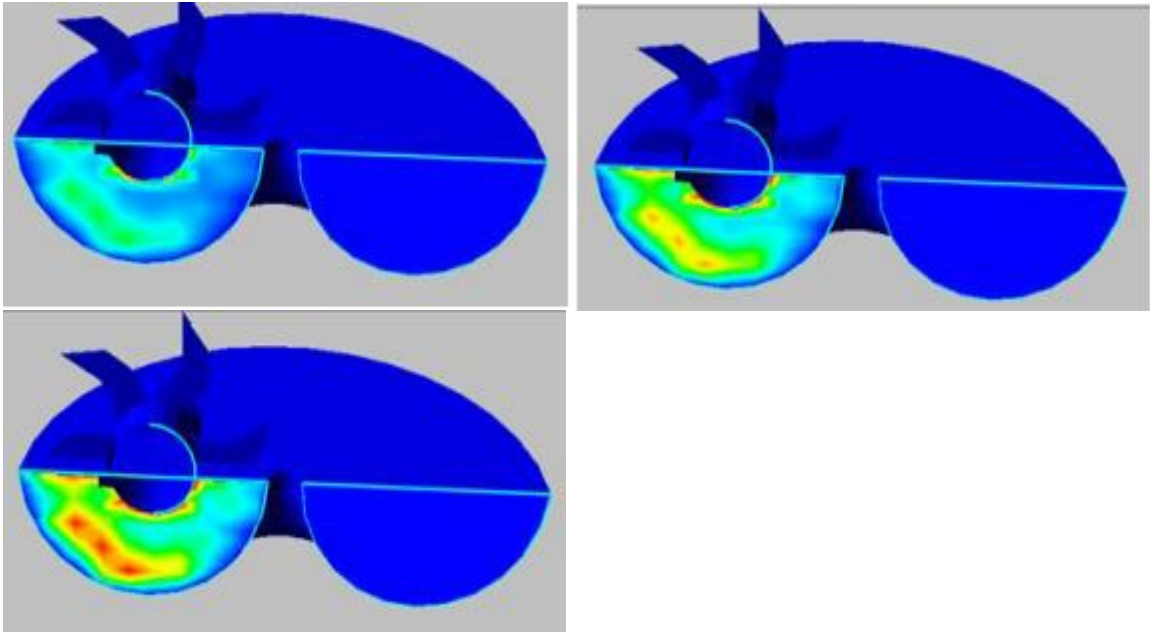


Рис. 4.7. Розподілення турбдисипації шестиножової ріжучої головки: 2600, 3000 і 3400 об/хв.

Значення турбдисипації спостерігаються безпосередньо в зоні контакту між ножами та фаршем. Це пов'язано із щільним контактом між ножами і продуктом, що призводить до значних витрат енергії на тертя між ножами і продуктом.

Турбдисипація вказує на енергетичні втрати в системі, які виникають через турбулентні процеси та тертя. В даному випадку, оскільки ножі і фарш знаходяться у щільному контакті, енергія витрачається на подолання опору і тертя між ними, що призводить до значної турбдисипації.

Цей аспект важливий для розуміння взаємодії між ножами та продуктом, а також може бути ключовим у вдосконаленні процесу

обробки чи подрібнення для ефективного використання енергії та оптимізації результатів.

На рис. 5.8. надано розподілення турбдисипації при восьминожовій ріжучій головці.

