

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) *Навчально-науковий Інженерно-технічний*
інститут ім.акад. І.С. Гулого

Кафедра технологічного обладнання та комп'ютерних технологій

«До захисту в ЕК»

«До захисту допущено»

Директор інституту(декан факультету)

Завідувач кафедри

_____ Сергій БЛАЖЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

_____ Микола ЯКИМЧУК
(підпис) (ім'я та прізвище)

« ____ » _____ 20__ р.

« ____ » _____ 20__ р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

зі спеціальності *133 «Галузеве машинобудування»*

(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми *«Інжиніринг харчових та біотехнологічних виробництв»*

на тему

Модернізація вакуумного кутера ВК-125
продуктивністю 1100 кг/годину

Виконав: здобувач ІV курсу, групи ОХ-4-7ск

Омельяненко Костянтин Анатолійович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

Керівник **Бабко Євген Миколайович**

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

_____ (підпис)

Консультанти _____
(ім'я та прізвище)

_____ (підпис)

_____ (ім'я та прізвище)

_____ (підпис)

Рецензент _____
(ім'я та прізвище)

_____ (підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) незарядженої допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2025 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут *Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад. І.С. Гулого*

Кафедра *Кафедра технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування*

Освітній ступінь *бакалавр*

Спеціальність *133 «Галузеве машинобудування»*
(шифр і назва)

Освітня програма *«Інжиніринг харчових та біотехнологічних виробництв»*
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТОКТП

проф. Микола ЯКИМЧУК
(власне ім'я і ПРІЗВИЩЕ)

3 червня 2025 року

ЗАВДАННЯ **НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА**

Омельяненко Костянтин Анатолійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: **Модернізація вакуумного кутера ВК-125 продуктивністю 1100 кг/годину**

керівник проекту (роботи) **Бабко Євген Миколайвич**, доц., канд. тех. наук
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «10» квітня 2025 р. № 218-кс

2. Строк подання здобувачем роботи 2 червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи

*Оглядові і дослідницькі наукові статті за тематикою проекту
Презентації та рекламні матеріали виробників обладнання*

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
*Анотація, Вступ, Аналіз існуючого обладнання аналогічного призначення,
Техніко – економічне та соціальне обґрунтування, Характеристика вихідної сировини і готового продукту, Опис запропонованого технічного рішення.
Будова та принцип дії модернізованого обладнання, Підбір конструкційних матеріалів, Розрахункова частина, Розрахунок технології виготовлення окремих деталей, Правила монтажу, експлуатації та ремонту обладнання, Система управління, Охорона праці, Охорона довкілля, Висновки, Список використаних літературних джерел, Додатки*

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
*Загальний вигляд обладнання – 1 лист; Складальне креслення – 1 лист;
Детлювання – 1 лист; Апаратурна схема – 1 лист; Технологія машинобудування – 1 лист*

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультантів	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання: «1» квітня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Анотація	01.04.2025р.	
2	Вступ	05.04.2025р.	
3	Аналіз існуючого обладнання аналогічного призначення	10.04.2025р.	
4	Техніко – економічне та соціальне обґрунтування	15.04.2025р.	
5	Характеристика вихідної сировини і готового продукту	20.04.2025р.	
6	Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип дії модернізованого обладнання	02.05.2025р.	
7	Підбір конструкційних матеріалів	15.05.2025р.	
8	Розрахункова частина	17.05.2025р.	
9	Розрахунок технології виготовлення окремих деталей	18.05.2025р.	
10	Правила монтажу, експлуатації та ремонту обладнання	20.05.2025р.	
11	Система управління	22.05.2025р.	
12	Охорона праці	25.05.2025р.	
13	Охорона довкілля	27.05.2025р.	
14	Висновки	28.05.2025р.	
15	Список використаних літературних джерел	28.05.2025р.	
16	Додатки	25.05.2025р.	
	Подача ДП на кафедру	02.05.2025р.	

Здобувач _____ *Костянтин Омеляненко*

Керівник роботи _____ *Євген Бабко*

Анотація

Дипломний проект на тему "Модернізація вакуумного кутера ВК-125 продуктивністю 1100 кг/годину" присвячений удосконаленню технологічного обладнання м'ясопереробної промисловості. У роботі проведено детальний аналіз існуючого обладнання аналогічного призначення, визначено основні недоліки та обґрунтовано необхідність модернізації вакуумного кутера ВК-125. Запропоновані технічні рішення включають оптимізацію ріжучого механізму, використання частотно-регульованого приводу та впровадження автоматизованої системи управління, що підвищує продуктивність обладнання на 25% та знижує енергоспоживання до 30%.

У проекті розглянуто техніко-економічне та соціальне обґрунтування модернізації, а також проведено розрахунки щодо вибору конструкційних матеріалів для ключових елементів кутера, таких як ножова головка, вал і шків. Значну увагу приділено питанням охорони праці та охорони довкілля, включаючи мінімізацію відходів виробництва, зниження викидів у атмосферу та підвищення безпеки праці на виробництві.

Впровадження запропонованих рішень дозволяє підвищити економічну ефективність підприємства, покращити якість кінцевої продукції та знизити екологічне навантаження на довкілля.

Ключові слова: вакуумний кутер, модернізація, частотно-регульований привід, ріжучий механізм, охорона праці, охорона довкілля, технологічне обладнання, продуктивність.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Бабко Є.М.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Омельяненко К.А.	<i>Назва, додаткова назва</i> Анотація	230745.ДП.09.000.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/109

Abstract

The diploma project entitled "Modernization of the VK-125 Vacuum Cutter with a Capacity of 1100 kg/hour" is dedicated to the improvement of technological equipment for the meat processing industry. The work includes a detailed analysis of existing equipment with a similar purpose, identification of major shortcomings, and substantiation of the need for modernization of the VK-125 vacuum cutter. The proposed technical solutions involve optimization of the cutting mechanism, the use of a frequency-regulated drive, and the implementation of an automated control system, which increases equipment productivity by 25% and reduces energy consumption by up to 30%.

The project also considers the technical, economic, and social justification of the modernization, and provides calculations for the selection of construction materials for key components such as the cutting head, shaft, and pulley. Special attention is paid to occupational safety and environmental protection, including waste minimization, emission reductions, and enhanced safety measures in production.

The implementation of the proposed solutions improves the economic efficiency of the enterprise, enhances the quality of the final product, and reduces the environmental impact.

Key words: vacuum cutter, modernization, frequency-regulated drive, cutting mechanism, occupational safety, environmental protection, technological equipment, productivity.

ЗМІСТ

Анотація.....	стор.
Вступ.....	
1. Аналіз існуючого обладнання аналогічного призначення.....	
2. Техніко – економічне та соціальне обґрунтування.....	
3. Характеристика вихідної сировини і готового продукту.....	
4. Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип дії модернізованого обладнання.....	
5. Підбір конструкційних матеріалів.....	
6. Розрахункова частина.....	
7. Розрахунок технології виготовлення окремих деталей.....	
8. Правила монтажу, експлуатації та ремонту обладнання.....	
9. Система управління.....	
10. Охорона праці.....	
11. Охорона довкілля.....	
Висновки.....	
Список використаних літературних джерел.....	
Додатки.....	

Вступ

М'ясна промисловість є важливою складовою агропромислового комплексу, оскільки забезпечує населення високоякісними м'ясними продуктами, включаючи м'ясо, ковбасні вироби, м'ясні консерви, продукти для дитячого та дієтичного харчування, а також напівфабрикати. Раціональна промислова переробка худоби дозволяє максимально ефективно використовувати всі продукти забою сільськогосподарських тварин, сприяючи виробництву не лише харчової, але й цінної технічної, кормової та медичної продукції. Це можливе завдяки комплексній переробці сировини, що забезпечує високу продуктивність та максимальне вилучення корисних компонентів.

Однією з важливих технологічних операцій у м'ясопереробній промисловості є подрібнення сировини, яке здійснюється за допомогою спеціалізованого обладнання. Серед таких пристроїв особливе місце займає вакуумний кутер. Це ротаційна різальна машина, призначена для завершального тонкого подрібнення сумішей м'ясної та іншої сировини, а також для приготування фаршів багатокomпонентного складу. Основною перевагою вакуумного кутера є можливість подрібнення під зниженим тиском, що забезпечує збереження смакових властивостей, підвищення однорідності структури та запобігання окислювальним процесам у готовій продукції.

Розвиток м'ясопереробної галузі вимагає постійного вдосконалення технологічних процесів та модернізації обладнання. Це необхідно для забезпечення високої якості продукції, зниження енергозатрат та підвищення ефективності виробництва. Впровадження сучасних технологічних рішень дозволяє оптимізувати процеси подрібнення, що є одним із ключових етапів підготовки сировини для подальшого виробництва м'ясних виробів.

Дипломний проєкт присвячений модернізації вакуумного кутера ВК-125, який використовується для подрібнення м'ясної сировини з продуктивністю 1100 кг/год. Основна мета модернізації полягає в підвищенні ефективності технологічного процесу, зменшенні втрат продукту під час подрібнення, а також покращенні якісних показників готової продукції. У рамках проєкту буде запропоновано конструктивні зміни, які спрямовані на оптимізацію роботи ріжучих механізмів, покращення умов вакуумування та підвищення загальної надійності обладнання.

Модернізація вакуумного кутера ВК-125 дозволить значно підвищити конкурентоспроможність продукції, забезпечити відповідність вимогам сучасних стандартів якості та покращити економічну ефективність виробництва.

1. Аналіз існуючого обладнання аналогічного призначення

До групи кутерів відносять різні за конструкцією машини: чашові кутери; кутери з нерухомим горизонтальним або вертикальним корпусом; кутери-мішалки; кутери з обертювним циліндричним корпусом. Всі ці машини об'єднує характерна конструкція ріжучого механізму, основою якої є ніж з криволінійною ріжучою кромкою, закріплений консольно на обертювному валу і здійснює вільне різання.

Вакуумний куттер ВК-125 призначений для приготування високоякісного фаршу з попередньо подрібненого або кускового парного, охолодженого або замороженого м'яса і жиру при виробництві ковбас всіх видів, сосисок та сардельок. Вакуумний куттер ВК-125 складається з корпусу 7, в якому змонтовані приводи ножового вала і чаші. Чаша обертається в вакуумному корпусі 7, який герметизують кришкою 3 і ущільненням 8.

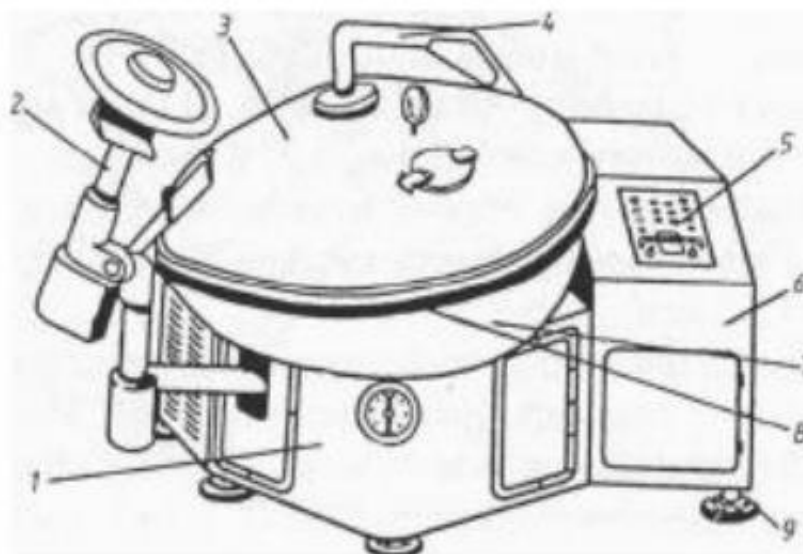


Рисунок 1.1 – Вакуумний кутер ВК-125:

1 – корпус; 2 – механізм вигражування; 3 – вакуумна кришка; 4 – важіль; 5 – пульт управління; 6 – машинний відсік; 7 – вакуумний корпус; 8 – вакуумне ущільнення; 9 – віброопори

Кришка закріплена на важелі 4, який з'єднаний зі штоком гідроциліндра. Чаша приводиться в обертання двошвидкісним асинхронним електродвигуном, а ножовий вал - від двигуна постійного струму. При цьому швидкість різання може бути безступінчато змінена від 13 до 130 м/с при найбільшою частоті обертання $83,3 \text{ с}^{-1}$.

Передбачена можливість перемішування без різання при зворотному напрямку обертання ножів. Загальна потужність електродвигунів приводів 37 кВт.

При завантаженні і вивантаженні продукту кришку відкривають, вивантаження виробляють тарілкою механізму 2. Режим кутерування може регулюватися в ручному або автоматичному режимі з пульта 5.

Вакуумні куттери Л23-ФКВ-0325 і Л23-ФКВ-0,5 мають ємність чаші відповідно 325 і 500 л. Вони забезпечені механізмами завантаження та вивантаження, мають систему програмного управління і забезпечують найбільшу продуктивність відповідно 2000 і 3000 кг/год при потужності електродвигунів приводів 132 і 172 кВт.

Герметизація куттера дозволяє охолоджувати фарш газоподібним або рідким азотом. Особливу групу складають так звані варильні кутери, в яких проводять одночасно подрібнення і варіння. Таким чином, готують фарш для ліверних ковбас і паштетів. Спільний процес дозволяє прискорити приготування фаршів і збільшити до 10% вихід продукції.

Обігрів в варених куттерах здійснюють безпосередньою подачею пара під кришку або у внутрішню порожнину чаші.

Ріжучий механізм (рис. 1.2) складається з серповидних ножів 3, заточених з одного боку, і сталевій гребінки 4, яка очищає леза ножів від м'яса. Залежно від марки кутера і вимог, що пред'являються до оброблюваної сировини, на ножовій голівці закріплюють 2, 3, 4, 6 або 9 ножів. Велике значення для якості фаршу і його нагрівання в процесі кутерування має зазор між ножами і чашею: він повинен бути мінімальним.

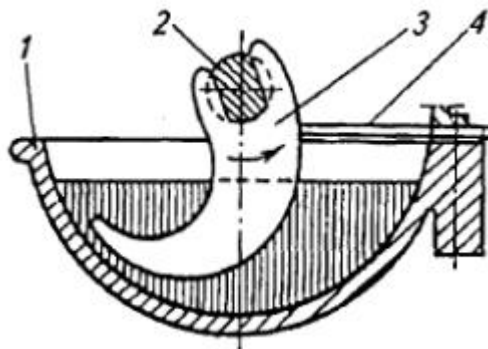


Рисунок 1.2 – Ріжучий механізм кутера:

1 – чаша; 2 – вал; 3 – ніж; 4 – гребінка

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика кутерів

Показник	Л5-ФКБ	Л5-ФКМ	Л-23-ФКВ- 0,325	ВК-125
Продуктивність, кг/год	2250	1200	1600...2000	1300
Місткість чаші, м ³	0,250	0,125	0,325	0,125
Число ножів	3	2	1...5	1...6
Тривалість циклу, хв	4...7	3...5	5...8	4...6
Коефіцієнт завантаження чаші	0,4...0,6	0,4...0,6	0,6...0,8	0,7...0,8
Швидкість різання ножів, м/с	80	65	74	13...130
Встановлена потужність, кВт	50,23	30,63	132,0	67,0
Габаритні розміри, мм	3600×2150× ×2300	3000×1850× ×1800	3500×1850× ×1790	2700×1400× ×1500
Маса, кг	3180	2200	4800	2000

Огляд конструктивних вирішень аналогів

Всі види кутерних ножів можна розділити на три групи: 1 – з прямою ріжучою кромкою; 2 – з ріжучою кромкою, утвореною безперервною кривою лінією; 3 – ножі з різальною кромкою у вигляді ламаної лінії.

Пряма ріжуча кромка може проходити по радіусу або під кутом $15 \dots 20^\circ$ до радіусу. Ножі подібної конфігурації здійснюють переважно рубляче різання, при якому погано перерізується сполучна тканина.

Ножі з криволінійною ріжучою кромкою називають також серпоподібними. На рис. 3 показані серпоподібні ножі, які використовують в кутерах фірми «Зейдельман» (Німеччина). Ріжуча кромка 1 і 2 спрофільоване по безперервній кривій. Застосовують чотири види кривих зміщеним центром:

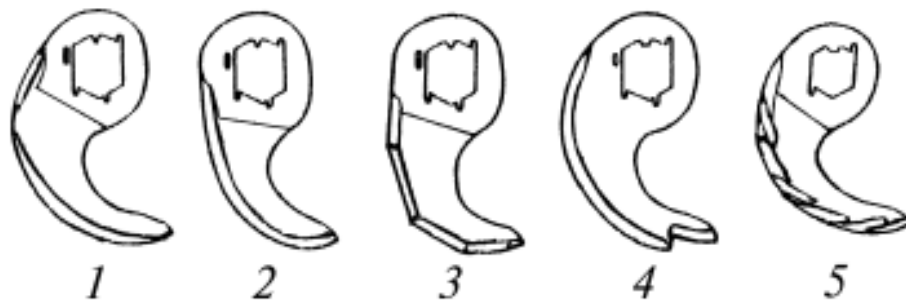


Рисунок 1.3 – Деякі конфігурації кутерних ножів фірми «Зейдельман» (Німеччина):

1,2 – серповидні з безперервною ріжучою кромкою;

3 – з «ламанною» ріжучою кромкою;

4 – з безперервною ріжучою кромкою і додатковим виступом;

5 – із спеціальним заточуванням

Кутер Л5-ФКМ використовується для остаточного подрібнення м'яса, отримання дрібно подрібненої сировини і приготування фаршу при

виробництві напів-копчених, варено-копчених і варених ковбас, сосисок та сардельок.

Допускається подрібнення охолодженого від -1 до $+5$ °С м'яса в шматках масою не більше 0,5 кг, також блоків замороженого м'яса розмірами 190x190x75 мм температурою не нижче -8 °С.

Застосування вакууму в герметичних куттерах дозволяє зберегти колір сировини, поліпшити зв'язування протеїну і вологи і, в кінцевому підсумку, збільшити вихід і якість продукції. Зниження вмісту кисню в сировину збільшує термін його зберігання при переробці.

Кутер складається з станини 1 з електродвигунами приводів ножового вала і чаші ножового вала 6, захисної кришки, вигружателя 4 з тарілкою 5, механізму завантаження 3, візки 2 і електрообладнання з пультом управління (рис. 1.4а).

Станина виготовлена з двох окремих частин. У нижній частині на хитних плитах встановлені електродвигуни приводів ножового вала і чаші, в верхній частині на підшипниках кочення - ножовий вал, на консолі якого розташовані ножові головки.

Відкрита чаша – робоча ємність, яка спирається на опорний підшипник. Привід - електродвигун і черв'ячний редуктор. Швидкість обертання чаші $n = 0.3 \text{ с}^{-1}$. Для забезпечення безпечної роботи і запобігання розбризкування продукту в зоні різання, чаша закривається захисною кришкою з нержавіючої сталі, заповненої всередині звукопоглинальним матеріалом. Знизу кришки є скребки, направляючі продукт до ріжучого механізму.

Ріжучий механізм являє собою комплект серповидних ножів, заточених з одного боку, і сталевий гребінки, яка очищає леза ножів від м'яса. Відповідно до вимог якості фаршу кутер повинен мати не менше 2-х швидкостей (1500/3000 об/хв), а ножова головка не менше 3-х пар ножів. Частота обертання ножів до 100 об / сек. Ніж кутера має ріжучу кромку у

вигляді прямої лінії з заточкою у вигляді клина з кутом при вершині 15-30 °.
Товщина ножа приймається за умовами роботи 3 ... 7 мм.