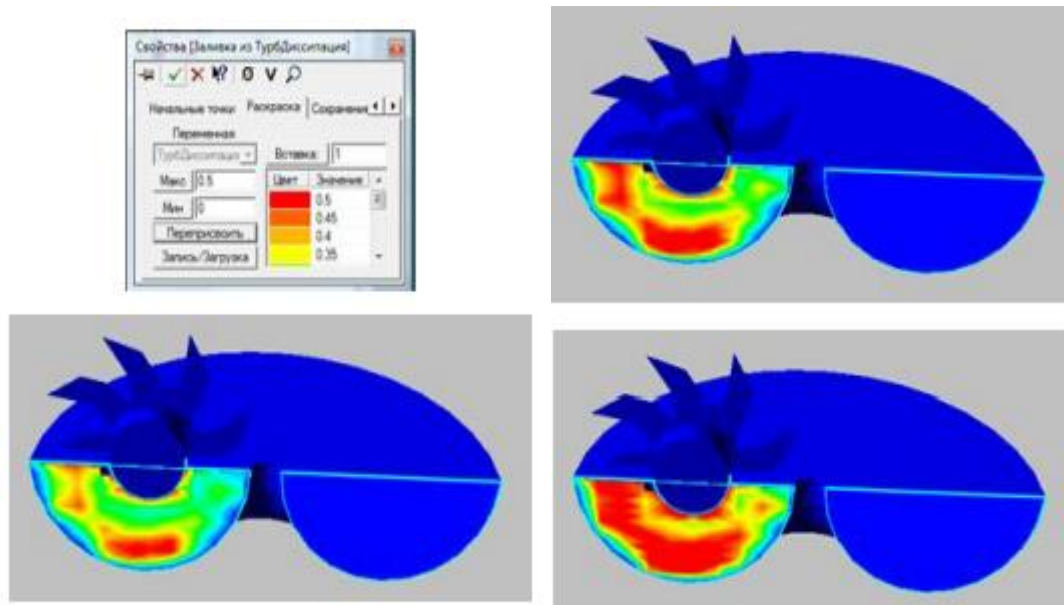


Рис. 4.8. Розподілення турбдисипації у восьминожовій ріжучій головці за частоти обертання: 2600, 3000 і 3400 об/хв.

У порівнянні з попереднім варіантом, при використанні 8-ми ножової головки спостерігаються значні витрати енергії на розсіювання в продукті. Це може призвести до надмірного нагрівання фаршу та, відповідно, до можливого розшарування або необхідності витрати більшої кількості льоду.

Також це може вимагати збільшення потужності двигуна приводу та збільшення питомих енергетичних витрат на одиницю маси продукції. Великі значення турбдисипації спостерігаються ближче до краю ножів та фаршу, що пов'язано з більшою лінійною швидкістю на краї лез ножів.

Цей аналіз вказує на важливість уважного вибору конфігурації обладнання для оптимізації витрат енергії та покращення якості обробки продукту. Врахування енергетичних аспектів та розподілу турбдисипації може бути ключем до оптимальної ефективності обробки.

На підставі проведеного аналізу можна зробити висновок, що частоту обертання 6-ти ножової головки можна збільшити до 3400 об/хв, тоді як для 8-ми ножової головки оптимально використовувати частоти менше 3000 об/хв.

Розподіл швидкостей руху продукту в перерізі чаші в коловому напрямку при використанні 6-ти ножової головки виявляється значущим аспектом подальшого вдосконалення технологічного процесу. Детальне вивчення цього розподілу може допомогти оптимізувати параметри обробки та забезпечити більш ефективне використання енергії, покращуючи якість та продуктивність.

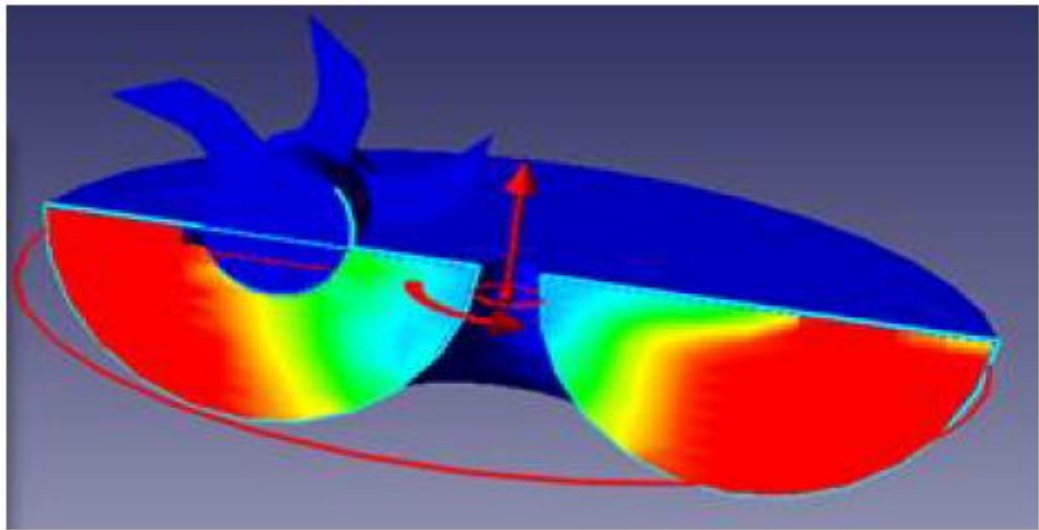


Рис. 4.9. Розподілення швидкості руху

РОЗДІЛ 5.

ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ

Охорона праці— це система і нормативних заходів та рекомендацій, які забезпечують безпечну роботу і на даному виробництві. При роботі на металорізальному верстаті потрібно передбачити наперед ряд вимог, які б дозволили робітнику виконувати поставлене перед ним завдання в умовах, які передбачені конструкторськими документами. Важливими заходами, які зменшують або попереджають травматизм при працюванні на ділянці савтоматизація або механізація технологічного процесу.

5.1. Методи профілактики травматизму та профзахворювань

Проведення інструктажів, щоденний контроль начальниками цехів, відповідальними особами технічних служб, службою охорони праці по безпечному виконанню технологічних операцій, виконання інструкцій по охороні праці, застосування засобів індивідуального захисту дають позитивні результати по профілактиці виробничого травматизму.

Важливою вимогою в забезпеченні безпеки виробництва є проведення професійного відбору, де передбачається оцінка професійної придатності працівників до відповідних професій і спеціальностей. Обов'язкові попередній (при прийомі на роботу) і періодичні (впродовж трудової діяльності) медичні огляди проводяться для працівників, зайнятих на важких роботах, роботах з шкідливими або небезпечними умовами праці або роботах, що вимагають професійного відбору, і щорічно для осіб у віці до 21 року. Періодичні медичні огляди працівників підприємства проводяться згідно із списками, по професіях і виконуваних роботах. На підприємстві потрібно дотримуватися графіків проходження медичних оглядів — це є одним із основних вимог профілактики виробничих захворювань і дотримання санітарних норм в харчовій промисловості.

Дотримання санітарних норм робочої зони на підприємстві є важливим чинником по профілактиці травматизм і профзахворювань. На підприємстві регулярно потрібно здійснювати контроль стану виробничої зони. Необхідно проводити інструментально-лабораторні дослідження умов праці на конкретних робочих місцях з визначенням шкідливих та небезпечних факторів виробничого середовища і трудового процесу.

8.2. Захист від ураження електричним струмом

Найкращий спосіб захисту від удару електричним струмом — заземлення устаткування, посудин і комунікацій, в яких нагромаджується заряді, використання спеціального взуття з електропровідною підошвою і інші засоби захисту. Основними заходами забезпечення захисту від ураження електричним струмом є:

- Використання пристроїв захисного вимикання які, у тому числі, спрацьовують на витік струму (пошкодження захисної ізоляції);
 - забезпечення недоступності струмопровідних частині;
- електричний поділ мережі;
 - застосування подвійної ізоляції , вирівнювання потенціалу, використання заземлення, захисного вимкнення;
- застосування спеціальних електрозахисних засобів— переносних приладів і пристосувань (ЕС);
- організація безпечної експлуатації електроустановок.

Електрозахисні способи поділяють на:

1. Ізолювальні:

- основні: гумові рукавички діелектричні, інструмент з ізолюваними рукоятками, покажчик напруги дл 1000В;
- додаткові: калоші діелектричні килимки і ізолювальні підставки.

2. Захисні: щити, огороження— клітки, ізолювальні накладки і ковпаки, попереджувальні плакати, пристрої тимчасового заземлення.

3. Запобіжні: респіратори, окуляри, рукавиці тощо.

8.3.Вентиляція

У відділі для первинного та загального подрібнення м'яса передбачена природня вентиляція, а також штучно створена вентиляція, яка забезпечує задані параметри повітряного середовища, які повинні відповідати стандартам "Санітарних і норм проектування промислових підприємств" СНиП 245-92.

Вентиляція приміщень, які розташовані на виробництві, на типовому м'ясопереробному заводі є механічна, припливно витяжна, розрахована на забезпечення потрібних гігієнічних норм в приміщенні. Вона здійснюється штучним шляхом із встановленням дефлекторів на даху будівлі. Природне повітря потрапляє у приміщення крізь щілини у дверях і крізь спеціальні канали, створені у нижній частині панелей споруди, попередньо очищується у фільтрах, для стерильного середовища у приміщенні.