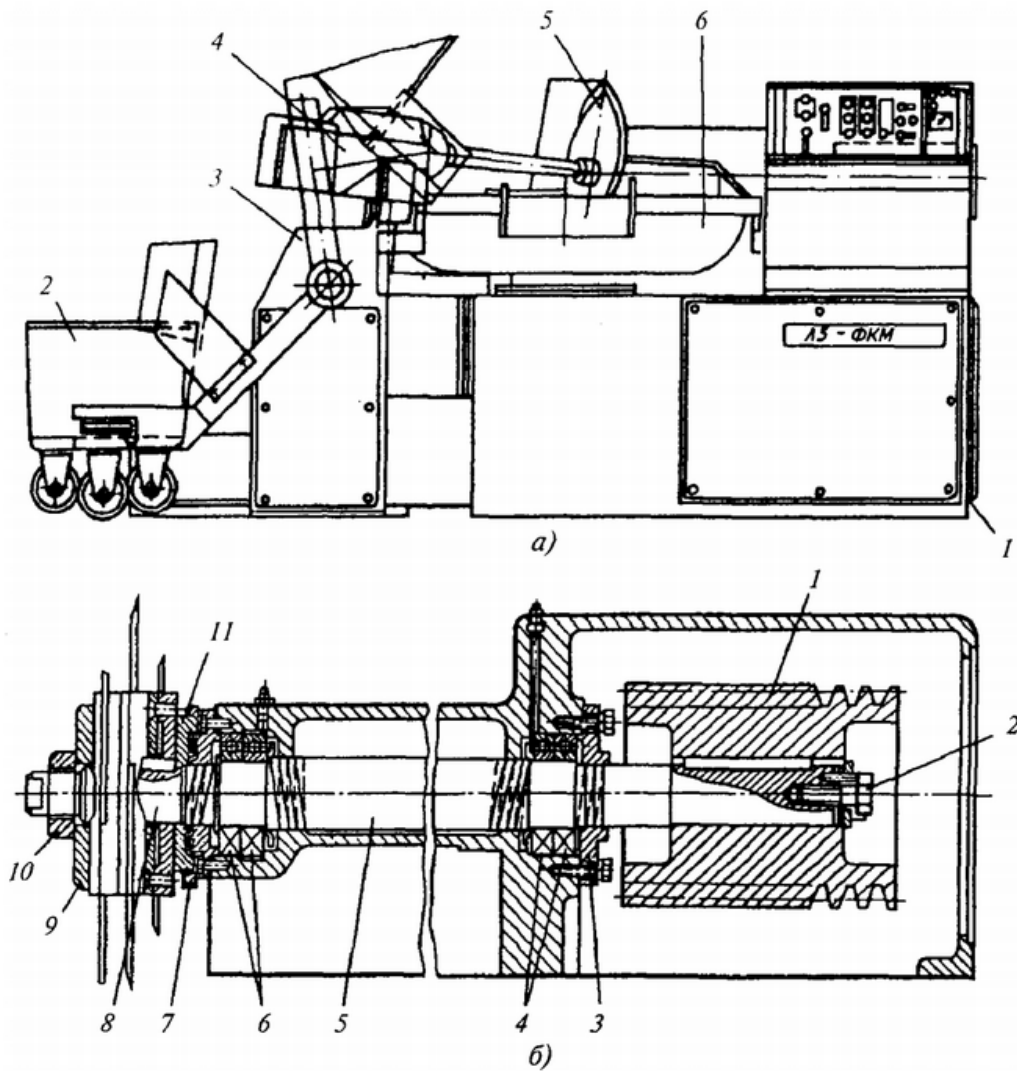


Рисунок 1.4 – Кутер Л5-ФКМ:

- а – загальний вигляд: 1 – станина; 2 – візок; 3 – механізм вивантаження;
 4 – вивантажувач; 5 – тарілка; 6 – чаша;
 б – ножовий вал: 1 – шків; 2 – болт; 3 – кришка; 4,6 – підшипники;
 5 – вал; 7,11 – зовнішній і внутрішній лабіринти;
 8 – ножова головка; 9 – кільце; 10 – гайка

Конструкцію ножів і ножової головки (рис. 1.5) вибирають такий, щоб забезпечити їх легке балансування і підтримувати мінімальний зазор між внутрішньою поверхнею чаші і ріжучої крайки ножа.

Ножі 1 кріплять на вал 5 гайкою 8, і вони утримуються силою тертя, їх виготовляють з отворами в посадочній частині 2. Отвори 4 і 7 призначені для входу вихідної сировини і видалення подрібненого.

Привід ножового вала (рис.1.4б) - електродвигун, клинопасова передача.

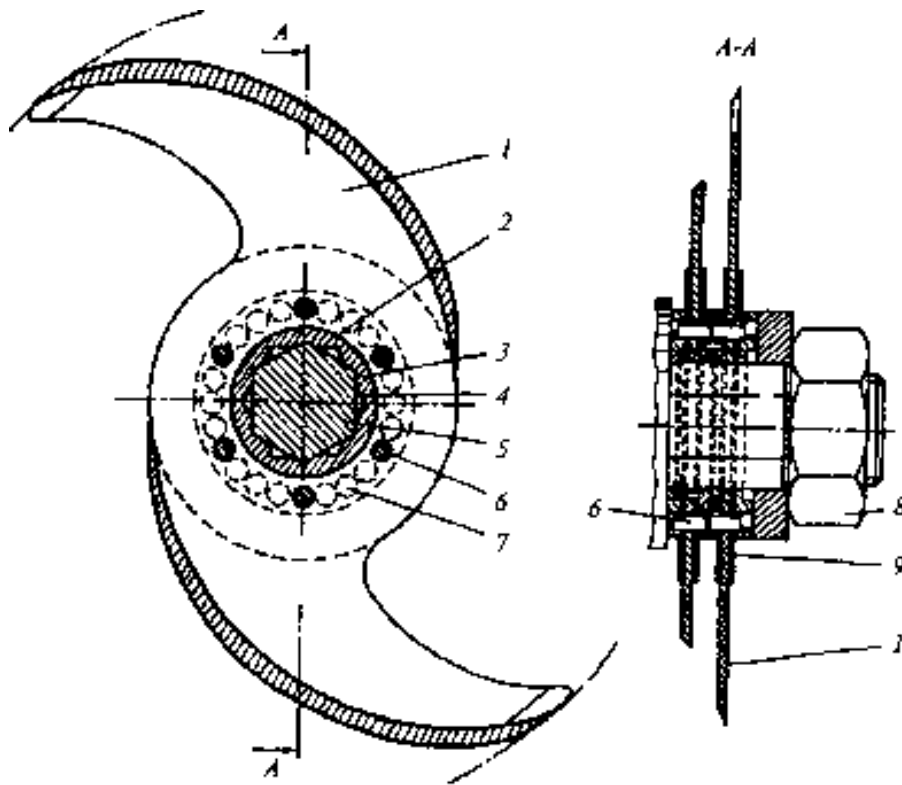


Рисунок 1.5 – Ножова головка кутера:

1 – ніж; 2 – посадочна частина; 3 – втулка; 4 – отвір; 5 – вал; 6 – штифт; 7 – отвір; 8 – гайка; 9 – диск

Механізм вивантаження - тарілка. Привід включає черв'ячний редуктор, до якого з одного боку фланцем приєднаний електродвигун, з іншого - труба вигружателя, що проходить через вал приводу тарілки. У момент початку вивантаження продукту вона отримує обертання, а так як одночасно включається муфта черв'ячної пари, то повільно опускається в чашу - фарш вивантажується. При досягненні тарілкою дна чаші муфта відключається, рух тарілки вниз припиняється. Вона продовжує обертатися до повного вивантаження продукту, потім включається реверс і тарілка піднімається вгору.

Механізм завантаження - візок для транспортування продукту до кутера і механізм її перекидання, змонтований в чавунній станині.

Принцип роботи. У чашу сировину завантажують при включеній машині, попередньо подрібнене на вовчку. Сировина, повільно обертаючись з чашею, подається до швидко обертаючих ножів. Відбувається дрібне подрібнення. Час кутерування залежить від виду продукту і ступеня його подрібнення до надходження в кутер.

Ступінь подрібнення залежить від тривалості кутерування, швидкості різання, числа ножів і їх заточування, відстані між крайніми ножами і чашею (мінімальне 2 мм). Подрібнення продукту без додавання води викликає збільшення споживаної потужності на 30 - 40%. У процесі подрібнення в кутер додають воду або спеціальний лускатий лід. Цим досягається дотримання рецептури фаршу, а також зниження його температури, яка при кутеруванні підвищується на 1 .. 4 ° С.

Куттер Л5-ФК1-Н (рис. 1.6) призначений для остаточного подрібнення фаршів варених і ліверних ковбас, сосисок та сардельок. Він має об'єм чаші 0,12 м³. При коефіцієнті завантаження 0,6 в чашу завантажують до 72 кг сировини. Працює при атмосферному тиску.

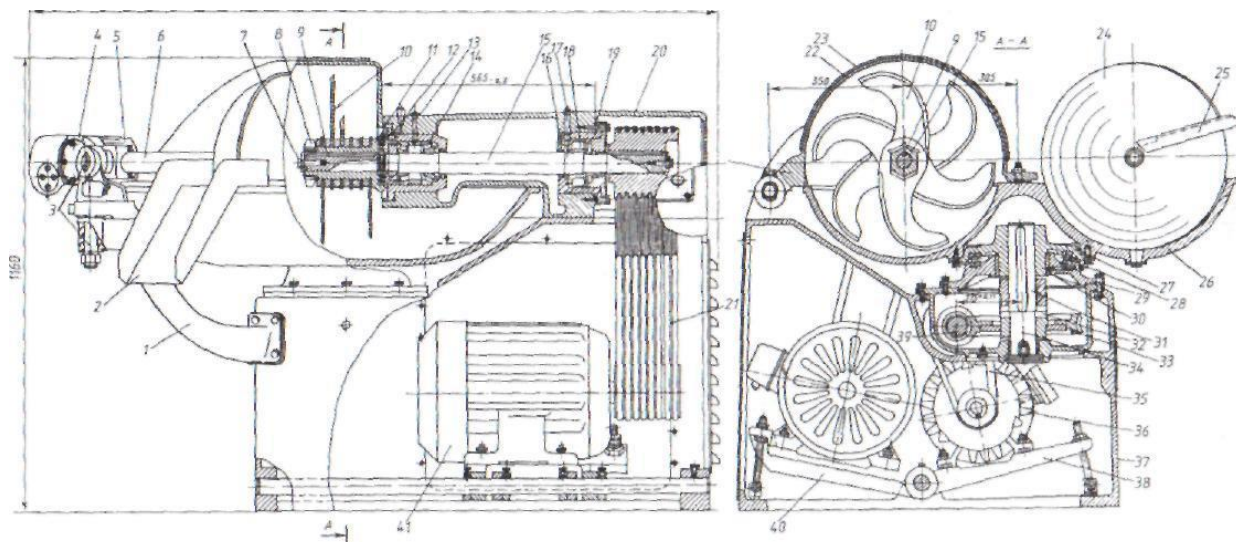


Рисунок 1.6 – Кутер Л5-ФК1-Н:

1 – кронштейн; 2 – лоток; 3 – вісь; 4 – черв'ячний редуктор; 5 – електродвигун вигружателя; 6 – труба; 7 – стопорний гвинт; 8 – гайка; 9 – шпонка; 10 – ніж; 11 – втулка; 12 – лабіринтове ущільнення; 13,17 – маслянка; 14 – радіально-упорні конічні підшипники; 15 – ножовий вал; 16 – сальникові ущільнення; 18 – роликовий підшипник; 19 – стакан; 20 – верхня частина корпусу; 21,35 – клинописові передачі; 22 – захисна кришка; 23 – сталевий лист; 24 – тарілка вигружателя; 25 – скребок; 26 – чаша; 27 – опора; 28 – шариковий упорний підшипник; 29 – кришка редуктора; 30 – підшипник ковзання; 31 – вал чаші; 32 – муфта; 33 – черв'ячне колесо; 34 – вісь; 36,41 – електродвигуни; 37 – основа; 38,40 – плити натяжних пристроїв; 39 – черв'як

Станина машини, на якій змонтовані всі вузли, складається з литих чавунного підстави 37 і верхнього корпусу 20, жорстко з'єднаних між собою. Ножова головка складається з шести серповидних ножів 10, спрофільованих двома дугами окружності. Ножі встановлюють методом закритого гнізда на втулку 11 із зсувом по куту щодо сусіднього ножа на 60° . Для регулювання зазору між чашею і ножем в останньому виготовлено довгасте отвір.

Ножі на втулці затискають гайкою 8 і потім комплект встановлюють на консоль ножового вала 15, що має шпонку. Втулку закріплюють в осьовому напрямку шайбою і стопорним гвинтом 7.

Ножовий вал встановлений в двох підшипникових опорах, одна з яких змонтована в консолі верхнього корпусу і складається з двох радіальноупорних підшипників 14. Від витікання мастила, яка подається через маслянку 13, підшипники захищені сальниковим і лабіринтовим ущільненнями. Друга опора має один роликовий підшипник 18, запресований в стакан 19. Підшипник також захищений сальниковим 16 і лабіринтовим ущільненнями.

Ножова головка приводиться в обертання від одношвидкісного асинхронного електродвигуна 41 потужністю 17 кВт через клинопасову передачу 21. Двигун встановлений на плиті 40 натяжного пристрою. Частота обертання ножового вала 35, 15 с^{-1} .

Чаша 26 приводиться в обертання від електродвигуна 36 через клинопасову передачу 35 і черв'ячний редуктор. Черв'як 39 входить в зачеплення з черв'ячним колесом 33, що обертається на осі 34. На ступиці черв'ячного колеса виготовлені зуби муфти 32, яка входить в зачеплення з зубами на другій напівмуфті, встановленої на шпонці вала 31 чаші. Цей вал входить в отвір опори 27, прикріпленою знизу до чаші. На опорі зроблена проточка для кільця кулькового наполегливої підшипника 28. Друге кільце цього підшипника встановлюють на кришці 29 редуктора. Опора обертається в підшипнику ковзання 30. Для натягу ременів двигун встановлюють на плиту 38. Електродвигун асинхронний, двошвидкісний потужністю 1,6 / 2,3 кВт забезпечує дві швидкості руху чаші з частотою 1,53 і $2,3 \text{ с}^{-1}$.

Завантаження кутера здійснюють вручну, а розвантаження - за допомогою механізму вивантаження, що складається з алюмінієвої тарілки 24, яка приводиться в обертання від електродвигуна 5 через черв'ячний редуктор 4. Тарілка закріплена на валу, який проходить через трубу 6 і з'єднується з валом черв'ячного колеса. Весь який виносить механізм 51 встановлений за допомогою двох осей 3 на кронштейні і може бути повернений в горизонтальній і вертикальній площині.

У момент завантаження і різання тарілка піднята вгору і не обертається. Під час вивантаження її опускають в чашу і при цьому електродвигун приводу тарілки включається автоматично. Скребок 25 зачищає фарш з тарілки і направляє його в лоток 2. Для забезпечення безпеки зона різання закрита захисною алюмінієвою кришкою 22, посиленою сталевим листом 23. Тривалість циклу від завантаження сировини до вивантаження фаршу 5...7 хв, продуктивність (по сосискам) до 1000 кг/год. Маса машини 1300 кг.

Чаша варильного кутера (рис. 4.8) складається з зовнішнього 1 і внутрішнього 3 корпусів, що утворюють всередині порожнину, розділену на дві частини перегородкою 2. У порожнину по патрубку 4 подають пар, а по патрубку 5 відводять конденсат. Після варіння для охолодження в порожнині циркулює холодна вода.

Система управління передбачає ручний і напівавтоматичний режими під час кутерування без скидання вакууму. Інформаційно-вимірювальна система з цифровою індикацією контролює основні параметри на всіх стадіях приготування фаршу. Система управління побудована таким чином, щоб виключити виконання команд, які можуть привести до поломки кутера або травми оператора.

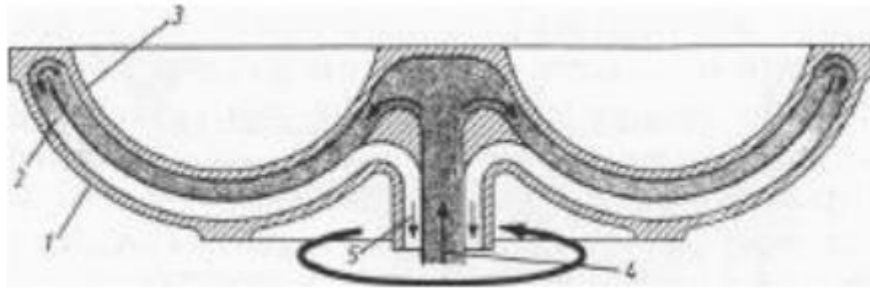


Рисунок 1.7 – Схема чаші варильного кутера:

- 1 – зовнішній корпус; 2 – розділююча перегородка; 3 – внутрішній корпус;
4 – подача теплоносія; 5 – відведення відпрацьованого теплоносія

Кутери призначені для тонкого подрібнення м'яса і м'ясопродуктів, перетворення їх в однорідну гомогенну масу, що володіє певними структурно-механічними властивостями.

В даний час провідні фірми світу випускають всі модифікації кутерів: атмосферні, вакуумні, варильні з діапазоном ємності чаші від 5 до 1200 л.

Сучасний вакуумний варильний кутер серії «Катмастер-В» фірми «Кремер-Греббе» (Німеччина) (рис. 1.8) складається з станини 8, вакуумного корпусу 2 і кришки 3 з оглядовим вікном 4. До корпусу прикріплений моторний відсік 6, в якому розташований електродвигун приводу ножового вала. Можуть бути встановлені два види електродвигунів: двошвидкісний асинхронний потужністю 130/175 кВт або постійного струму потужністю 190 кВт. Частота обертання ножового вала безступінчато може бути змінена з 0,83 до 40 с⁻¹. При цьому максимальна швидкість різання складає 144 м/с. Ножовий вал оснащений електромагнітним гальмом, що зупиняє ножі протягом декількох секунд. Привід чаші має двошвидкісний асинхронний двигун. Куттер оснащений гідравлічним підйомником-перекидачем 9 з візком 1 і механізмом вивантаження, мають конічну тарілку 5.

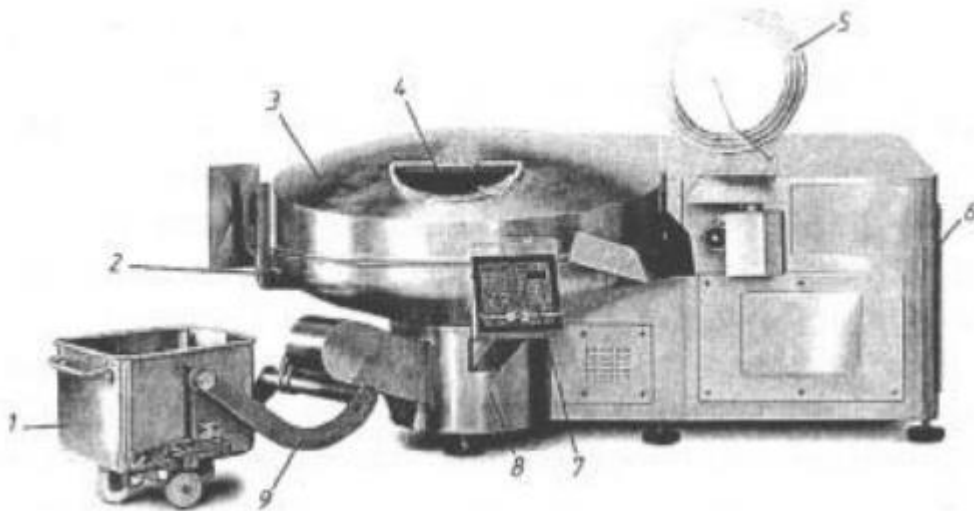


Рисунок 1.8 – Вакуумний кутер «Катмастер В» фірми «Кремер-Гребє»:
1 – візок; 2 – вакуумний корпус; 3 – вакуумна кришка; 4 – оглядове вікно; 5 – тарілка вигруження; 6 – моторний відсік; 7 – пульт управління; 8 – станина; 9 – підйомник-перекидач

Керують кутером з пульта 7 в двох режимах: ручному й автоматичному. Автоматичний режим виробляють мікропроцесором, що має кілька програм. Тривалість процесу кутерування пов'язана з видом вихідної сировини і кінцевої продукції. В процесі регулюється температура фаршу, для цього кутер оснащений датчиком температури, пов'язаний з пультом управління.

Для здійснення варіння передбачені введення для подачі пари, видалення конденсату, циркуляція охолоджуючої води. Куттер має вводити для подачі пари рідкого азоту для охолодження фаршу в процесі кутерування. Маса кутера 5600 кг.

2. Техніко – економічне та соціальне обґрунтування

В умовах зростаючої конкуренції на ринку м'ясопереробної продукції, підвищення вимог до якості та безпеки харчових продуктів, підприємства змушені шукати ефективні шляхи для підвищення своєї продуктивності та зниження виробничих витрат. Одним із важливих кроків у цьому напрямку є модернізація технологічного обладнання, зокрема вакуумних кутерів, що дозволяють забезпечити високу якість подрібнення м'ясної сировини, її однорідність та стабільність фізико-хімічних показників готової продукції.