У місцях розвантаження і завантаження виділяються шкідливі токсини, передбачене встановлення місцевої вентиляції, і пилевиділяюче обладнання має аспіраційні установки із очищенням повітря. Для інтенсивної зміни повітря у приміщенні для попереднього і загального подрібнення м'яса у випадку аварії встановлена система аварійної вентиляції, яка вмикається автоматично при збільшенні допустимої концентраційної межі шкідливих речовин.

8.4.Шум

Допустимі норми шуму для індустриальних підприємств, де є обладнання, що створює шум, згідно зі ГОСТ 12.1.003-86 „Шумі. Загальні вимоги безпеки”. Заходи по боротьбі із шумом можна розподілити на дві основні групи: організаційні і технічні.

Основними організаційними заходами є:

— мінімальні динамічні навантаження, вірний монтаж обладнання;

–правильна експлуатація обладнання, вчасно виконані ремонтні роботи;

–проведення санітарно-профілактичних заходів (раціональні режими праці і відпочинку, проф огляди тощо) для робітниківіві.

До основних технічних заходів входять:

–використовування основі фундаментів, що відповідають динамічному навантаженню обладнання;

–ізоляція фундаментів від несучих конструкцій і технологічних комунікацій;

–теплоізоляція трубопроводіві.

Одним з головних напрямком боротьби із шумом є його і послаблення, або і ліквідація безпосередньо і в джерелі утворення.

Рівні звукового тиску в октавних смугах частоті, вимірювані за ДСТ 12.1. 028, не повинні перевищувати допустимих значень. Рівень звуку й еквівалентний рівень звуку на робочих поверхнях, замірюють по шкалі шумоміра, відповідно до вимог ДСТУ 12.1. 003 не повинені перевищувати 80дБі.

8.5. Вібрація

При збільшенні потужностей та швидкостей зміщення за рахунок модернізації мехнізму, це призводить до небажаних явищі, таких як вібрація. Вібрація погіршує самопочуття працюючих і знижує продуктивність праці, а також може призвести до патологічних змін організму людини. В цілому механізація й автоматизація підприємства є радикальним прикладом позбавлення людини відішкідливого впливу вібраціїі.

Оскільки кутер має деталі які обертаються на великих швидкостяхі, то рівень вібрацій буде перевищувати норми, але лише при невірно відрегульованих деталях кутера.

Щоб рівень вібрацій не перевищував норм, треба зменшити існуючі вібраціїі, для цього необхідно вжити ряд заходіві:

- використання фундаментів для обладнання, що відповідають динамічним навантаженням;
- звукова ізоляція приводів за допомогою кожухів.

Персональні засоби захисту.

При роботі на кутерах і допускаються особи старші 18 років, які пройшли мед. обстеження, мають і відповідний ступінь і кваліфікації і які здали і технічний мінімум по правилах і безпечного виконання і робіт.

Для зменшення негативної дії вібрації використовують такі засоби, як засоби персонального захисту і встановлюють режими праці робітників вібронебезпечних професій.

В якості засобів індивідуального захисту використовують противібраційні рукавиці та взуття. В якості засобів індивідуального захисту робочих від небезпечної дії ультразвуку, який знаходиться у повітряному середовищі, треба використовувати утримувачі шуму за ГОСТ 12.4. 051-78і.

Для захисту верхніхкікінцівок від дії ультразвуку в зон контакту людини з твердим середовищ мітреба використовувати спеціальні рукавиці чи захвати-маніпуляторі.

Головні пункти, які має виконати підприємство, для дотримання закону України у сфері охорони праці:

1. Створити свою службу охорони праці.
2. Розробити і затвердити на підприємстві положення, інструкції та інші акти зі охорони праці.
3. Забезпечити проведення інструктажів з питань охорони праці.
4. Організувати навчанняіта перевірку знань з питань охорони праці.
5. Взяти під контрольі проведення медичних оглядіві.
6. Забезпечити працівниківі засобами персонального захистуі, спеціальним милом, натуральним молоком, солоною водоюі та інше.
7. Провести атестаціоі робочих місць працівників.
8. Налагодити облікі нещасних випадківі.