Модернізація вакуумного кутера ВК-125 з продуктивністю 1100 кг/год має на меті підвищення ефективності технологічного процесу, зниження енергоспоживання та мінімізацію втрат сировини. Основними завданнями модернізації є вдосконалення ріжучого механізму, підвищення вакуумування під час подрібнення, що сприяє зменшенню кількості залишкового кисню у продукті, а також оптимізація конструкції обладнання для зручнішого обслуговування і швидшої заміни витратних частин.

Покращення ріжучого механізму дозволить досягти більш рівномірного подрібнення сировини, що позитивно вплине на текстуру та якість кінцевого продукту. Крім того, впровадження вдосконаленої системи вакуумування сприятиме запобіганню окислювальним процесам, зберігаючи природний колір і смак продуктів. Це, своєю чергою, підвищить конкурентоспроможність підприємства на ринку, дозволяючи забезпечити споживачів продукцією високої якості.

З економічної точки зору, модернізація вакуумного кутера ВК-125 забезпечить суттєве зниження витрат на електроенергію завдяки використанню більш енергоефективних двигунів та оптимізації технологічного процесу. Очікується, що зменшення втрат сировини під час подрібнення дозволить скоротити обсяг відходів, що, в свою чергу, сприятиме підвищенню виходу готової продукції. Впровадження нових технологічних рішень забезпечить швидшу окупність витрат на модернізацію, оскільки підвищення продуктивності та якості виробів дозволить розширити ринки збуту та підвищити прибутковість підприємства.

Соціальний аспект модернізації також відіграє важливу роль. Оптимізація виробничих процесів сприятиме підвищенню умов праці, зменшенню фізичного навантаження на операторів та підвищенню рівня безпеки на виробництві. Використання сучасного обладнання з автоматизованими системами управління знижує ризик виникнення аварійних ситуацій, що позитивно впливає на загальний рівень охорони праці.

Крім того, підвищення продуктивності та якості м'ясної продукції дозволить підприємству більш ефективно задовольняти потреби споживачів у високоякісних харчових продуктах, що сприятиме зміцненню позицій на ринку та підвищенню довіри до бренду. Модернізація вакуумного кутера ВК-125 – це не лише крок до економічної ефективності, але й до забезпечення екологічної безпеки та соціальної відповідальності підприємства.

Таким чином, модернізація вакуумного кутера ВК-125 є економічно обґрунтованим рішенням, яке дозволяє підвищити ефективність виробництва, знизити собівартість продукції, поліпшити умови праці та зміцнити ринкові позиції підприємства. Це сприятиме досягненню стратегічних цілей підприємства та забезпеченню сталого розвитку в умовах конкурентного ринку.

3. Характеристика вихідної сировини і готового продукту

Характеристика готового продукту

Сосиски – це різновид ковбасних виробів, що являють собою дрібно подрібнену м'ясну масу, розфасовану порційно в м'яку оболонку. На ринку харчових продуктів найчастіше зустрічаються сосиски зі свинини та курятини, рідше – з додаванням телятини. Якість сосисок визначається кількістю м'яса, його якістю, а також видом і кількістю додаткових інгредієнтів.

Важливим показником якості м'ясної сировини є вміст жиру та характеристики вихідного продукту. Для підвищення пластичності та поліпшення смакових властивостей у фарш вищих сортів сосисок додають яйця або яєчні продукти. Замість води у такі вироби часто вводять молоко або вершки, що надає продукту більш ніжну структуру.

У деяких випадках до складу сосисок додають м'ясо птиці або свинячий жир. Такі інгредієнти здешевлюють виробництво, проте суттєво знижують поживну цінність продукту. Одним із компонентів, що іноді використовується у виробництві сосисок, є механічно відокремлене м'ясо. Воно особливо поширене при виготовленні курячих та інколи свинячих сосисок. Важливо зазначити, що такий вид м'яса характеризується нижчими якісними показниками, оскільки разом із м'язовими тканинами до його складу потрапляють частинки кісток і сполучної тканини.

Додавання дешевих інгредієнтів дозволяє знизити собівартість готового продукту, однак це негативно впливає на його харчову цінність. Такі сосиски зазвичай мають вищий вміст жиру, але нижчу якість білка порівняно зі справжнім м'ясом. Крім того, їхні мікробіологічні, фізико-хімічні та технологічні властивості значно поступаються показникам продуктів з більшою часткою натуральної сировини.

Таким чином, склад і якість сосисок безпосередньо залежать від використовуваних інгредієнтів. Додавання механічно відокремленого м'яса та заміників натуральних компонентів знижує не лише харчову цінність, але й безпечність продукту для кінцевого споживача.

Технологічний процес виробництва м'ясних сосисок

Технологія виробництва м'ясних сосисок та сардельок має спільні риси з технологічним процесом виготовлення варених ковбас із однорідною структурою. Основні етапи виробництва включають подрібнення м'яса, посол, куттерування, приготування фаршу та формування виробів.

Подрібнення м'яса

На початковому етапі м'ясну сировину подрібнюють. Характер та ступінь подрібнення залежать від способу посолу. М'ясо розрізають на шматки, після чого направляють на волчок для подрібнення. Залежно від технологічних вимог, його можуть подрібнювати на великі фракції через решітку з отворами діаметром 12–25 мм (шрот) або на дрібні фракції з отворами діаметром 2–3 мм (фарш).

Посол м'яса

Після подрібнення м'ясо солять. Для цього його нарізають на шматки масою від 0,4 до 1,0 кг або подрібнюють на шрот чи фарш. На кожні 100 кг м'яса додають 2,0–2,5 кг кухонної солі. Крім того, додають нітрат у вигляді розчину з концентрацією не більше 2,5%. Посолене м'ясо витримують за температури 3–4°C. У разі посолу шматками цей процес триває 48 годин, для шроту – 24 години. Для прискорення процесу рекомендується додавати нітрат під час приготування фаршу.

Для інтенсифікації виробництва можна застосувати метод посолу фаршу із використанням розсолу. Це дозволяє прискорити проникнення солі у м'ясну тканину та одночасно зв'язати воду, яку додають разом із розсолом. Завдяки цьому процес посолу скорочується з двох діб до шести годин, тобто у вісім разів швидше.

Приготування розсолу

Для приготування розсолу на кожні 100 літрів води додають 26 кг солі та 75 г нітрату. Суміш ретельно перемішують до повного розчинення солі. Нітрат попередньо готують у лабораторних умовах і додають у розчин у вже розчиненому вигляді. Перед використанням розсіл фільтрують або відстоюють, обережно зливаючи, щоб уникнути підняття осаду. Готовий розсіл, щільність якого становить 1,201 Мг/м³, додають у кількості 10 кг на 100 кг м'яса. Якщо використовується розсіл іншої щільності, необхідно провести перерахунок кількості.

Фарш ретельно перемішують із розсолом до рівномірного розподілу по всій масі. Процес перемішування триває 2–3 хвилини. Температура м'яса після обробки розсолом не повинна перевищувати 8–10°C. Потім посолене м'ясо поміщають у камеру з температурою повітря 2–4°C і витримують протягом шести годин. У разі технологічної затримки м'ясо може зберігатися в посолі до 24 годин.

Куттерування

Після витримки під посолом м'ясо спрямовують у куттер. Там воно подрібнюється протягом 6–10 хвилин для отримання однорідної м'ясної маси, яка відповідає вимогам рецептури. У процесі куттерування до фаршу додають сировину відповідно до рецептури.

При використанні мороженого м'яса для підвищення якості сосисочного фаршу рекомендується додавати до 20% емульсії з витриманого парного яловичого м'яса. Це сприяє покращенню текстури, підвищенню однорідності маси та кращому утриманню вологи у готовому продукті.

Таким чином, технологічний процес виробництва м'ясних сосисок включає чітку послідовність етапів, які забезпечують отримання високоякісної продукції з необхідними органолептичними та фізико-хімічними властивостями. Оптимізація цих етапів дозволяє підвищити

ефективність виробництва, знизити втрати сировини та забезпечити стабільність якості готового продукту.

Шприцювання та формування

Шприцювання фаршу здійснюється на пневматичних або гідравлічних шприцах. Пневматичні шприци працюють під тиском $39,2\text{--}49,1 \cdot 10^4$ Па, тоді як гідравлічні — при $58,9\text{--}78,5 \cdot 10^4$ Па. Для виготовлення штучних сосисок використовують дозувальні автомати, які забезпечують точну масу готового виробу з урахуванням маси оболонки.

Після наповнення оболонки фаршем сосиски формують у батончики певної довжини залежно від діаметра оболонки. Сардельки відокремлюють одна від одної шляхом перев'язування оболонки тонкою ниткою або шпагатом, або перекручуванням, як у випадку з сосисками.

Теплова обробка

Після шприцювання сосиски та сардельки підлягають обжарюванню. Тривалість обжарювання залежить від діаметра батона і становить від 30 до 60 хвилин за температури $80\text{--}100^\circ\text{C}$. Для рівномірного обсмаження вироби підвішують на тонкі палиці з інтервалом між батончиками, що дозволяє забезпечити рівномірне проникнення тепла.

На початковому етапі обжарювання в камеру подається пара протягом 5–10 хвилин. Це сприяє рівномірному забарвленню фаршу та оболонки. Після обжарювання сосиски набувають рожевого кольору, а оболонка стає абсолютно сухою. Важливо, щоб температура в центрі сосиски не перевищувала 45°C .

Після етапу обжарювання вироби піддають варінню. Варіння здійснюється в паровій або водяній середовищі при температурі $80\text{--}85^\circ\text{C}$ протягом 10–30 хвилин, залежно від діаметра оболонки. Процес завершується, коли температура в центрі батона досягає $70\text{--}72^\circ\text{C}$.

Охолодження

Зварені сосиски та сардельки підлягають охолодженню. Спочатку їх поміщають під холодний душ на 10–15 хвилин, після чого переміщують у спеціальне приміщення з температурою повітря 8°C, де вони витримуються 4–6 годин до досягнення внутрішньої температури не вище 15°C.

Особливості виробництва сирих сосисок

Сирі сосиски виготовляють із несоленого м'яса. Яловичину подрібнюють на волчку через решітку з отворами діаметром 2–3 мм, після чого проводять куттерування протягом 4–5 хвилин із додаванням 30% води та льоду. Свинину, як пісню, так і жирну, подрібнюють на волчку через решітку з отворами 8 мм. Потім свинину змішують із куттерованою яловичиною, сіллю та спеціями у мішалці протягом 2–3 хвилин.

Сформований фарш нещільно шприцюють у свинячі кишки, заповнюючи лише три чверті об'єму. Сосиски формують у вигляді ланцюжка, не розділяючи на окремі батончики. Кінці оболонки перев'язують шпагатом або ниткою. Після цього наповнені оболонки розкладають в один шар на листи, охолоджують при температурі 2–4°C і відправляють на реалізацію.

Особливості виробництва сосисок без оболонки

Сосиски без оболонки випускають порційно, масою 50 г ($\pm 5\%$). Вони мають циліндричну форму, довжину 130–135 мм і діаметр 22–24 мм. Для їх виробництва використовують жиловане м'ясо: яловичину вищого ґатунку та жирну свинину з вмістом жиру до 70% у рівних пропорціях.

Особливістю технології виготовлення сосисок без оболонки є процес дозрівання готового фаршу, що замінює звичне визрівання м'яса в посолі. Процес приготування починається з подрібнення несоленого м'яса на волчку через решітку з отворами 2–3 мм. Далі масу спрямовують на куттерування, додаючи 35–40% води, сіль, цукор, нітрат, спеції та наприкінці — коптильну рідину.

Готовий фарш розподіляють шаром не більше 20 см у лотках або касетах і витримують 18–24 години при температурі 4–6°C.

Коагуляція та термічна обробка

Коагуляція фаршу здійснюється в роторному коагуляторі для формування сосисок. Маса переміщується в камері під пульсуючим рухом ротора при температурі 120–130°C. Процес триває 3 хвилини, при цьому температура в центрі сосиски досягає 40–45°C.

Термічна обробка відбувається на сітці конвеєра вертикального ланцюгового термоагрегата, який поділяється на чотири зони:

Обжарювання – без диму при 100°C і відносній вологості 10–12% протягом 30 хвилин.

Варіння – у пароповітряній середовищі при 85°C і відносній вологості 90–95% протягом 10 хвилин, поки температура в центрі сосисок не досягне 72°C.

Охолодження – під водяним душем при температурі 4–8°C протягом 10 хвилин до 15°C у центрі.

Просушування – при 15°C повітрям упродовж 10 хвилин.

Осадка та пакування

Процес осадки є важливим етапом для структуроутворення фаршу, а також для стабілізації кольору. У натуральній оболонці сосиски та сардельки витримують у підвішеному стані при 0–4°C і відносній вологості 85–90% протягом двох годин. Це сприяє підсушуванню оболонки, ущільненню фаршу та наданню товарного вигляду виробам.

Готові сосиски пакують по 2 або 5 штук у вакуумні газонепроникні плівки. Для реалізації фасовані сосиски вкладають у тару масою 20 кг.

Таким чином, технологічний процес виготовлення м'ясних сосисок включає декілька послідовних етапів, кожен із яких має значний вплив на кінцеву якість продукту. Дотримання технологічних параметрів та

використання сучасного обладнання забезпечують отримання високоякісної продукції, готової до споживання.

Зберігання та транспортування

Термін зберігання сосисок залежить від їх сорту. Для сосисок вищого та першого гатунків, а також безсортних, цей період становить 72 години, для другого сорту – 48 годин, а для третього – 24 години. Зберігання здійснюється за температури $4 \pm 2^{\circ}\text{C}$ та відносної вологості повітря 75–80%. У торговельній мережі ковбасні вироби реалізуються без шпагату та скріпок. Температура продукції під час постачання не повинна перевищувати 15°C і бути не нижчою за 0°C .

Транспортування

Перевезення ковбасних виробів, у тому числі сосисок, здійснюється різними видами транспорту залежно від відстані та умов зберігання:

Міжміські перевезення — проводяться в основному рефрижераторним автомобільним та залізничним транспортом.

Міські перевезення — здійснюються ізотермічним або рефрижераторним автотранспортом.

Особливо швидкопсувні сосиски, термін зберігання яких не перевищує трьох діб, під час міжміських перевезень транспортуються виключно автомобільним транспортом. Важливо, що тривалість перевезення таких виробів не повинна перевищувати 24 години.

У літній період транспортування особливо швидкопсувних сосисок ізотермічним транспортом допускається не більше трьох годин за умови наявності льоду в кузові, або лише одну годину — без льоду.

Температурний режим

Під час міжміських перевезень у кузові транспортного засобу повинна підтримуватися температура в межах від 0 до 6°C . Це дозволяє забезпечити належну якість продукції та попередити її псування в процесі транспортування.

Дотримання вимог щодо температурного режиму, вологості повітря та тривалості транспортування є ключовими умовами для збереження якості сосисок на всіх етапах логістики — від виробника до торговельної мережі.

4. Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип дії модернізованого обладнання

Опис модернізації вакуумного кутера ВК-125

Вакуумні кутери є ключовим технологічним обладнанням у виробництві м'ясних виробів. Вони забезпечують тонке подрібнення м'ясної сировини та формування однорідної структури фаршу, що є необхідним для отримання високоякісної продукції. Сучасні вимоги до виробництва м'ясної продукції потребують не лише високої якості кінцевого продукту, а й відповідності ряду технічних та економічних показників.

Модернізація вакуумного кутера ВК-125 спрямована на вдосконалення ріжучого механізму та підвищення ефективності технологічного процесу. Основні зміни включають оптимізацію конструкції ріжучого інструменту, що дозволяє підвищити продуктивність кутера, зменшити питому витрату енергії та підвищити точність регулювання робочого зазору між ножами та чашею.

Вдосконалення ріжучого інструменту

Одним із ключових напрямів модернізації є оновлення ріжучих ножів. Використання лез нової форми з покращеними ріжучими характеристиками дозволяє не лише підвищити швидкість подрібнення, але й забезпечити рівномірність структури фаршу. Це сприяє більш однорідному перемішуванню інгредієнтів, що підвищує якість кінцевого продукту. Впровадження нової конструкції ножів дозволяє підвищити продуктивність кутера на 25%, одночасно знижуючи питомі витрати на одиницю продукції за рахунок оптимізації площі, об'єму та потужності обладнання.

Підвищення частоти обертання валу

Для покращення якості фаршу, передбачається підвищення частоти обертання валу кутера. Це дозволяє більш ефективно подрібнювати м'ясну масу та забезпечувати її однорідну структуру. Важливою перевагою такого підходу є скорочення часу обробки сировини, що підвищує продуктивність обладнання без погіршення якості готового продукту.

Впровадження безступінчастого регулювання частоти обертання

Ще однією важливою зміною є запровадження безступінчастого регулювання частоти обертання ножів. Це дозволяє оператору точно налаштувати швидкість обертання залежно від технологічних вимог. Під час перемішування фаршу можна встановлювати низьку швидкість для делікатного змішування інгредієнтів, що запобігає їх пошкодженню. Для подрібнення застосовуються високі швидкості, що сприяють якісному розрізанню волокон м'яса та отриманню однорідної текстури

Впровадження запропонованих змін дозволяє не лише підвищити продуктивність вакуумного кутера ВК-125, а й зменшити енергетичні витрати на виробництво одиниці продукції. Оптимізація робочих параметрів та вдосконалення конструкції ріжучого механізму сприяють економії електроенергії, зниженню втрат сировини та підвищенню якості кінцевої продукції.

Таким чином, модернізація вакуумного кутера ВК-125 дозволяє значно покращити його робочі характеристики, забезпечити високу якість готового фаршу та скоротити витрати на виробництво, що є важливою складовою конкурентоспроможності підприємства на ринку м'ясної продукції.

*Побудова 3D моделей основних конструктивних елементів можернізованого
об'єкту проектування*

Геометричне моделювання ножа механізму кутера

Щоб змоделювати ніж створимо ескіз та тривимірну модель його основи. Ескіз являє собою основу ножа (рис. 4.1.), тривимірна модель створюється на основі названого ескізу елементом «Вытянутая бобышка» на заданий розмір 5 мм. Завершена тривимірна модель основи ножа показана на рисунку 4.2.

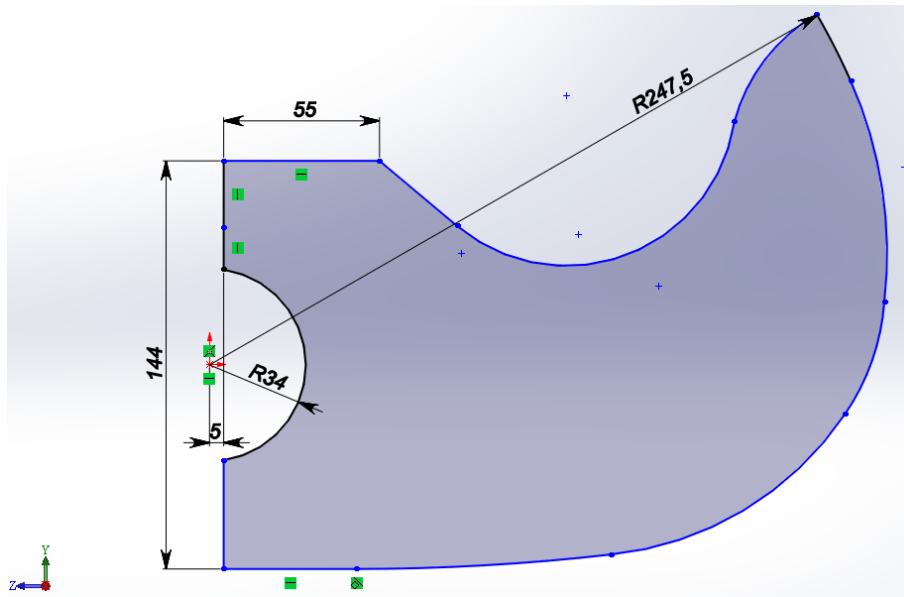


Рисунок 4.1. – Ескіз основи ножа

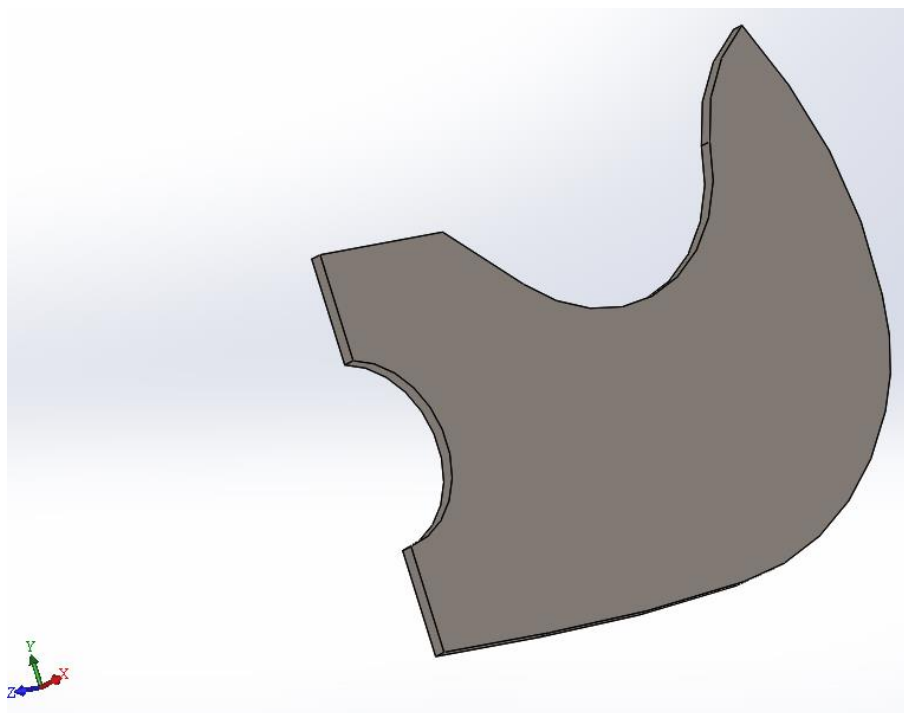


Рисунок 4.2. – Тривимірна модель основи ножа

На грані вигляду з права основи створимо ескіз двох паралельних кіл з діаметром 8,5 мм та ескіз за допомогою команди «Прямая прорезь»

На грані створимо ескіз двох отворів для зменшення маси ножа, робимо зміщення кривої ріжучої кромки на 20 мм, після чого відокремлюємо на дві частини, ширина між частинами 20 мм (рис. 4.5.). За допомогою елемента «Вытянутый вырез» створюємо отвір глибиною 5 мм. Робимо скруглення елементом «Скругление» радіусом 5 мм. Результат геометричного моделювання ножа показаний на рисунку 4.6.

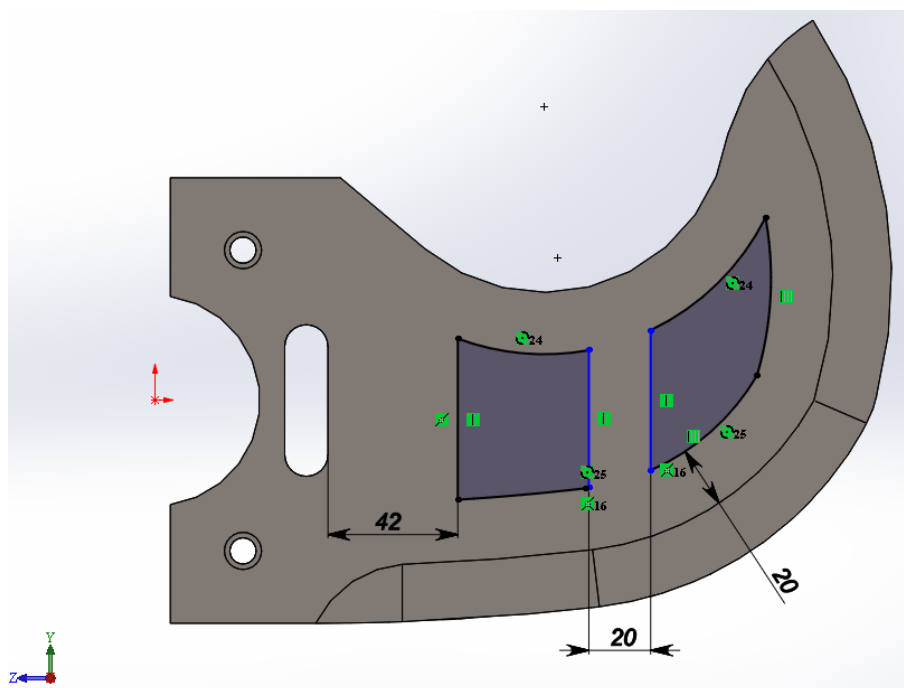


Рисунок 4.5. – Ескіз для створення отворів

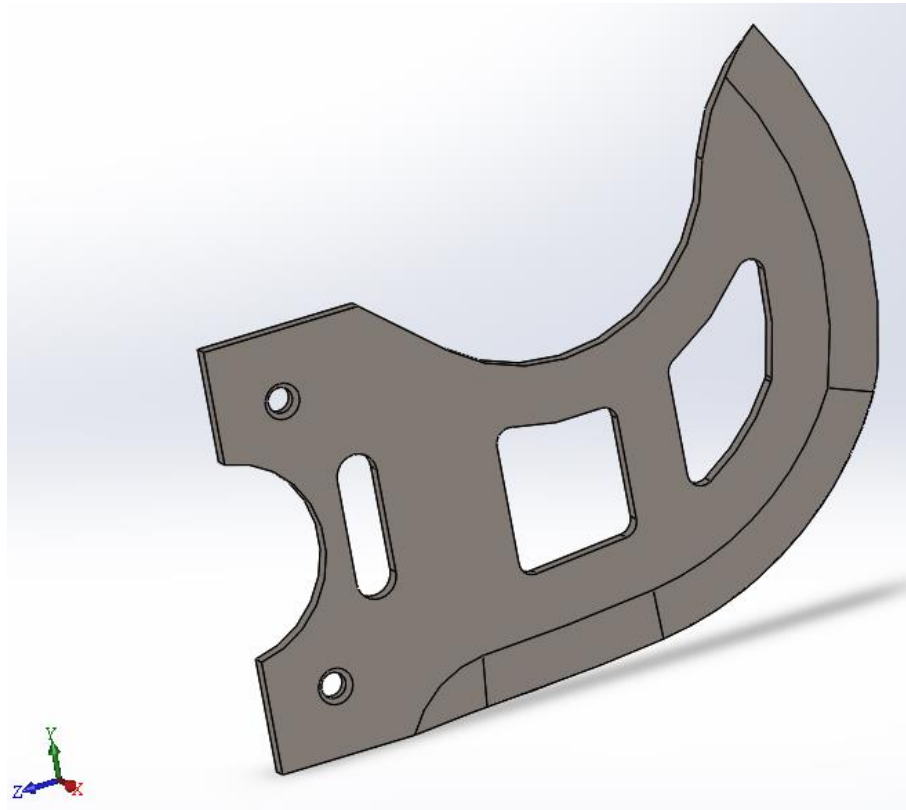


Рисунок 4.6. – Завершена спрощена тривимірна модель ножа

Геометричне моделювання вала механізму різання

Створюємо ескіз та тривимірну модель основи вала. Ескіз являє собою основу вала (рис. 4.7.), тривимірна модель створюється на основі названого ескізу елементом «Повернутая бобышка». На грані діаметром 56 мм створюємо ескіз шестигранника розміром під ключ 48,5 мм. Після робимо скруглення елементом «Скругление» радіусом 0,5 мм, також фаски на кромках $2 \times 45^\circ$. Завершена тривимірна модель основи вала показана на рисунку 4.8.

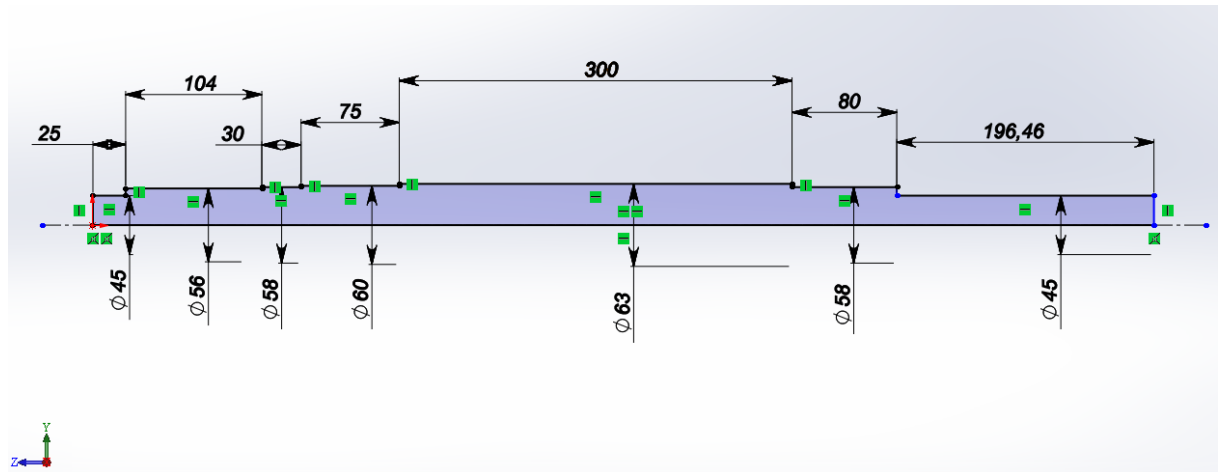


Рисунок 4.7. – Ескіз основи ножового вала

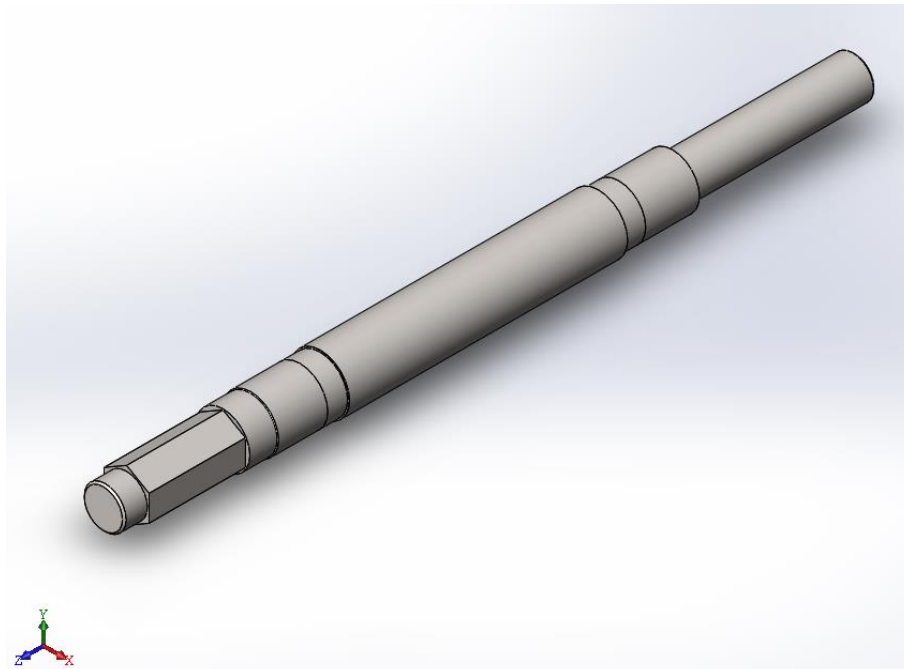


Рисунок 4.8. – Тривимірна модель основи ножового вала

На гранях основи вала створимо ескізи шпонкових пазів для шпонки 16x10x24 (рис. 4.9.) та 14x9x175 (рис. 4.10). За допомогою елемента «Витянутий виріз» створюємо отвори глибиною 5 мм та 4,5 мм. Робимо в обох пазах скруглення на кромці радіусом 0,4 мм. Тривимірна модель після виконання даних операцій представлена на рисунку 4.11.

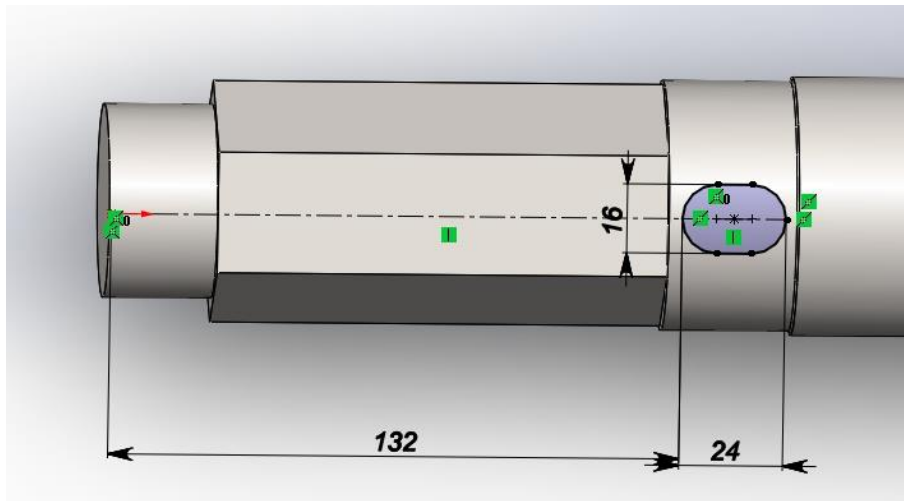


Рисунок 4.9. – Ескіз для створення шпонкового паза (1)

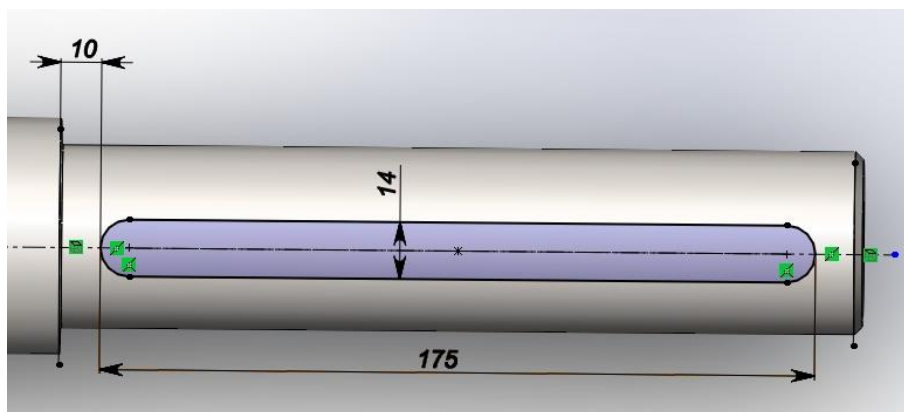


Рисунок 4.10. – Ескіз для створення шпонкового паза (2)

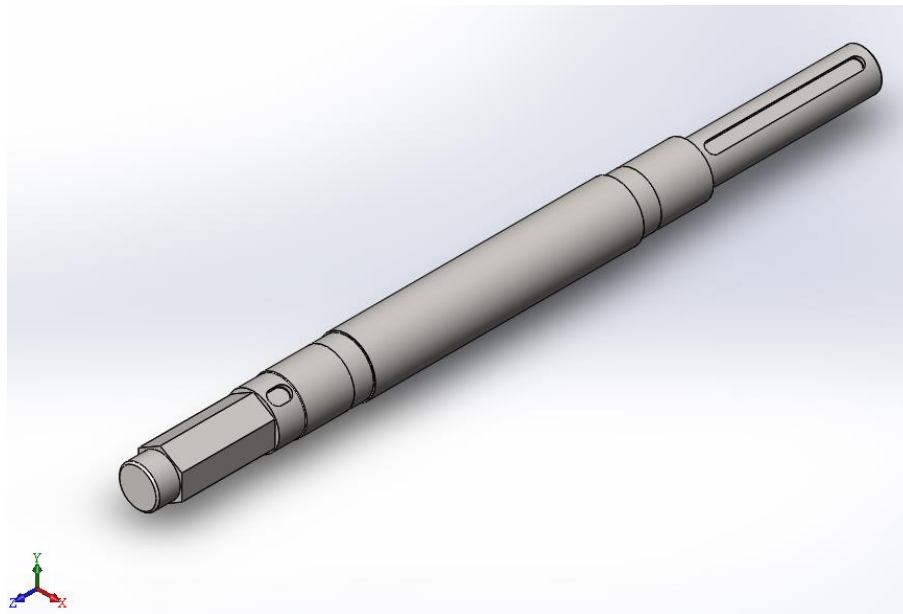


Рисунок 4.11. – Завершена тривимірна модель ножового вала

Геометричне моделювання шківів механізму різання

Щоб змодельовати шків створимо ескіз та тривимірну модель його основи. Ескіз являє собою основу шківів, зовнішній діаметр 145 мм, висота канавки 9,5 мм, ширина канавки 8,5 мм, кількість канавок – 16 (рис. 4.12.), тривимірна модель створюється на основі названого ескізу елементом «Повернута бобышка». На грані виду спереду створюємо ескіз кола діаметром 90 мм, після цього витягуємо елементом «Витягнутая бобышка» на глибину 30 мм. На грані виду ззаду будемо ескіз кола діаметром 90 мм, після цього елементом «Витянутый вырез» робимо отвір глибиною 30 мм. Виконуємо скруглення радіусом 2 мм та фаску $2 \times 45^\circ$. Завершена тривимірна модель основи шківів показана на рисунку 4.13.

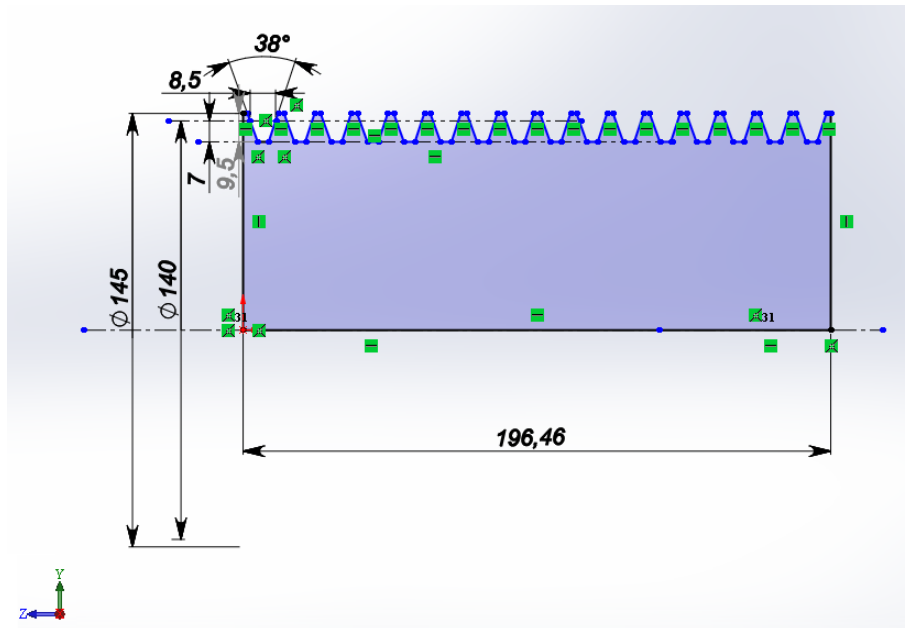


Рисунок 4.12. – Ескіз основи шківa

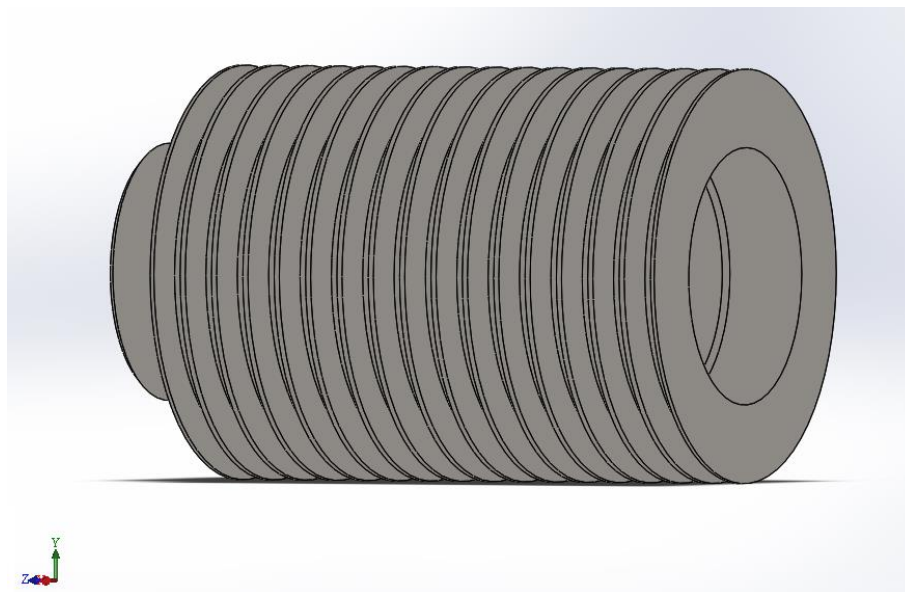


Рисунок 4.13. – Тривимірна модель основи шківa

На одній з граней основи створимо ескіз кола діаметром 45 мм (рис. 4.14.). За допомогою елемента «Витянутий виріз» витягуємо наскрізь. Будуємо на грані ескіз шпонкової канавки, після чого витягуємо наскрізь

елементом «Вытянутый вырез». Результат геометричної моделі шківa показаний на рисунку 4.15.