ЦИВІЛЬНА ОБОРОНА

8.. Розробка схеми і заходів захисту безаварійної роботи м'ясного цеху

Так як м'ясопереробка, переважно, працює з борошном, то існує імовірність вибуху промислового пилу, імовірні аварії системи електропостачання, водопостачання. Заходи щодо запобігання та локалізації вибуху і займання мають бути спрямовані на усунення основних причин виникнення цих ситуацій.

Для того щоб вибух стався, необхідні дві умови: наявність вибухонебезпечної пилоповітряної суміші й джерела її займання.

Отже, для попередження пилових вибухів в цеху необхідно ліквідувати вибухонебезпечну пилоповітряну суміш чи зняти можливість її утворення в приміщенні; виключити наявність потенціальних джерел займання чи можливість їх виникнення.

Якщо уникнути можливості утворення вибухонебезпечних концентрацій пилу, то навіть за наявності джерела займання пиловий вибух не станеться.

З метою зниження руйнівної сили вибуху в приміщенні слід забезпечувати умову для швидкого скиду тиску повітря, для чого люки, вікна, двері мають самі розчинятися під тиском повітря, а окремі ділянки аспірації вимикатися системою засувки.

Також імовірні аварії системи електропостачання. Основні причини виникнення аварій у системі електропостачання:

- пошкодження основного чи допоміжного устаткування (вимикачі, генератори, двигуни, трансформатори, лінії електропередачі тощо);
- пошкодження і неправильне спрацювання комутаційних і автоматичних обладнань (пристрої релейного захисту, апаратів вторинної комутації);

- пошкодження і помилкові показники вимірювальних приладів, що зумовлює неправильну інформацію.

Безаварійність роботи системи електропостачання цеху досягається не тільки технічними, а і організаційними заходами. Основні з них: постійний нагляд і контроль за роботою обладнання; суворе дотримання режимів його роботи та технічних параметрів; усунення будь-яких відхилень параметрів під час експлуатації електрообладнання; неухильне дотримання інструкцій щодо обслуговування устаткування в нормальній роботі, під час пусків і зупинок; своєчасне профілактичне обслуговування устаткування.

Оскільки з часом умови, обстановка, характеристики окремих елементів в цеху можуть змінюватися, необхідно періодично за планами міністерств у визначені терміни проводити дослідження й оцінку сталості цеху у надзвичайних ситуаціях.

Дослідження стійкості роботи - це всебічне вивчення обстановки, яка може скластися під час надзвичайної ситуації та визначення її впливу на виробничу діяльність цеху.

Мета дослідження полягає у виявленні слабких місць в роботі цеху та відпрацюванні найбільш ефективних пропозицій, спрямованих на підвищення його стійкості.

Дослідження стійкості роботи проводиться силами інженерно-технічного персоналу і працівників штабу ЦО об'єкта, а при необхідності - із залученням спеціалістів науково-дослідних та проектних організацій, пов'язаних із роботою підприємства.

Увесь процес планування і проведення досліджень поділяється на три етапи:

I етап - підготовчий.

На першому етапі розробляються керівні документи, які визначають склад учасників досліджень та організовується їх підготовка. Основними документами для організації досліджень стійкості роботи є:

- наказ керівника підприємства, щодо проведення дослідження (Наказ керівника підприємства розробляється на підставі вказівок старшого начальника з урахуванням умов пов'язаних з виробничою діяльністю об'єкта. В наказі вказується: мета і завдання дослідження; терміни проведення робіт; склад учасників досліджень; склад і завдання дослідницьких груп; строки готовності облікової документації);

- календарний план основних заходів з підготовки до проведення досліджень (Календарний план основних заходів з підготовки до проведення досліджень визначає: основні заходи; терміни їх виконання; відповідних виконавців; сили та засоби, які залучаються для виконання завдань);

- план проведення досліджень (План проведення досліджень є основним документом, який визначає зміст роботи керівника дослідження і груп головних спеціалістів. В плані вказується: тема дослідження; мета дослідження; тривалість дослідження (1,5/3 міс); склад дослідницьких груп та зміст їх роботи; порядок проведення дослідження).

II етап - оцінка стійкості роботи.

На другому етапі проводиться безпосереднє дослідження стійкості роботи цеху. Дослідження по оцінці стійкості роботи цеху передбачають вирішення завдання за двома складовими частинами виробництва: оцінка стійкості інженерно-технічного комплексу, тобто будівлі, технічного устаткування, комунально-енергетичного сполучення; оцінка стійкості виробничої діяльності цеху, тобто стійкості системи керування, постачання, захисту робітників і службовців, готовність цеху до відновлення порушеного виробництва.

По інженерно-технічному комплексу оцінюються: стійкість будови, устаткування щодо дії на нього ударної хвилі; стійкість цеху щодо дії на нього світлового випромінювання; дія на цех вторинних факторів ураження; можливість роботи цеху при радіаційному і хімічному зараженні.

III етап - розроблення заходів, які підвищують стійкість роботи в умовах НС.

За результатами досліджень розробляються плани, в яких визначаються відповідні заходи, необхідні кошти на їх проведення, терміни і відповідальні особи за їх виконання.

В зв'язку з тим, що заходи щодо підвищення стійкості роботи виконуються завчасно (в мирний час), з оголошенням загрози виникнення АС (нападу ворога) та в умовах НС, відповідні плануючі документи, для зручності користування ними, складаються на кожну можливу ситуацію.

Як результат проведених досліджень розробляються наступні документи:

1. Перспективний план заходів щодо підвищення стійкості роботи, які проводяться завчасно.
2. План-графік нарощування заходів з підвищення стійкості роботи при загрозі виникнення НС воєнного та мирного часів.
3. Графік безаварійної зупинки виробництва.

В підготовчий період повинен бути чітко відпрацьований порядок зупинення технологічних мереж і безаварійного відключення всіх відповідальних вузлів устаткування, енергомереж, комунікацій. Екстрене безаварійне зупинення підприємства виконується за сигналами ЦО під час виникнення аварійних ситуацій і загрози стихійного лиха з метою уникнення можливих причин виникнення значних виробничих аварій при частковому ураженні, збереження сировини, напівфабрикатів і готової продукції, а також створення сприятливих умов для захисту особового складу і швидкого відновлення технологічного процесу.

Зміст заходів щодо безаварійної зупинки виробництва в цеху:

- укриття виробничого персоналу, вільного від виконання спеціальних задач по зупинці виробництва, негайно після сигналу ЦО;
- вибір робочих позицій особовим складом чергового персоналу для виконання операцій щодо зупинки виробництва;
- зупинка подачі сировини у виробництво (борошна, води, цукру та ін.);
- зупинка транспортерів по всьому потоку технологічної лінії;
- відключення дозуючих пристроїв;

- послідовна зупинка тістомісильних і тістоподільних машин;
- припинення подачі газу в пекарню піч;
- зупинка роботи пекарної печі і розвантаження, при необхідності, готової продукції;
- продувка пекарної печі, при необхідності, якщо не завершений процес випікання;
- герметичне закриття печі, після розвантаження продукції або після продувки;
- вимкнення силових і освітлювальних ліній, включення аварійних джерел освітлення.

Загальний час для виконання всіх робочих операцій відлічується від моменту подачі сигналу і до закриття входів у споруду. Всі операції з екстреного зупинення цеху виконують особи зі складу чергового персоналу, який визначає головний інженер і затверджує директор підприємства. Черговий персонал за сигналами ЦО укривається в захисній споруді в останню чергу (після зупинення виробництва).

Основним керівним документом щодо здійснення екстреного безаварійного зупинення виробництва є розроблена на підприємстві схема, яка визначає послідовність і терміни проведення робочих операцій, а також відповідальних осіб за їх виконання. По кожній робочій операції для чергового персоналу складається спеціальна інструкція.

Відновлення технологічного процесу цеху на збереженому виробничому обладнанні, а також початок відновлювальних робіт виконуються після ліквідації аварійної ситуації або при зникненні загрози стихійного лиха.

Якщо цех не був уражений або заражений РР, ОР, БЗ, то продовжує виробничу діяльність згідно з раніше установленим технологічним режимом.

Правильність проведених розрахунків та реальність пропозицій і рекомендацій перевіряються на спеціальних навчаннях під керівництвом начальника ЦО об'єкта. Завчасно плануються і проводяться, в основному, заходи які потребують значних матеріальних витрат та часу на їх виконання.

Економічна ефективність цих заходів може бути досягнута при їх коригуванні з завданнями щодо безаварійної-роботи цеху, поліпшення умов праці, удосконаленню виробничого процесу, реконструкції виробництва і таке інше. На період загрози виникнення НС плануються заходи, які можуть бути легко реалізовані або виконання яких в мирний час недоцільно.