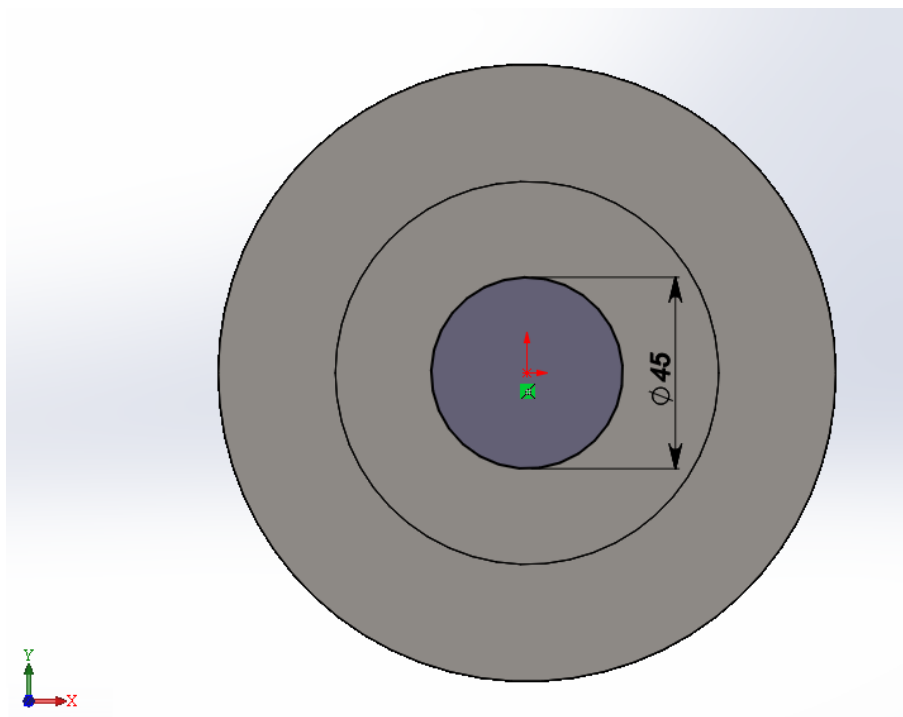


Рисунок 4.14. – Ескіз для створення отвору

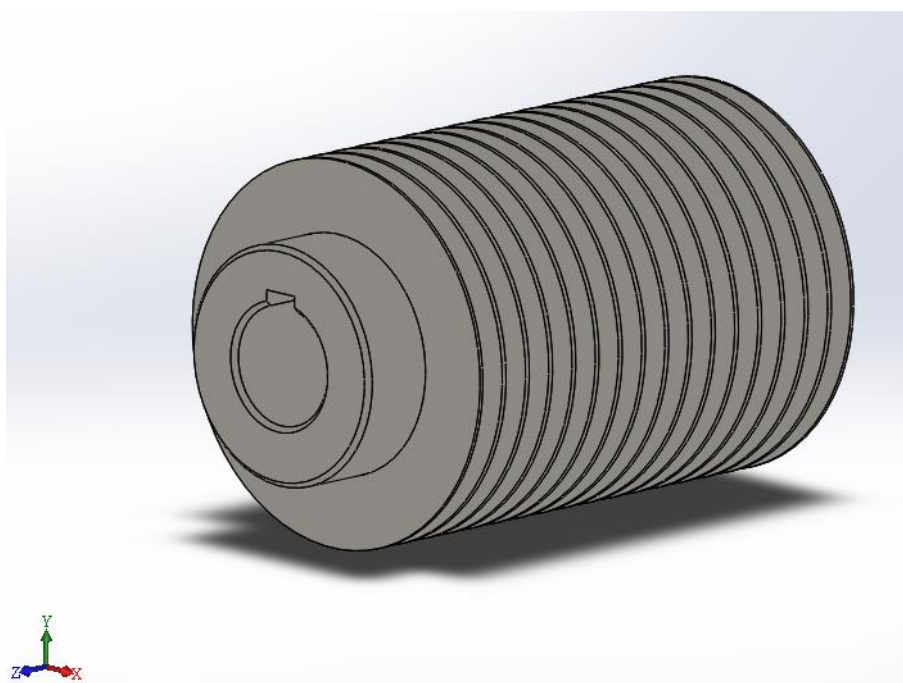


Рисунок 4.15. – Завершена тривимірна модель шківa

Вибір спряжень і формування збірки проєктованого об'єкту

Перш за все починаємо зі збірки ножової головки (рис. 4.16.), де серповидні ножі в кількості двох кріпляться гвинтами на планшайбі та фіксуються за допомогою регулювальної вставки з різьбою. Все це закривається кришкою і також фіксується гвинтами.

На вал за допомогою спряжень кріпимо насамперед лабіринт рухливий до грані і фіксуємо його шпонкою, далі ставимо збір ножової головки і фіксуємо в кінці торцевою шайбою. З іншої сторони ставимо шків і фіксуємо його шпонкою. Збірка моделі після виконання всіх операцій представлений на рисунку 4.17.

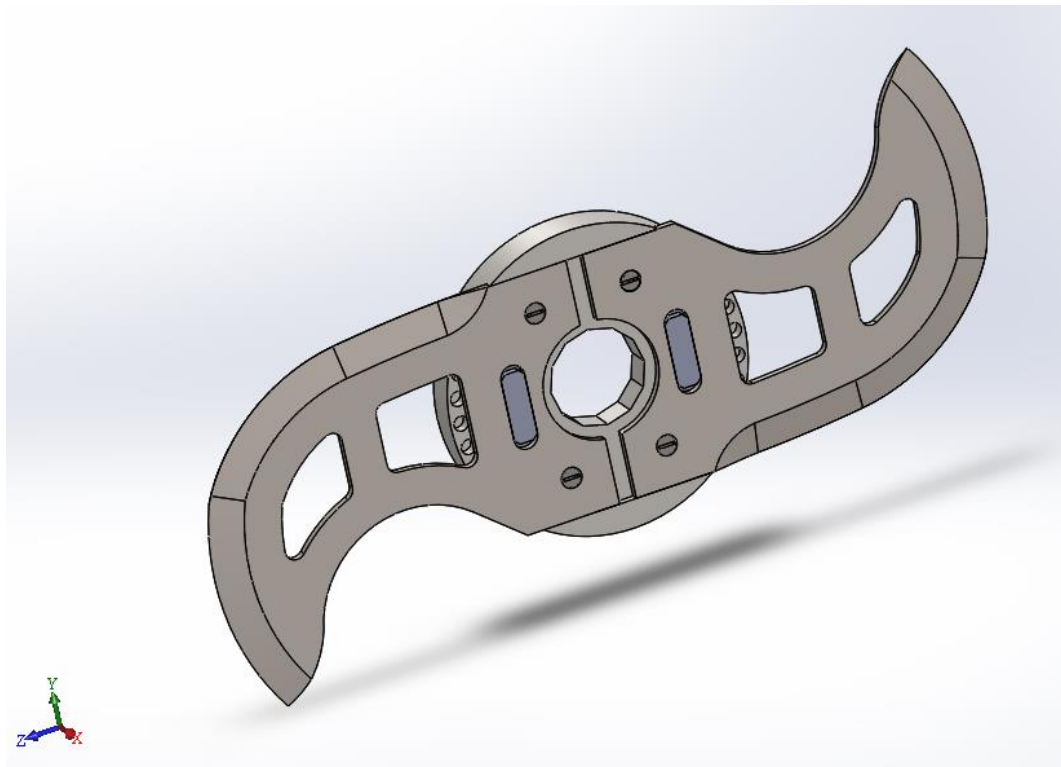


Рисунок 4.16. – Збірка ножової головки за допомогою планшайби

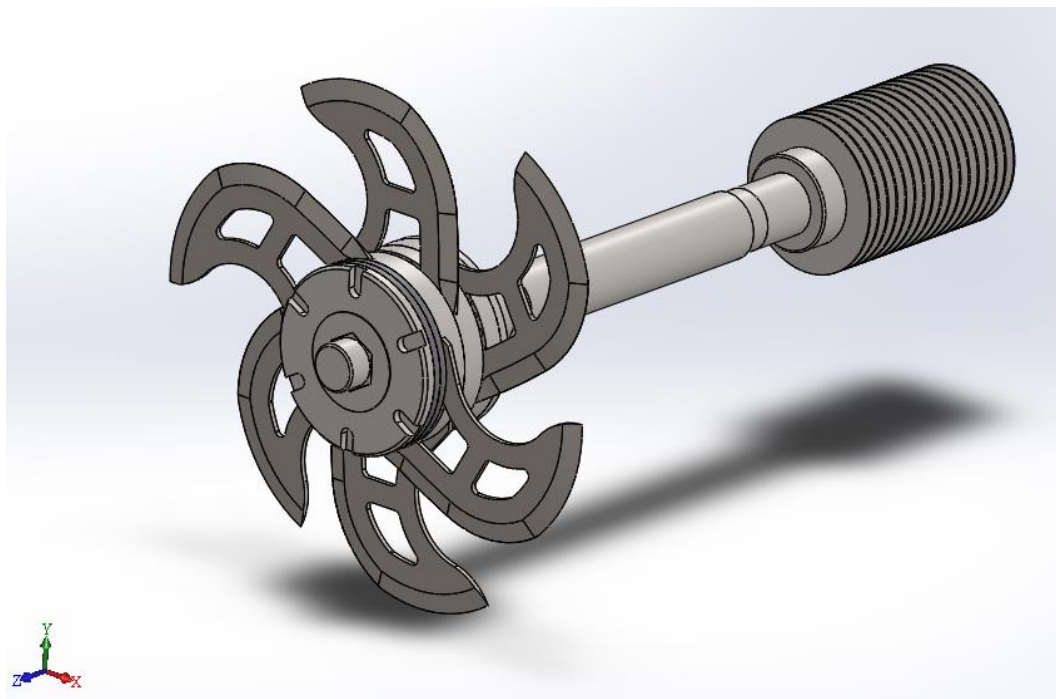


Рисунок 4.17. – Збір ножової головки та шківка за допомогою
спряжень на валу

Опис конструкторської та принцип роботи кутера

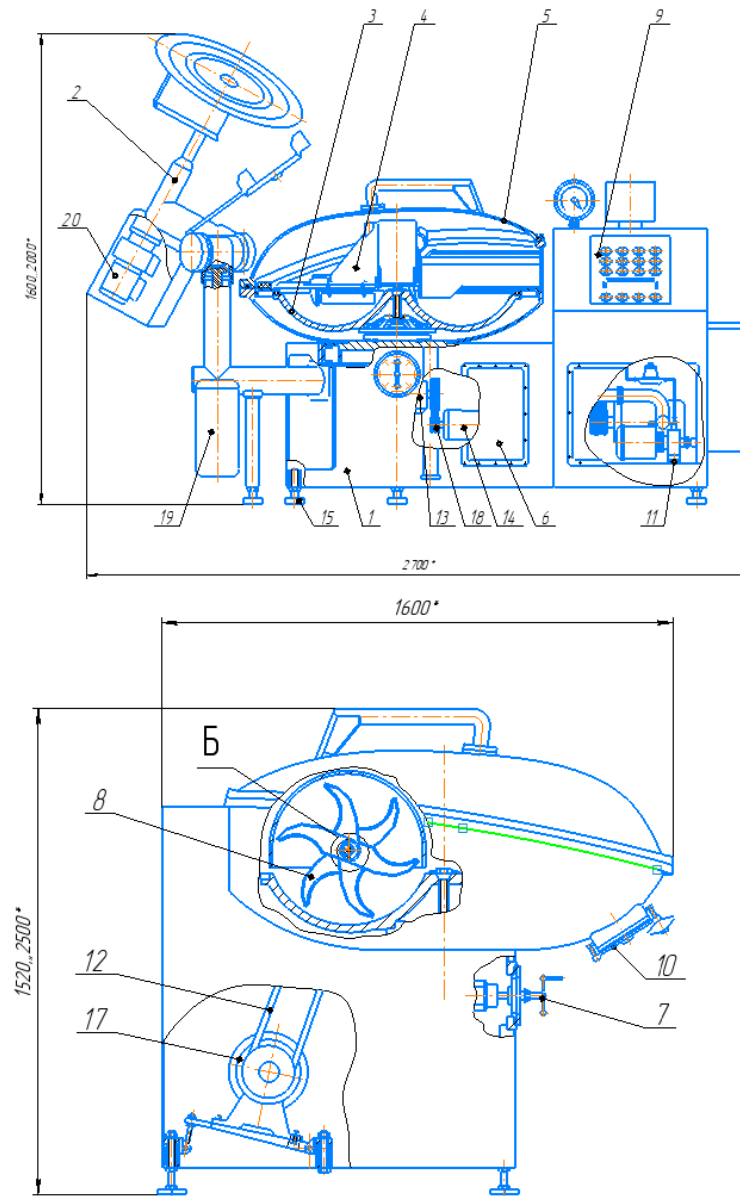


Рисунок 4.18. – Кутер марки ВК-125:

1 – станина; 2 – дисковий вивантажувач; 3 – чаша; 4 – кожух ножевого валу; 5 – кришка; 6 – панель технологічного вікна; 7 – механізм ручного повороту чаші; 8 – вузол ножевого валу; 9 – пульт управління; 10 – люк; 11 – система вакуумування; 12, 18 – клинопасова передача; 13 – редуктор; 14, 17 – електродвигун; 15 – віброопора; 16 – механізм підйому кришки; 19, 20 – мотор редуктора

Вакуумний кутер ВК-125 призначений для тонкого подрібнення м'ясної сировини всіх сортів, а також для перемішування її з додатковими інгредієнтами під вакуумом. Цей процес забезпечує отримання однорідного фаршу високої якості, що використовується для виробництва ковбас, сосисок та сардельок. Завдяки своїй конструкції, кутер дозволяє проводити подрібнення як у відкритій чаші, так і під вакуумом, що розширює його технологічні можливості.

Чаша та облицювання вакуумного кутера ВК-125 виготовлені з харчової нержавіючої сталі, що забезпечує високу стійкість до корозії та легкість у санітарній обробці. Це важливо для дотримання стандартів безпеки та гігієни при виготовленні м'ясної продукції.

Переваги кутерування під вакуумом

Однією з основних переваг вакуумного кутерування є поліпшення якості фаршу. Застосування вакууму під час подрібнення дозволяє:

- покращити колір і смак фаршу – відсутність повітряних бульбашок сприяє збереженню природного забарвлення та підсилює смакові характеристики продукту.
- запобігти утворенню порожнин – під вакуумом унеможлиблюється виникнення повітряних порожнин, що підвищує однорідність структури.
- зменшити окислювальні процеси – відсутність кисню під час кутерування знижує ризик окислення жирів, що значно подовжує термін зберігання готової продукції.
- підвищити щільність фаршу – вакуум сприяє ущільненню структури, що покращує зовнішній вигляд і текстуру ковбасних виробів.

Привод та енергозбереження

Вакуумний кутер ВК-125 оснащений частотним перетворювачем для приводу ножового валу. Це рішення дозволяє гнучко керувати швидкістю обертання ножів залежно від стадії обробки фаршу. Застосування частотного перетворювача забезпечує економію електроенергії до 30%, що суттєво знижує виробничі витрати.

Окрім того, кутер оснащений роздільними приводами для ножового валу та чаші. Чаша приводиться в рух від електроприводу змінного струму з двома фіксованими швидкостями, що дозволяє оптимально налаштувати процес подрібнення залежно від виду сировини.

Система управління та автоматизація

Вакуумний кутер ВК-125 обладнаний сучасною системою управління, що підтримує ручний та напівавтоматичний режими роботи. Це дозволяє оператору налаштувати параметри процесу подрібнення та перемішування з високою точністю.

Особливістю системи є автоматична подача води під час кутерування, що відбувається без втрати вакууму. Це значно підвищує ефективність виробничого процесу, оскільки виключає необхідність зупинки для додавання рідини.

Інформаційно-обчислювальна система з цифровою індикацією здійснює контроль за основними параметрами процесу на кожній стадії приготування фаршу. Це забезпечує стабільність якості продукції та спрощує управління технологічним процесом.

Таким чином, вакуумний кутер ВК-125 є сучасним високоефективним обладнанням для виробництва м'ясних виробів. Завдяки вакуумному подрібненню, частотному перетворювачу та автоматизованій системі управління, забезпечується висока якість фаршу, зниження енергозатрат і підвищення продуктивності виробництва. Ці характеристики роблять його

оптимальним вибором для м'ясопереробних підприємств, що прагнуть отримати продукцію найвищої якості.

5. Підбір конструкційних матеріалів

Підбір конструкційних матеріалів для елементів вакуумного кутера ВК-125 є важливим етапом, який визначає довговічність, надійність та ефективність роботи обладнання. У процесі експлуатації кутера основні вузли піддаються значним навантаженням, тертю та впливу агресивного середовища. Тому матеріали повинні мати високу зносостійкість, міцність, корозійну стійкість та відповідати гігієнічним нормам харчової промисловості.

Механізм різання

Механізм різання вакуумного кутера ВК-125 складається з основних елементів: ножів, валу ножової головки та шківів. Кожен із цих компонентів виконує важливу функцію у забезпеченні точного і рівномірного подрібнення м'ясної сировини, тому до їхнього матеріального складу висуваються підвищені вимоги.

Ножі

Ножі кутера виготовляються з аустенітної конструкційної сталі AISI 316. Ця сталь характеризується високою корозійною стійкістю, що особливо важливо в умовах контакту з вологою та білковими компонентами м'ясної сировини. Вона також стійка до дії кислот і лугів, що підвищує її експлуатаційний ресурс у харчовій промисловості.

Після нормалізації сталь AISI 316 набуває таких властивостей:

- висока стійкість до корозії в агресивних середовищах;
- добра зварюваність та оброблюваність;
- підвищена міцність та пластичність;
- твердість після обробки – 165 Hb.

Ці характеристики забезпечують ножам високу стійкість до зносу під час інтенсивної експлуатації, а також зберігають їхню гостроту протягом тривалого часу.

Вал ножової головки

Вал ножової головки вакуумного кутера ВК-125 виконує функцію передавання крутного моменту від двигуна до ріжучого механізму. Для його виготовлення використовується конструкційна сталь Ст 5, яка має достатню міцність та витримує високі навантаження під час роботи.

- основні властивості сталі Ст 5:
- висока пластичність і в'язкість;
- стійкість до ударних навантажень;
- здатність витримувати багаторазові циклічні навантаження без руйнування;
- хороша оброблюваність під час механічної обробки.

Цей матеріал обраний для валу з урахуванням його здатності працювати в умовах високої швидкості обертання та значних навантажень без втрати своїх механічних характеристик.

Шків

Шків у вакуумному кутері ВК-125 виготовляється з конструкційної якісної вуглецевої сталі 40. Цей матеріал забезпечує високу міцність, стійкість до деформацій та гарну оброблюваність.

- механічні властивості сталі 40:
- висока межа міцності на розрив та стиск;
- добра стійкість до зношування;
- можливість термічної обробки для підвищення твердості;
- твердість матеріалу після обробки – 187 НВ.

Сталь 40 є оптимальним вибором для шківів завдяки своїй здатності зберігати форму та міцність навіть за інтенсивного навантаження.

Висновок

Підбір матеріалів для основних елементів вакуумного кутера ВК-125 здійснено з урахуванням технологічних вимог до міцності, зносостійкості та корозійної стійкості. Використання аустенітної сталі AISI 316 для ножів забезпечує високу якість подрібнення сировини та тривалий термін експлуатації без втрати ріжучих властивостей. Сталь Ст 5 для валу ножової головки дозволяє ефективно передавати крутний момент, а вуглецева сталь 40 для шківів гарантує довговічність і надійність конструкції.