Операція	Виконавці	Час виконання, хв
1. Отримання сигналу на проведення безаварійної зупинки пекарні	Робочий зміни	2
3. Припинення подачі сировини (борошна, дріжджів, води, цукрово - сольового розчину).	Робочий зміни	3
4. Зупинення транспортерів по всьому потоку технологічної лінії.	Робочий зміни	1
5. Відключення дозувальних приладів.	Робочий зміни	1
6. Послідовне зупинення тістомісильних і тістоподільних машин.	Робочий зміни	1
7. Зупинення прийому сировини і загрузки готової продукції.	Чергові оператори та чергові зміни	1
8. Вимкнення всіх незахищених фільтрами вентиляційних установок.	Чергові оператори та чергові зміни	1
10. В зимній період спуск води із апаратів, яким загрожує руйнування при замерзанні води.	Чергові оператори та чергові зміни	1
11. Відключення електродвигунів живлення борошно проводів складів безтарного збереження борошна.	Чергові оператори та чергові зміни	1

12. Зупинка подачі газу до пекарних печей.	пекар	1
13. Зупинка роботи пекарних печей і вивантаження при необхідності і наявності часу готової продукції.	пекар	1
14.Герметизація печей.	пекар	1
15.Закриття підйомних щитів в силосах і люках бункерів, перекриття транспортних галерей складів безтарного зберігання борошна.	Чергові оператори та чергові зміни	1
16. Укриття сировини при тарному зберігання, готової продукції і обладнання захисними ковдрами	Чергові оператори та чергові зміни	1
17. Герметичне закриття всіх виробничих приміщень, складів за допомогою герметизуючих пристроїв.	Чергові оператори та чергові зміни	1
18. Поповнення запасів води в ємностях і резервуарах для цілей пожежогасіння і виробничих потреб.	Чергові оператори та чергові зміни	10
19.Відключення трансформ. та газорег.станції від зовн. енерг. (в останню чергу).	Чергові оператори та чергові зміни	10

Для безаварійної зупинки пекарні за сигналами ЦО було витрачено 35 хвилин.

Засоби контролю, сигналізації і автоматизації приводять до зменшення часу виконання операцій по безаварійній зупинці виробництва батонів, безпечній роботі обслуговуючого персоналу. Всі ці засоби дають можливість виходити із надзвичайних ситуацій з найменшими втратами

Висновки

Метою даної кваліфікаційної роботи була модернізація кутера типу *K-120-F*. Ми вдосконалили ріжучий інструмент, що призвело до збільшення продуктивності та зменшення енергоспоживання кутера. Ми також поліпшили точність регулювання відстані між ножами та чашею кутера. Для досягнення більшої точності регулювання, зубці фіксаторів тепер зміщені відносно центру фіксатора на чверть товщини зуба.

Використання цього ножа призводить до кількох технічних переваг:

1. **Тонке подрібнення:** Завдяки удосконаленому дизайну, ніж забезпечує ефективно та рівномірне подрібнення сировини на більш дрібні частинки.
2. **Мінімальний нагрів фаршу:** Вдосконалення конструкції дозволяє уникнути значного нагрівання фаршу під час обробки, що допомагає зберегти його якість.
3. **Висока продуктивність:** Ніж дозволяє досягти високої швидкості та ефективності у процесі роботи, підвищуючи загальну продуктивність обладнання.
4. **Висока якість отримуваної продукції:** Застосування цього ножа гарантує високу якість обробленої сировини та отриманої продукції.
5. **Низька вартість ножів:** Конструкція ножа дозволяє виготовляти його за низькими витратами, забезпечуючи економічну вигоду.

Новий ніж забезпечує високу продуктивність при використанні мінімальної кількості ножів, що сприяє ефективному використанню обладнання.

Загальний результат застосування цього ножа полягає в покращенні якості подрібнення та перемішування сировини, що може значно підвищити ефективність вашого виробничого

Результати розрахунків свідчать про успішну модернізацію кутера з використанням нової форми ножів. Підвищення продуктивності на 15% свідчить про ефективність впроваджених змін. Перевірні розрахунки, які підтвердили працездатність проекту, є додатковим підтвердженням успіху внесених змін.