Застосування таких матеріалів сприяє підвищенню експлуатаційної ефективності кутера, мінімізує ризики передчасного зношування та забезпечує стабільну роботу обладнання протягом усього технологічного циклу.

6. Розрахункова частина

Технологічний розрахунок

Розрахунок технологічних параметрів зводиться до визначення геометричних розмірів чаші куттера за заданою продуктивністю машини.

Чаша з її основними параметрами наведена Рис 6.1.

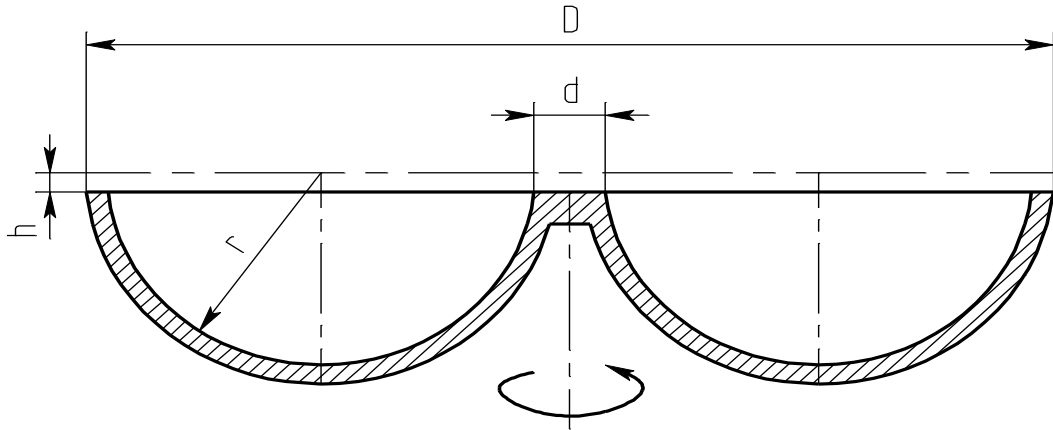


Рис. 6.1. Чаша куттера

Відповідно до завдання необхідно забезпечити вагову продуктивність $M_B=1100$ кг/годину. Відомо, що:

$$M_B = \frac{60 \cdot v \cdot U \cdot \rho}{T_{\text{ц}}}, \quad (1)$$

де v – Об'єм чаші, л; U – Коефіцієнт заповнення чаші, приймаємо $U = 0,7$; $\rho=1050$ кг/м³ – густина фаршу; $t_{\text{ц}}$ – час циклу, хв.

Час циклу визначимо за такою формулою:

$$t_{\text{ц}} = t_3 + t + t_6 \quad (2)$$

де $t_3 = 0,5$ хв – час завантаження чаші; $t=5$ хв – час куттерування; $t_6 = 0,5$ хв – час вивантаження готового продукту.

Отже час циклу дорівнює:

$$t_{\text{ц}} = t_3 + t + t_6 = 0,5 + 5 + 0,5 = 6 \text{ хв}$$

тоді за формулою 3 необхідний розмір чаші дорівнюватиме:

$$V = (t_y \cdot M_B) / (60 \cdot U \cdot \rho) = (6 \cdot 1100) / (60 \cdot 0,7 \cdot 1050) = 0,15 \text{ м}^3 \quad (3)$$

Чаша куттера є півтором, об'єм якого можна обчислити за формулою (4):

$$v = \pi^2 \cdot R \cdot r^2 - 0,785 \cdot D^2 \cdot h \quad (4)$$

де r, D, h – параметри чаші, зображеної малюнку 10, м;

$$R = (D + d) / 4 \quad (5)$$

Дослідивши параметри чаші куттера аналога та прийнявши метод аналогій, задаємося такими параметрами:

$$D=1,48 \text{ м}; d=0,12 \text{ м}; h = 0,03 \text{ м}; r=0,24 \text{ м}; R=0,362 \text{ м-коду.}$$

Підставивши чисельні значення у формулу 3, отримаємо:

$$v = 3,14^2 \cdot 0,362 \cdot 0,24^2 - 0,785 \cdot 1,48^2 \cdot 0,03 = 0,154 \text{ м}^3$$

Відхилення від необхідного обсягу становить 2,6%.

$$M_B = 60 \cdot (0,154 \cdot 0,7 \cdot 1050) / 6 = 1131 \quad (6)$$

Враховуючи прості машини через технологічні перерви (наприклад, для підготовки порції продукту для подрібнення), приймаємо $M_B=1100$ кг/год.

При дрібному та тонкому подрібненні м'яса найбільша частина енергії витрачається на подолання пластичних деформацій та тертя, що переходить у тепло. Якщо припустити, що 90 % витрати енергії йде на нагрівання фаршу, теплоємність якого $C=0,86$ кал/кг оС, то можливе нагрівання фаршу при подрібненні без додавання води або льоду:

$$\Delta t = 0,97 \cdot q = 0,97 \cdot 10 = 9,7^\circ \text{C} \quad (7)$$

Тут $q=10$ кВт·год/т – повна питома витрата енергії.

Витрата льоду G , що додається для подрібнення Δt при допустимому перегріві Δt_0 , визначаємо за формулою:

$$G = \Delta q \cdot M_B = [C \cdot (\Delta t - \Delta t_0) / r] / M_B \cdot C \quad (8)$$

де C – теплоємність фаршу, до кал/кг °С; Δt – можливе нагрівання фаршу, °С; $\Delta t_0=4$ °С – допустима температура нагрівання фаршу за відповідного витрати енергії; $r=80$ до кал/кг – прихована теплоємність плавлення льоду; M_B – масова продуктивність, кг/год.

$$G = [0,86 \cdot (9,7 - 4) / 80] \cdot 1100 = 67,4 \text{ кг/год}$$

Енергетичний розрахунок

У цьому розділі розраховується потужність, необхідна для куттерування сировини та приводу чаші, підбираються електродвигуни приводів.

Потужність необхідна для куттерування сировини:

$$N = (a \cdot S_1 \cdot z \cdot n \cdot \eta_a) / (60 \cdot 1000 \cdot n \cdot \eta_1), (1) (9)$$

де a – 200 ... 330 Дж/м² – питома витрата енергії; S_1 – площа перерізу шару фаршу, що подається під ножі, м²; n – частота обертання ножового валу, хв–1; z – число ножів; $\eta_a=1,4$ – коефіцієнт перевантаження двигуна; η – ККД передач від двигуна до ножового валу. У разі $\eta=1$, оскільки двигун пов'язані з валом через пружну муфту; $\eta_1 = 0,8 \dots 0,9$ – Коефіцієнт, що враховує втрати енергії на привід чаші.

Площа перерізу шару фаршу, що подається під ножі, визначається за формулою:

$$S = V \cdot 4 / (2 \cdot \pi \cdot R) = 0,154 \cdot 0,6 / (2 \cdot 3,14 \cdot 0,362) = 0,27 \text{ м}^2, (10)$$

Частоту обертання n визначаємо за такою формулою:

$$n = 30 \cdot w / \pi = 30 \cdot u / (\pi \cdot r_H) (11)$$

де u – колова швидкість ножа, м/с. Приймаємо $u=25$ м/с; $r_H=0,117$ м – радіус ножа.

$$n = 30 \cdot 30 / (3,14 \cdot 0,117) = 2449 \text{ мин}^{-1}$$

Приймаємо $n=3000$ хв–1.

Підставивши отримані значення формулу 9, отримуємо:

$$N = (320 \cdot 0,27 \cdot 6 \cdot 3000 \cdot 1,45) / (60 \cdot 1000 \cdot 1 \cdot 0,8) = 48 \text{ кВт}$$

За довідником вибираємо електродвигун марки ВАО 82–2 з технічними параметрами $n=3000$ об/хв, $N=55$ кВт.

Відомо, що потужність привід чаші куттера приймають рівною:

$$N_q = (0,1 \dots 0,15) N$$

Приймаємо:

$$N_q = 0,1 \cdot N = 0,1 \cdot 48 = 4,8 \text{ кВт}$$

Вибираємо двигун для приводу чаші АРВ132А6БФ із технічними параметрами $n=1000$ об/хв, $N=5,5$ кВт.

Кінематичний розрахунок передавальних механізмів

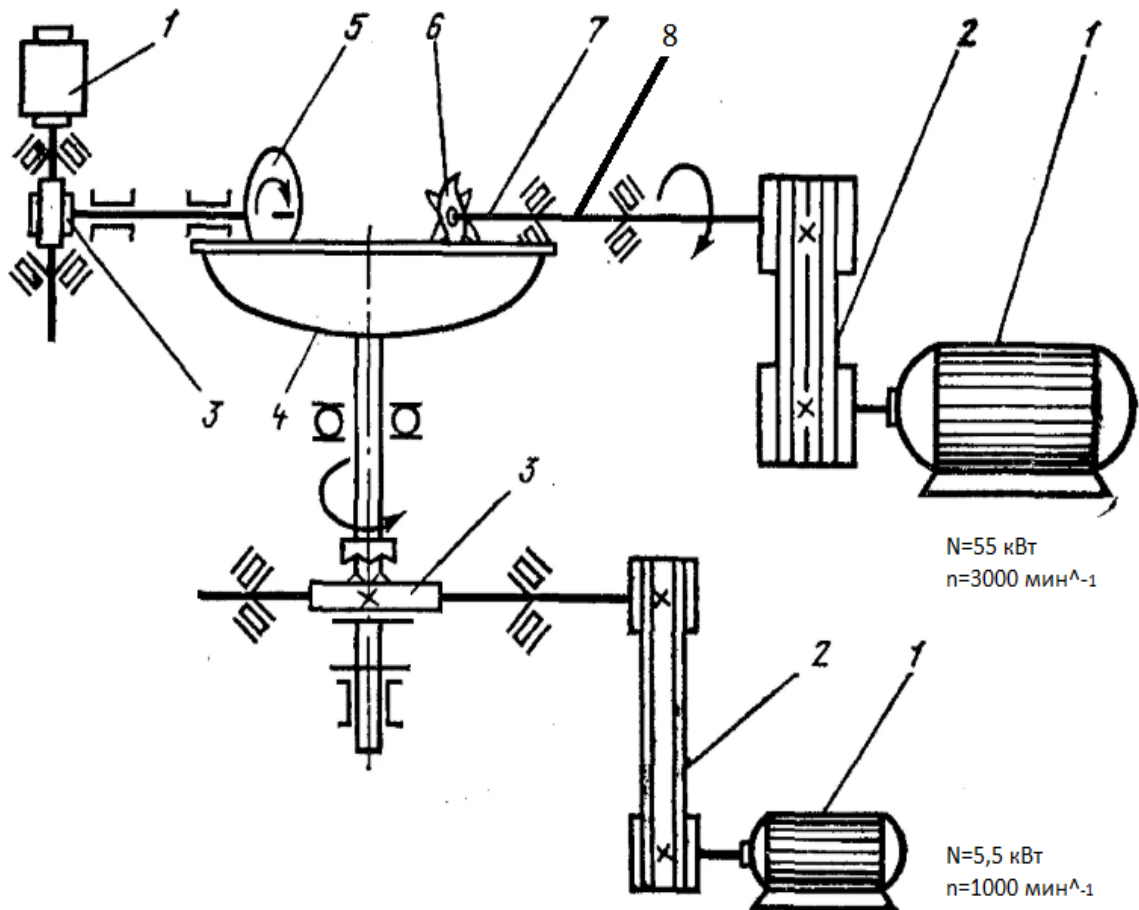


Рис. 6.2. Кінематична схема куттера ВК–125

Ножовий вал приводиться у обертання електродвигуном 1, пов'язаного безпосередньо з валом, через пружну муфту 8. Обертання чаші 6 здійснюється за допомогою електродвигуна 2 через черв'ячну пару 4 і 5.

Кутова частота обертання ножового валу ω_2 , с⁻¹ за формулою (12):

$$\omega_2 = \frac{\pi \cdot n_2}{30} \quad (12)$$

де: n_2 – Частота обертання ножового валу, мін⁻¹

$$\omega_2 = \frac{3,14 \cdot 180}{30} = 18,84$$

$$\omega_{2\max} = \frac{3,14 \cdot 1000}{30} = 104,7$$

Потужність N , кВт, на ножовому валу визначається за формулою (13):

$$N = \frac{aSz n \eta_0}{60 \eta} \quad (13)$$

де a – питома витрата енергії на розрізання шару фаршу одним ножом за оберт, Дж/м²; z – кількість ножів; S – площа перерізу шару фаршу у чаші кутера, м²; n – число обертання вала, хв⁻¹; η_0 – коефіцієнт запасу потужності; η – загальний ККД приводу

$$N = \frac{1 \cdot 0,27 \cdot 6 \cdot 1000 \cdot 1,3}{60 \cdot 0,9} = 39$$

Крутний момент на валу $M_{кр}$, Н·м за формулою (13):

$$M_{кр} = \frac{N}{\omega_2}$$

де: N – Потужність на ножовий валу, кВт;

ω_2 – Кутова частота обертання ножового валу, с⁻¹;

$$M_{кр}^{\max} = \frac{39000}{18,84} = 2070$$

$$M_{кр}^{\max} = \frac{18100}{104,7} = 372$$

Діаметр шківів d_2 , м, за формулою (14):

$$d_2 = (3 \dots 4) \cdot \sqrt[3]{M_{кр}} \quad (14)$$

де: $M_{кр}$ – крутний момент ножового валу, Н·мм

$$d_{2\max} = 4 \cdot \sqrt[3]{2070000} = 509$$

$$d_{2\max} = 4 \cdot \sqrt[3]{37200} = 133$$

Справжнє значення діаметра шківів лежить в області значень, тому приймаємо найближчий рекомендований стандартний діаметр $d_2 = 180$ мм.

Передатне відношення реміної передачі i визначається за формулою (15):

$$i = \frac{n_1}{n_2} \quad (15)$$

$$i = \frac{3000}{1000} = 3$$

Діаметр ведучого шківів $d_{1\text{дій}}$, мм, з урахуванням ковзання за формулою (16):

Діаметр ведучого шківів $d_{1\text{дійс.}}$, мм, з урахуванням ковзання за формулою:

$$d_{1\text{дійс.}} = \frac{d_1}{(1 - \varepsilon)} \quad (16)$$

$$d_{1\text{дійс.}} = \frac{180}{(1 - 0,021) \cdot 3} = 223$$

Приймаємо $d_1 = 224$ мм. Лінійна швидкість ременя v , м/с за формулою (17):

$$v = \frac{\pi \cdot n_1 \cdot d_1}{60} \quad (17)$$

$$v = \frac{3,14 \cdot 1000 \cdot 0,224}{60} = 11,7$$

Довжина ременя L , м, при цьому складе за формулою (18):

$$L = 2 \cdot a + 0,5 \cdot \pi \cdot (d_1 + d_2) + \frac{(d_1 - d_2)^2}{4 \cdot a} \quad (18)$$

де: a – Попереднє значення довжини ременя, м.

$$L = 2 \cdot 0,3 + 0,5 \cdot 3,14 \cdot (0,224 + 0,18) + \frac{(0,224 - 0,18)^2}{4 \cdot 0,3} = 1,23$$

де: a – Попереднє значення довжини ременя, м.

$$L = 2 \cdot 0,3 + 0,5 \cdot 3,14 \cdot (0,224 + 0,18) + \frac{(0,224 - 0,18)^2}{4 \cdot 0,3} = 1,23$$

Зі стандартного ряду довжин вибираємо ремінь завдовжки 1,25 м.

Уточнюємо міжосьову відстань a_ω , м, за формулою (19):

$$a_\omega = 0,25 \cdot [(L - W) + \sqrt{(L - W)^2 - 2 \cdot y}] \quad (19)$$

де: W , м, і y , м² визначається за формулами (20) та (21):

$$W = 0,5 \cdot \pi(d_1 + d_2) \quad (20)$$

$$y = (d_1 - d_2)^2 \quad (21)$$

$$a_\omega = 0,25 \cdot [(1,25 - 0,63) + \sqrt{(1,25 - 0,63)^2 - 1,25 \cdot 0,163}] = 0,26$$

$$W = 0,5 \cdot 3,14(0,224 + 0,18) = 0,63$$

$$y = (0,224 - 0,18)^2 = 0,163$$

Кут обхвату ременя α , град, за формулою (22):

$$\alpha = 180 - \arcsin \frac{d_1 - d_2}{a_\omega} \quad (22)$$

$$\alpha = 180 - \arcsin \frac{0,224 - 0,18}{0,26} = 170$$

Вийшов кут більше допустимого $[\alpha]=90$ град, отже, передача працездатна. При монтажі передачі необхідно забезпечити можливість міжосьової відстані на $0,01 \cdot L = 0,01 \cdot 1,25 = 0,0125$ м, для забезпечення вільного надягання ременів на шківів, та передбачити можливість збільшення міжосьової відстані на $0,025 \cdot L = 0,025 \cdot 0,2$. Допустиме значення потужності, що передається [N], кВт, що припадає на один ремінь за формулою (23):

$$[N] = N_0 \cdot C_L \cdot C_a \cdot C_z \quad (23)$$

де: N_0 – допустиме значення потужності, що передається, припадає на один ремінь без урахування поправочних коефіцієнтів, кВт;

C_L – коефіцієнт, що враховує довжину ременя;

C_a – коефіцієнт, що враховує кут обхвату;

C_z – коефіцієнт, що враховує число ременів у приводі.

$$[N] = 5,67 \cdot 0,93 \cdot 0,95 \cdot 0,95 = 4,75$$

Число ременів z , шт., необхідні передачі заданої потужності визначаємо за формулою (24):

$$z = \frac{N \cdot C_p}{[N]} \quad (24)$$

де: N – потужність, що передається, кВт;

C_p – коефіцієнт режиму роботи;

$[N]$ – допустиме значення потужності, що передається на один ремінь, кВт

$$z = \frac{18,1 \cdot 1,2}{4,75} = 4,6$$

Приймаємо число ременів $z = 5$ прим.

Визначимо сили натягу у ремені.

Попередньо натяг гілок F_0 , Н, за формулою (25):

$$F_0 = \frac{850 \cdot N \cdot C_p \cdot C_L}{z \cdot v \cdot C_a} + \theta \cdot v^2 \quad (25)$$

де: θ – Коефіцієнт, що враховує відцентрову силу, $\text{Н} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^2$;

v – лінійна швидкість ременя, м/с;

$$F_0 = \frac{850 \cdot 18,1 \cdot 1,2 \cdot 0,93}{5 \cdot 11,7 \cdot 0,95} + 0,18 \cdot 11,7^2 = 333,6$$

Сила, що діє на вали F_B Н, за формулою (26):

$$F_B = 2 \cdot F_0 \cdot z \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \quad (26)$$

$$F_B = 2 \cdot 333,6 \cdot 5 \cdot \sin \frac{170}{2} = 3322,98$$

Маса чаші з фаршем m , кг, за формулою (27):

$$m = m_{\text{ч}} + \rho_{\text{ф}} \cdot V \cdot \alpha \quad (27)$$

де: $m_{\text{год}}$ – маса чаші, кг;

$\rho_{\text{ф}}$ – Щільність фаршу;

V – ємність чаші;

α – коефіцієнт завантаження чаші за основною сировиною

$$m = 150 + 1100 \cdot 0,154 \cdot 0,7 = 268,58$$

Лінійна швидкість обертання чаші $v_{\text{год}}$, м/с, за формулою (28):

$$v_{\text{ч}} = \frac{\pi \cdot n_{\text{ч}} \cdot d_{\text{ч}}}{60} \quad (28)$$

де: $n_{\text{год}}$ – Частота обертання чаші, об / хв;

$d_{\text{год}}$ – Діаметр чаші, м.

$$v_{\text{ч}} = \frac{3,14 \cdot 16 \cdot 1,48}{60} = 1,239$$

Сила інерції F , Н за формулою (29):

$$F = \frac{2 \cdot m \cdot v_{\text{ч}}^2}{d_{\text{ч}}} \quad (29)$$

де: m – маса чаші з фаршем, кг.

$$F = \frac{2 \cdot 268,6 \cdot 1,239^2}{1,48} = 557,2$$

Необхідна потужність N_2 , Вт, за формулою (30):

$$N_2 = F \cdot v_{\text{ч}} \quad (30)$$

$$N_2 = 557,2 \cdot 1,239 = 690,3$$

ККД приводу за формулою (31):

$$\eta_{\text{п}} = \eta_{\text{р.п}} \cdot \eta_{\text{ч.р.}} \cdot \eta_{\text{м}} \cdot \eta_{\text{н.л.}}^2 \quad (31)$$

де: $\eta_{\text{р.п}}$ – ККД ремінної передачі;

ч.р – ККД черв'ячного редуктора;

η_m – ККД муфти;

рпп – ККД підшипникової пари.

$$\eta_{II} = 0,96 \cdot 0,8 \cdot 0,98 \cdot 0,99^2 = 0,74$$

Необхідна потужність двигуна N_1 , Вт, за формулою (32):

$$N_1 = \frac{N_2}{\eta_n} \quad (32)$$

$$N_1 = \frac{690}{0,74} = 932,4$$

Передатне відношення ремінної передачі $i_{p.n.}$ за формулою (33):

$$i_{p.n.} = \frac{d_2}{d_1} \quad (33)$$

де: d_2, d_1 – Діаметри шківів, м.

$$i_{p.n.} = \frac{200}{63} = 3,17$$

Передатне відношення черв'ячного редуктора $i_{ч.р}$ за формулою (34):

$$i_{p.n.} = \frac{z_2}{z_1} \quad (34)$$

де: z_1 – Число заходів черв'яка;

z_2 – Число зубів зубчастого колеса.

$$i_{p.n.} = \frac{58}{1} = 58$$

Загальне передатне відношення приводу $i_{заг}$ за формулою (35):

$$i_{заг} = i_{p.n.} \cdot i_{ч.р.} \quad (35)$$

$$i_{заг} = 3,17 \cdot 58 = 183,86$$

Необхідна частота обертання двигуна $n_{дв}$, об/хв, за формулою (36):

$$n_{дв} = n_{ч} \cdot i_{общ} \quad (36)$$

$$n_{дв} = 16 \cdot 183,86 = 2941,7$$

Конструктивний розрахунок

Розрахунок міцності ножа

Нормальна сила P_H , Н, за формулою (37):

$$P_H = P \cdot \cos\left(\gamma + \frac{\alpha}{2}\right) \quad (37)$$

де: P – опір різання м'язової тканини, Н;

γ – кут установки ножа;

α – кут заточування, град.

$$P_H = 1500 \cdot \cos\left(0 + \frac{14}{2}\right) = 1488$$

Згинальна сила P_H , Н, за формулою (38):

$$P_H = P \cdot \sin\left(\gamma + \frac{\alpha}{2}\right) \quad (38)$$

$$P_H = 1500 \cdot \sin\left(0 + \frac{14}{2}\right) = 182,8$$

Згинальний момент M_i , Н*м, за формулою (39), (40):

$$M_H = P_K \cdot y \quad (39)$$

$$y = \frac{3}{2} \cdot \frac{P_K}{[\sigma_H] \cdot \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha}{2} \cdot b} \quad (40)$$

де: $[\sigma_i]$ – допустима напруга на вигин матеріалу ножа, МПа;

b – довжина леза, м

$$M_H = 182,8 \cdot 4,04 \cdot 10^{-5} = 0,0074$$

$$y = \frac{3}{2} \cdot \frac{182,8}{450 \cdot 10^6 \cdot \operatorname{tg}^2 \frac{14}{2} \cdot 0,150} = 1,33 \cdot 10^{-4}$$

Товщина леза h , м, у перерізах $x-x$, за формулою (41):

$$h = 2tg \frac{a}{2} \cdot y \quad (41)$$

$$h = 2tg \frac{14}{2} \cdot 1,33 \cdot 10^{-4} = 0,33 \cdot 10^{-4}$$

Момент опору леза W , м³, за формулою (42):

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6} \quad (42)$$

$$W = \frac{0,150 \cdot (0,33 \cdot 10^{-4})^2}{6} = 0,55 \cdot 10^{-10}$$

Напруга на вигин σ_i , МПа, у перерізах $x-x$, за формулою (43):

$$\sigma_{II} = \frac{M_{II}}{W} \quad (43)$$

$$\sigma_{II} = \frac{0,0074}{0,55 \cdot 10^{-10}} = 134,5 \cdot 10^6$$

Отримане значення менше від допустимого, отже, умова міцності на вигин виконується.

Знайдемо радіус закруглення леза r , м, за формулою (44):

$$r = y \cdot \frac{\sin \frac{a}{2}}{1 - \sin \frac{a}{2}} \quad (44)$$

$$r = 0,33 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{\sin \frac{14}{2}}{1 - \sin \frac{14}{2}} = 4,5 \cdot 10^{-6}$$

Ширина ріжучої кромки ножар, м, за формулою (45):

$$p = \frac{3 \cdot P_k \cdot (1 + \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}})}{[\sigma_H]} \quad (45)$$

$$p = \frac{3 \cdot 182,8 \cdot (1 + \frac{1}{\sin \frac{14}{2}})}{450 \cdot 10^6} = 1,12 \cdot 10^{-5}$$

Отримано значення гостроти леза при даному вугіллі заточування, що забезпечує максимальну стійкість до зламу при забезпеченні максимальної здатності ріжучої при заданих умовах.

Максимальна напруга σ_{max} , Па, [28] що виникає на кромці посадкового профілю на вал, за формулою (46):

$$\sigma_{max} = \frac{(3 + \mu) \cdot \rho \cdot \omega \cdot R^2 [1 + \frac{1 - \mu \cdot r_0^2}{3 + \mu \cdot R^2}]}{4} \quad (46)$$

де: r_0 – Радіус центрального отвору ножа, м;

μ – коефіцієнт Пуассона;

ω – кутова швидкість ножа, рад/с;

R – максимальний радіус ножа, м;

ρ – густина матеріалу корпусу, кг/м³.

$$\sigma_{max} = \frac{(3 + 0,3) \cdot 7250 \cdot 476,8 \cdot 0,296^2 [1 + \frac{1 - 0,3 \cdot 0,036^2}{3 + 0,3 \cdot 0,296^2}]}{4} = 0,25 \cdot 10^6$$

Висновок: величина напруги вийшла незначною та небезпеки для нормальної роботи не виникає

Розрахунок міцності ножового пакета

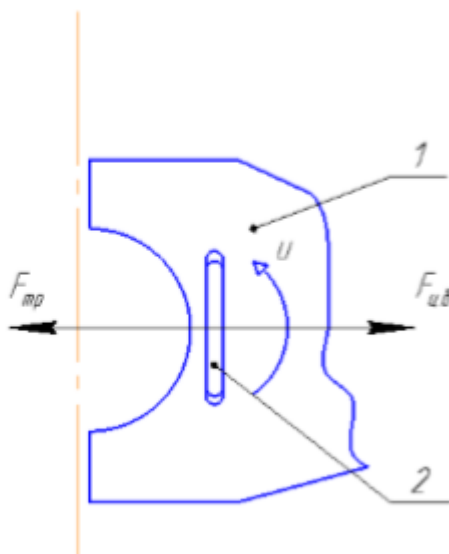


Рис. 6.3. Схема для розрахунку ножового пакета

1 – ніж; 2 – сухар

Відцентрова сила від обертання ножів $F_{ц.б}$, Н, за формулою (47):

$$F_{ц.б} = m_H \cdot \omega^2 \cdot R \quad (47)$$

де: m_H – маса ножів, кг;

R – радіус ножів, м;

ω – кутова швидкість ножа, рад/с

$$F_{ц.б} = 1,2 \cdot 476,8^2 \cdot 0,117 = 80750$$

Середній діаметр різьблення d_2 , мм, за формулою (48):

$$d_2 = d - 0,6496 \cdot t \quad (48)$$

де: d – Зовнішній діаметр різьблення, мм;

t – крок різьблення, мм;

$$d_2 = 6 - 0,6496 \cdot 0,8 = 5,48$$

Середній діаметр різьблення для гайки $D_{сп}$, мм, за формулою (49):

$$D_{cp} = \frac{D_1 + D_{отв}}{2} \quad (49)$$

де: $D_{отв}$ – діаметр отвору гайки;

D_1 – Внутрішній діаметр гайки;

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

Наведений коефіцієнт тертя f_{np} за формулою (50):

$$f_{np} = f \cdot 1,15 \quad (50)$$

де: f – Коефіцієнт тертя між поверхнями гайки та шайби.

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

Кут тертя у різьбленні φ , град, за формулою (51):

$$\varphi = \arctg f_{np} \quad (51)$$

$$\varphi = \arctg 0,207 = 11,69$$

Сила затягування $F_{зат}$, Н, кріпильних елементів за формулою (52):

$$F_{зат} = \frac{T_{зат}}{0,5 \cdot d_2 \cdot \left[\frac{D_{cp}}{d_2} \cdot f + \tg(\psi + \varphi) \right]} \quad (52)$$

де: $T_{зат}$ – момент загвинчування гайки, Н· м;

ψ – кут підйому різьблення, град;

$$F_{зат} = \frac{300}{0,5 \cdot 0,00548 \cdot \left[\frac{0,00554}{0,00548} \cdot 0,18 + \tg(3 + 11,7) \right]} = 248998$$

Сила тертя для двох поверхонь ножа $F_{тр}$, кН, за формулою (53)

$$F_{тр} = 2 \cdot F_{зат} \cdot f \cdot t \quad (53)$$

де: f – Коефіцієнт тертя.

$$F_{TP} = 2 \cdot 249 \cdot 0,1 = 49,8$$

Поперечна сила F_{δ} , кН, що діє на болти, за формулою (54):

$$F_{\delta} = F_{ц.б} - F_{mp} \quad (54)$$

$$F_{\delta} = 80,7 - 49,8 = 30,9$$

Площа перетину болта S_{δ} , м², за формулою (55):

$$S_{\delta} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (55)$$

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

Площа зрізу S_{cp} , м², за формулою (56):

$$S_{cp} = S_{\delta} + S_c \quad (56)$$

де: S_{δ} – Площа перерізу болта, м²;

S_c – Площа перерізу сухаря, м².

$$S_{cp} = 2,8 \cdot 10^{-5} + 7,9 \cdot 10^{-4} = 8,18 \cdot 10^{-4}$$

Напруги на зріз болтів та сухарів τ_{cp} , МПа, за формулою (57):

$$\tau_{cp} = \frac{F_{\delta}}{2 \cdot S_{cp}} \leq [\tau_{cp}] \quad (57)$$

де: $[\tau_{cp}]$ – допустима напруга на зріз, МПа;

S_{cp} – площа зрізу, м².

$$\tau_{cp} = \frac{30900}{2 \cdot 8,18 \cdot 10^{-4}} = 19 \leq [240]$$

Умова виконується, отже, вузол на зріз працюватиме нормально.

Площа зминання S_{cm} , м², за формулою (58):

$$S_{CM} = \Pi_{\text{сух}} \cdot \delta \quad (58)$$

де: $\Pi_{\text{сух}}$ – периметр сухаря, м;

δ – товщина ножа

$$S_{CM} = 0,13 \cdot 0,0027 = 0,000351$$

Напруги зминання σ_{CM} , МПа, за формулою (59):

$$\sigma_{CM} = \frac{F_{\bar{\sigma}}}{2 \cdot S_{CM}} \leq [\sigma_{CM}] \quad (59)$$

де $[\sigma_{CM}]$ – допустима напруга зминання;

S_{CM} – площа зминання.

$$\sigma_{CM} = \frac{30900}{2 \cdot 0,000351} = 44 \leq [240]$$

7. Розрахунок технології виготовлення окремих деталей

Загальна характеристика деталі

У конструкції вакуумного кутера ВК-125 деталь «стакан» відіграє важливу роль у формуванні функціонального вузла, відповідального за точне розміщення та фіксацію обертових елементів, а також передачу обертального моменту. Стакан виконує функцію втулкового корпусу та одночасно є елементом, що взаємодіє з іншими частинами ріжучого механізму — валом, підшипниками, ущільненнями. Він також забезпечує герметичність у ділянці з'єднання та підтримує механічну стабільність обертової частини.

Деталь працює в умовах значного механічного навантаження, тертя, вібрації та періодичного контакту з харчовими продуктами, а також під впливом мийних засобів та зміни температур. Через це стакан повинен володіти високими механічними властивостями: стійкістю до зношування, корозійною стійкістю, стабільністю геометрії в умовах нагрівання, а також відповідати санітарно-гігієнічним вимогам до матеріалів, що використовуються в харчовій промисловості.

У системі модернізованого кутера ця деталь є конструктивно незамінною. Вона забезпечує не лише механічну підтримку, але й визначає точність роботи ножового вузла та загальну довговічність обладнання. Будь-яке відхилення від геометрії або неякісне виконання поверхонь може призвести до динамічного дисбалансу, підвищеного зношування інших частин або до втрати герметичності в місцях з'єднання. Саме тому технологічність виготовлення стакана має критичне значення для всього функціонування обладнання.

Аналіз технологічності конструкції

Конструкція стакана дозволяє здійснювати його виготовлення методами класичної токарної та свердлильної обробки. Основна форма деталі — це циліндр зі ступінчастими ділянками, отворами, фасками та посадками під підшипники. Більшість поверхонь мають стандартні допуски та шорсткість, що відповідає класу Н7, що є поширеним для посадочних з'єднань у вузлах, що працюють на обертання.

З конструктивної точки зору, стакан не має складних елементів, які потребували б спеціального оснащення або інструменту. Його геометрія дозволяє ефективно розміщувати деталь у стандартних токарних патронах та центрах. Окремі поверхні мають різні діаметри та довжини, однак вони легко піддаються обробці на універсальних токарних верстатах.

Важливо зазначити, що поверхня під підшипник повинна мати не лише відповідний допуск, але й необхідну чистоту, тому потребує остаточного припасування або шліфування. Отвір під шпонку виконується фрезеруванням або протягуванням, і повинен відповідати за розміром встановленому стандарту.

Для забезпечення зручності виготовлення та зменшення браку при складанні, усі фаски, радіуси переходів та з'єднань задані згідно з нормами ЄСКД. Також конструкція передбачає відсутність гострих кутів, що знижує ризик виникнення концентрації напружень.

Матеріал деталі — сталь 20Х13 (ГОСТ 5949-75), яка є корозійностійкою, жаростійкою і рекомендованою для роботи в умовах зношування при контакті з харчовими продуктами. Це дозволяє деталі тривалий час зберігати точність і форму без ризику корозійного пошкодження, навіть у разі частого миття лужними та дезінфікуючими розчинами.

Вибір способу виготовлення заготовки

Для виготовлення заготовки стакану можуть використовуватися два основні варіанти:

прокат круглого перерізу Ø125 мм згідно з ГОСТ 2590-88;

трубна заготівка Ø125×12 мм згідно з ГОСТ 8732-78.

У промислових умовах для виготовлення деталей з внутрішніми каналами та порожнистою формою доцільніше використовувати трубний прокат, оскільки це дозволяє суттєво скоротити об'єм механічної обробки, зменшити витрати металу та підвищити економічність виробництва. Використання труби зі зменшеною масою деталі дає змогу знизити навантаження на обертові вузли та зменшити інерційні навантаження під час запуску та зупинки кутера.

Після відрізання заготовки проводиться токарна обробка з двох базових установок, з подальшим розточуванням внутрішніх діаметрів, обробкою зовнішніх посадкових ділянок, фасок, отворів та підшліфуванням точних поверхонь. Для внутрішнього отвору також передбачено механічну обробку з контролем точності за 6–7 квалітетом. В окремих випадках можлива термічна обробка для підвищення зносостійкості (гартування або нормалізація).

Формування отвору під шпонку може здійснюватися методом протягування або фрезерування з контролем за ГОСТ 23360-78, з наступним очищенням від задирок. Усі оброблені поверхні мають бути очищені, продезінфіковані та підготовлені до встановлення в зборку.

Вибір обладнання та інструменту для обробки стакану

Для виготовлення деталі "стакан" застосовується універсальне та спеціалізоване металообробне обладнання, яке забезпечує необхідну точність, продуктивність і якість обробки. Основна частина операцій виконується на токарно-гвинторізних або токарно-револьверних верстатах моделі 1К62 або їхніх сучасних аналогах.

Початкова токарна обробка зовнішніх поверхонь і торців здійснюється з використанням твердосплавних різців для чорнового та чистового обточування (типу Т5К10, ВК8). Внутрішні циліндричні поверхні та розточування глухих отворів виконуються за допомогою розточувальних різців і розгорток з вуглецевої сталі Р6М5.

Формування отвору під шпонку проводиться на горизонтально-фрезерному верстаті моделі 6Р12 або за допомогою протяжки на протяжному верстаті. Для свердління отворів використовується вертикально-свердлильний верстат типу 2Н135, з наступним зенкуванням.

Фінішна шліфівка (при необхідності) точних посадкових ділянок під підшипники виконується на круглошліфувальних верстатах типу 3М151 або аналогічних. Для забезпечення контролю поверхонь застосовується шліфувальний круг середньої зернистості зі зв'язкою В2-01.

Усі вимірювальні операції виконуються за допомогою мікрометрів, нутромірів, індикаторних головок і калібрів-пробок, які забезпечують перевірку діаметрів, допусків та співвісності.

Контроль якості та допуски

Контроль якості виготовлення деталі "стакан" здійснюється на кожному етапі обробки відповідно до вимог конструкторської та технологічної документації. Основними критеріями є дотримання геометричних параметрів, точності посадкових місць, шорсткості поверхні, чистоти обробки, а також відсутність механічних пошкоджень, тріщин, задирок та інших дефектів.

Ключові контрольовані параметри включають:

зовнішні діаметри посадок (згідно з посадкою h6);

внутрішні отвори (посадка Н7, Н11);

довжини посадочних і різьбових ділянок;

точність виконання отвору під шпонку (згідно з ГОСТ 23360-78);

взаємне розташування поверхонь, співвісність отворів;

Розроблення технологічного процесу (ТП) виготовлення деталі

Номер операції, переходу	Назва операції, переходу	Технологічне обладнання, пристрої, інструмент оброблювальний, контрольний
10	Заготівельна Установити, закріпити, зняти	Плазмова різка з ЕБУ
10.1	Вирізати заготовку 1 з листа b=30мм діаметром d=125	Плазмова різка з ЕБУ
10.2	Вирізати отвір пов. 1 діаметром d=54мм	Плазмова різка з ЕБУ
20	Заготівельна Установити, закріпити, зняти	Відрізний верстат ФРЗ-200, лещата, упор
20.1	Вірізати заготовку 2 з трубного прокату ОІ25 (товщ. ст. 12мм) довжиною L= 190мм	Дискова відрізна фреза О200 Р6М5
30	Токарна (заготовка 1) Установити, закріпити, зняти	Токарно-гвинторізний верстат 16К20, 3- кулачковий патрон
30.1	Підрізати торець пов. 1. Зняти припуск z=3мм	Різець підрізний відігнутий правий $\phi = 120$; $y = 12$; $a = 8$; $r = 1$ мм; В х Н х L = 16 х 25 х 140мм, Т15К6, ШЦ-1
30.3	Точити пов. 2 О114 напівчисто на L=6мм	Різець упорний прохідний правий $\phi = 90$; $y = 12$; $a = 8$; $r = 1$ мм; розміри - В х Н х L = 16 х 25 х 140 мм, Т15К6, ШЦ-1
40	Токарна (заготовка 2) Установити, закріпити, зняти	Токарно-гвинторізний верстат 16К20, 3- кулачковий патрон
40.1	Підрізати торець пов. 1. Зняти припуск z=1,5мм	Різець підрізний відігнутий правий $\phi = 120$; $y = 12$; $a = 8$; $r = 1$ мм; розміри - В х Н х L = 16 х 25 х 140 мм, Т15К6, ШЦ-1

40.2	Точити пов.3 O114 на L=6мм начорно	Різець розточний для глухих отворів, 2141-0042 ГОСТ 18883-17, ШЦ-1
60	Токарна Установити, закріпити, зняти	Токарно-гвинторізний верстат 16К20, 3-кулачковий патрон
60.1	Підрізати торець пов. 1. Зняти припуск z= 1,5 мм	Різець підрізний відігнутий правий $\phi=120$; $y = 12$; $a = 8$; $r = 1$ мм; розміри - В x Н x L = 16 x 25 x 140 мм, Т15К6, ШЦ-1
60.2	Точити пов.2 O120h8 на L=160мм начорно	Різець упорний прохідний правий $\phi = 90$; $y = 12$; $a = 8$; $r = 1$ мм; розміри - В x Н x L = 16 x 25 x 140 мм, Т15К6, ШЦ-1
60.3	Точити пов.2 O120h8 на L=160мм начисто	Різець упорний прохідний правий $\phi = 90$; $y = 12$; $a = 8$; $r = 1$ мм; розміри - В x Н x L = 16 x 25 x 140 мм, Т15К6, ШЦ-1
60.4	Точити пов.3 O110H8 на L=50мм начорно	Різець розточний для глухих отворів, 2141-0042 ГОСТ 18883-17, ШЦ-1
60.5	Точити пов.3 O110H8 на L=50мм начисто	Різець розточний для глухих отворів, 2141-0042 ГОСТ 18883-17, ШЦ-1
60.6	Точити пов.4 O106 напівчисто	Різець розточний для глухих отворів , 2141-0042 ГОСТ 18883-17, ШЦ-1
60.7	Точити канавку b=6,5мм пов.5	Різець кнавочний для внутрішніх канавок 25x25x240 a=6,5 ШЦ-1
60.8	Нарізати різьбу пов. 6 Tr106x4-7H	Різець токарний різьбовий 2662- 0505 (P=4) ГОСТ 18876-73
60.9	Зняти фаску пов.7 1x45	Різець прохідний відігнутий правий $\phi = 45$; $y = 12$; $a = 8$; $r = 1$ мм; розміри - В x Н x L = 16 x 25 x 140 мм, Т15К6, ШЦ-1
70	Токарна Установити, закріпити, зняти	Токарно-гвинторізний верстат 16К20, 3-кулачковий патрон
70.1	Підрізати торець пов. 1. Витримати розмір L=205мм	Різець підрізний відігнутий правий $\phi = 120$; $y = 12$; $a = 8$; $r = 1$ мм; розміри - В x Н x L = 16 x 25 x

		140 мм, Т15К6, ШЦ-1
70.2	Точити пов.2 О120h8 на L=45мм начорно	Різець упорний прохідний правий $\phi = 90$; $y = 12$; $a = 8$; $r = 1$ мм; розміри - В x Н x L = 16 x 25 x 140 мм, Т15К6, ШЦ-1
70.3	Точити пов.2 О120h8 на L=45мм начисто	Різець упорний прохідний правий $\phi = 90$; $y = 12$; $a = 8$; $r = 1$ мм; розміри - В x Н x L = 16 x 25 x 140 мм, Т15К6, ШЦ-1
70.4	Точити пов.3 О104h9 на L=7мм начорно	Різець упорний прохідний правий $\phi = 90$; $y = 12$; $a = 8$; $r = 1$ мм; розміри - В x Н x L = 16 x 25 x 140 мм, Т15К6, ШЦ1
70.5	Точити пов.3 О104h9 на L=7мм начисто	Різець упорний прохідний правий $\phi = 90$; $y = 12$; $a = 8$; $r = 1$ мм; розміри - В x Н x L = 16 x 25 x 140 мм, Т15К6, ШЦ1
80	Свердлильна Установити, закріпити, зняти	Вертикально-свердлильний верстат 2Н125, кондуктор
80.1	Свердлилі отвір d=5мм пов.1	Свердло О5 Р6М5
80.2	Нарізати різьбу пов.2 М6Н7 (4 отв.)	Мітчик метричний 2621-1153 М6x1 Р6М5 ГОСТ 3266-81, Різьбовий калібр М6x1
90	Свердлильна Установити, закріпити, зняти	Вертикально-свердлильний верстат 2Н125, поворотний кондуктор
90.1	Свердлилі пов.1 О8,5 (4 отв.)	Свердло 2301-0028 08,5 Р6М5 ГОСТ 10903-77, ШЦ-1

Розрахунок токарної операції

Операція 20, токарна

Для токарної обробки приймаємо універсальний токарно-гвинторізний верстат 16К20.

Перехід 20.1 (підрізати торець пов. 1)

Для підрізання торця приймаємо підрізний відігнутий різець із пластиною з твердого сплаву Т15К6, з геометричними параметрами

ріжучої частини: $\varphi = 120^\circ$; $\gamma = 12^\circ$; $\alpha = 8^\circ$; $r = 1$ мм; розміри - В x Н x L = 16 x 25 x 140 мм.

Довжина обробки:

$$l_1 = D_{\text{заг}} / 2 = 125 / 2 = 62,5 \text{ мм}$$

Розрахункова довжина обробки:

$$L_{p1} = 62,5 + 1 + 1,5 = 65 \text{ мм}$$

Збільшення розрахункової величини подачі для вільного підходу інструмента до оброблюваної поверхні з робочою подачею $1a = 0,5 \dots 3$ мм.

Приймаємо $1a = 1,5$ мм, звідси:

Вибір режиму різання:

по обраній глибині різання $t = 3,5$ мм приймаємо подачу $s = 0,3$ мм/об. Визначення швидкості різання і частоти обертання шпинделя.

Розрахункова швидкість різання:

$$V_p = \frac{C_v}{Tm \cdot t^{xv} \cdot S^{yv}}$$

де $T = 60$ хв. - стійкість різця. Підставивши прийняті значення, одержимо:

$$V_p = \frac{393}{60^{0.2} \cdot 3.5^{0.15} \cdot 0.3^2} = 195 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

$$n_h = \frac{1000 \cdot V}{n \cdot D_{\text{заг}}}$$

$$n_h = \frac{1000 \cdot 195}{3,14 \cdot 125} = 1410 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

По паспортним даним підбираємо $n_d = 1250$ об/хв.

Перевірка здійснення обраного режиму по потужності верстата.

Ефективна потужність різання:

$$N_e = P_z \cdot V_d \cdot (60 \times 10^2) \text{ кВт}$$

Визначимо тангенціальну складову сили різання:

$$P_z = C_{pz} \cdot t^{xp2} \cdot S^{yp2} \cdot V^{n2} \cdot K_p, \text{ Н}$$

$$P_z = 300 \cdot 3.5 \cdot 0.3^{0.75} \cdot 195 \cdot 0.89 = 239 \text{ кН}$$

$$N_e = 239 \cdot 179 / (60 \cdot 102) = 7 \text{ кВт}$$

Якщо потужність верстата $N_{\text{ДВ}} = 11 \text{ кВт}$, а К.П.Д. може бути прийнятий 0,8, то:

$$N_{\text{шт}} = 11 \cdot 0,8 = 8,8 \text{ кВт}$$

Отже $N_{\text{шт}} > N_e$ тому верстат 16К20 по потужності задовольняє обраному режиму різання.

Основний час виконання переходу:

$$t_{01} = \frac{L_p}{n_o \cdot S} = \frac{65}{1250 \cdot 0.3} = 0.173 \text{ хв.}$$

Допоміжний час для переходу складається зі складових:

1. Комплексний час - 0,32 хв; (табл. 26, [1])
2. Час на установку частоти і подачі - 0,08 хв;
3. Час на поворот резцетримача - 0,05 хв;
4. Час на включення поперечної подачі - 0,08 хв;
5. Час на контрольні виміри - 0,08

хв.

Усього ідопл = 0,61 хв.

Допоміжний час для установки заготовки $t_{\text{доп.уст.}} = 0,25 \text{ хв}$

Перехід 20.2 (Точити пов.2 0104h9 на L=7мм начорно)

Вибір різального інструмента.

Для чорнової обробки заготовки приймаємо токарний упорний прохідний різець із пластиною з твердого сплаву Т15К6, з геометричними параметрами ріжучої частини: $\varphi = 90^\circ$; $\gamma = 12^\circ$; $\alpha = 8^\circ$; $r = 1 \text{ мм}$; розміри - В х Н х L = 16 х 25 х 140 мм.

Розрахункова довжина обробки:

$$L_{p2} = 7 + 1 + 1,5 = 9,5 \text{ мм. Визначення$$

глибини різання і подачі.

Діаметр поверхні 2 заготовки після чорнової обробки, буде:

де z чистове - припуск на діаметр при чистовому обточуванні,

$$d_{\text{заг}} = d_{\text{дет}} + 2z_{\text{чист}}$$

$$d_{\text{заг}} = 104 + 1,2 = 105,2 \text{ мм}$$

Знімаємо припуск $z_{\text{черн}} = 3$ мм за один прохід, тоді при глибині різання $t = 3$, $s = 0,3$ мм/об.

Визначення швидкості різання і частоти обертання шпинделя.

Оскільки перехід 2 короткочасний, то для того, щоб не робити зайвих переключень верстата, будемо виконувати його при тій же подачі, швидкості різання і частоті обертання заготовки, що і перехід 20.1. Отже, приймаємо $s = 0,3$ мм/об, $V_d = 179$ м/хв, $n_d = 1250$ об/хв.

Основний час

$$t_{02} = \frac{L_p}{n_g \cdot s} = \frac{9,5}{1250 \cdot 0,3} = 0,06 \text{ хв}$$

Допоміжний час для переходу 20.2 складається зі складових:

1. Час пов'язаний з переходом - 0,36 хв;
2. Час на поворот різцетримача - 0,05 хв;
3. Час на включення / вимикання подачі - 0,08 хв;
4. Час на контрольні виміри - 0,12 хв.

УСЬОГО і.доп.2 ~ 0,61 хв.

Перехід 20.3 (Точити поє.2 0104h9 на L=7мм начисто)

Чистове обточування у всіх переходах ведемо тим же токарним упорним прохідним різцем із пластиною з твердого сплаву Т15К6.

Розрахункова довжина буде такою ж, як і в переході 20.2 $L_{p3} = 9,5$ мм, t , s , n_d приймемо такими ж, як і в попередньому переході.

$$V_g = \frac{3,14 \cdot 105,2 \cdot 1250}{1000} = 138 \text{ м} \setminus \text{хв}$$

Основний час: $t_{03} = 9,5 \setminus 1250 \cdot 0,3 = 0,03$ хв.

Допоміжний час буде як і в попередньому випадку дорівнювати сумі складових за винятком

$$t_{\text{вс.з}} = 0,61 - t_2 = 0,61 - 0,05 = 0,56 \text{ хв.}$$

Перехід 20.4 (Свердлити отвір пов. 3 050)

В якості різального інструменту приймаємо Свердло 2301-0166 050 ГОСТ 10903-77 з матеріалу Р6М5

Визначення довжини обробки: $L_{p4} = L + l_1 + l_2 + l_a$

$l_1 + l_2$ - величина пробігу і врізання інструмента - 25,5мм, l_a - шлях руху свердла з робочою подачею до початку різання; $l_a = 1,5$ мм.

$$L_{p4} = 22 + 25,5 + 1,5 = 49 \text{ мм.}$$

$$\text{Глибина різання: } t = d_{\text{св}} / 2 = 50/2 = 25 \text{ мм.}$$

Приймаємо подачу $s = 0,15$ мм/об.

Швидкість різання:

$$V = \frac{C_v \cdot d_{\text{св}}^{0.4}}{T^{0.2} \cdot s^{0.7}}$$

Стійкість свердла приймаємо $T = 15$ хв, (табл. 46, [1]) тоді

$$V = \frac{8 \cdot 50^{0.4}}{15^{0.2} \cdot 0,15^{0.7}} = 55,8 \text{ м \ xв}$$

Частота обертання шпинделя верстата

$$n_p = \frac{1000 \cdot V}{n \cdot d_{\text{св}}}$$

$$n_p = \frac{1000 \cdot 55,8}{3,14 \cdot 18} \approx 1000 \text{ об \ xв}$$

По паспортним даним підбираємо $n_d = 1250$ об/хв.

Основний час:

$$t_{04} = 49 / 1250 \cdot 0,15 = 0,19 \text{ хв}$$

Допоміжний час:

На установку (і зняття) свердла - 0,2 хв.

Час, пов'язаний з переходом - 0,13 хв.

Час на вихід свердла і знищення стружки та наступне введення його в отвір - 0,06 хв.

Допоміжний час $t_{\text{доп.4}} = 0,39$ хв.

Перехід 20.5 (Розточити отвір пов. 4 054 напівчисто)

За різальний інструмент приймаємо розточувальний різець 2141-0042 ГОСТ 18883-17 Н x В x L = 16 x 12 x 170 мм.

Визначимо довжину обробки

$$L_5 = L_{5.1} + L_1 + L_2$$

$L_1 + L_2$ - величина пробігу і врізання інструмента;

$$L_1 + L_2 = 2,7$$

$$L_5 = 22 + 2,7 = 24,7 \text{ мм.}$$

Глибина різання $1,8/2 = 0,9$ мм.

Приймаємо подачу $s = 0,3$ мм/об.

Кількість обертів $n_d = 1250$ об/хв при $V_d = 179$ м/хв.

Основний час виконання переходу

$$t_{0,5} = 24,7 / 1250 \cdot 0,3 = 0,19 \text{ хв.}$$

Допоміжний час як і в переходах 2, 3 приймається
 $t_{\text{доп.5}} = 0,61$ хв. Сумарний основний і допоміжний час на виконання операції 010

$$T_{01} = t_{01} + t_{02} + \dots + t_{05} - \text{оперативний час, хв.}$$

$$T_{01} = 0,173 + 0,06 + 0,03 + 0,19 + 0,19 = 0,643 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{шт.}} = T_{\text{оп}} + T_{\text{пп}} = 0,643 + 0,10 = 0,743 \text{ хв.}$$

де $T_{\text{пп}}$ - час на природні потреби; $T_{\text{пп}} = 0,10$ хв.

Калькуляційний час, хв.

$$T_{\text{кальк.}} = T_{\text{шт.}} + t_{\text{нз.}} = 0,743 + 0,22 = 0,963 \text{ хв.}$$

$$t_{\text{нз.}} = 0,22 \text{ хв}$$

Норма виробітку за 1 годину становить:

$$N = \frac{60}{T_k} = \frac{60}{0,963} \approx 62 \text{ деталей}$$

8. Правила монтажу, експлуатації та ремонту обладнання

Правильний монтаж, експлуатація та своєчасне технічне обслуговування вакуумного кутера ВК-125 є ключовими факторами для забезпечення його довговічної та надійної роботи. Дотримання встановлених норм та правил сприяє стабільній роботі обладнання, зменшує ризик поломок та підвищує безпеку експлуатації.

Монтаж вакуумного кутера ВК-125

Монтаж вакуумного кутера ВК-125 повинен виконуватися з урахуванням технологічних вимог та правил безпеки. Основними етапами є:

Підготовка фундаменту та приміщення

Установку кутера необхідно здійснювати на рівній та жорсткій поверхні. Рекомендується використовувати спеціальний фундамент із віброізоляційними подушками для зменшення вібрацій під час роботи. Місце монтажу повинно бути забезпечене зручним доступом для обслуговування та санітарної обробки.

Встановлення каркасу на фундаментні болти

Каркас кутера кріпиться до основи за допомогою анкерних болтів. Необхідно забезпечити надійну фіксацію, щоб уникнути зміщень під час роботи. Після закріплення слід перевірити рівність установки за допомогою будівельного рівня.

Підключення заземлення

Згідно з вимогами безпеки, вакуумний кутер ВК-125 повинен бути надійно заземлений. Для цього використовується гнучкий мідний дріт перетином не менше 4 мм², що відповідає стандартам. Заземлення підключається до спеціальних затискачів на корпусі обладнання та блоці управління.

Підключення до електромережі

Вхідний кабель підключають до джерела живлення з відповідною напругою. Рекомендується використовувати трифазну мережу з напругою 380 В і частотою 50 Гц.

Перевірка напрямку обертання валу

Після підключення необхідно провести тестовий запуск для перевірки напрямку обертання валу ножової головки. Якщо напрямок обертання не відповідає встановленому, слід відкоригувати підключення фаз.

Пусконаладжувальні роботи

Після завершення монтажу кутер проходить пусконаладжувальні випробування відповідно до інструкцій заводу-виробника. Це включає тестування усіх робочих режимів, вакуумної системи, роботи ножів та системи управління.

Експлуатація вакуумного кутера ВК-125

Перед початком роботи з кутером необхідно провести такі підготовчі операції:

Вибір та встановлення ножової головки

Вибирають відповідну ножову головку залежно від типу оброблюваної сировини. Під час встановлення слід переконатися, що між нижнім ножом та дном чаші залишається невеликий зазор, і лезо не торкається стінок. У разі торкання необхідно відрегулювати висоту ножа.

Завантаження сировини

У чашу завантажуються м'ясна сировина відповідно до технологічних вимог. Ножова головка має бути злегка покрита продуктом для запобігання пошкодження лез.

Запуск обладнання

Після закриття кришки чаші вмикається привід. За необхідності використовується кнопка пульсаційного режиму для інтенсивного перемішування.

Вивантаження продукту

Після завершення кутерування обладнання вимикають, від'єднують захисні защіпки та обережно знімають кришку, повертаючи її у напрямку, вказаному стрілкою. Готовий фарш вивантажують у спеціальний контейнер або на транспортер.

Санітарна обробка

Перед початком санітарної обробки кутер повністю відключається від електромережі. Для очищення використовують нев'язке мийне засіб та губку. Процес миття проводиться у такій послідовності:

Первинна мийка – у чашу заливають 15–20 л теплої води (40–50°C), закривають кришку та вмикають привід на 3–5 хвилин.

Злив води та знежирення – після промивання воду зливають, а чашу обробляють 10–12 л лужного розчину для видалення жирових відкладень.

Промивка гарячою водою – здійснюється за температури 60–80°C для повного видалення залишків мийних засобів.

Дезінфекція – використовується спеціальний дезінфектант, після чого проводиться остаточне ополіскування для видалення хімічних залишків.

Технічне обслуговування та ремонт

Періодичне технічне обслуговування включає:

Перевірку заточення ножів – при зниженні якості подрібнення рекомендується проводити заточку або заміну ріжучих елементів.

Огляд вузлів та з'єднань – регулярна перевірка стану валу, шківів, підшипників та ущільнень.

Заміна мастильних матеріалів – проводиться згідно з регламентом, вказаним виробником.

Тестування вакуумної системи – контроль герметичності з'єднань та стану ущільнювачів.

Електрична діагностика – перевірка стану проводки та заземлення.

У разі виявлення несправностей здійснюється ремонт відповідно до технологічної карти. Всі роботи мають виконуватися тільки кваліфікованим персоналом з дотриманням норм безпеки.

Таким чином, дотримання правил монтажу, експлуатації, санітарної обробки та своєчасного ремонту вакуумного кутера ВК-125 забезпечує його ефективну та безперебійну роботу, підвищує якість готової продукції та продовжує термін служби обладнання.

9. Система управління

Система управління вакуумним кутером ВК-125 забезпечує повний контроль за технологічними процесами, гарантує безпечну експлуатацію та оптимізацію виробничих параметрів. Основною метою автоматизації є підвищення ефективності роботи, безпечність експлуатації та мінімізація людського втручання у процеси.

Структура системи управління

Система управління вакуумним кутером ВК-125 реалізована на базі програмованих реле ОВЕН ПР110 з використанням безконтактних індуктивних датчиків ОВЕН ВБ2.12М. Живлення (24 В) для програмованого реле та датчиків постачається блоком живлення ОВЕН БП60Б-Д4-24.

Основні елементи управління включають:

Програмоване реле ОВЕН ПР110 – відповідає за логіку керування механізмами, виключаючи потребу в релейних блокуваннях, що значно спрощує електричну схему та підвищує надійність.

Безконтактні індуктивні датчики ВБ2.12М – використовуються для контролю положення механічних елементів, таких як кришка, завантажувач, вивантажувач.

Вимірювач-регулятор ОВЕН 2ТРМ1 – контролює температуру продукту в чаші (канал 1) та швидкість обертання ножового валу (канал 2).

Опис роботи схеми управління

На основі наданої схеми, процес управління кутером включає такі етапи:

Блокування при відкритій ножовій кришці

Вмикання будь-яких механізмів кутера неможливе при відкритій ножовій кришці. Це реалізовано за допомогою індуктивних датчиків ВБ2.12М, які відстежують стан кришки. Єдиний механізм, що може працювати у цей момент — це сам привід кришки для її закриття.

Автоматичне вмикання та вимикання вивантажувача

Під час введення або виведення вивантажувача з чаші, його обертання вмикається або вимикається автоматично. Це забезпечується за допомогою програмованого реле ПР110, яке контролює стан механізму за сигналами від датчиків.

Захист від помилок при відкритій кришці

Система блокує можливість одночасного відкриття ножової кришки при повністю відкритій основній кришці. Такий механізм виключає ризик травмування оператора та запобігає виходу з ладу обладнання.

Індикація температури та швидкості обертання ножового валу

Регулятор ОВЕН 2ТРМ1 здійснює постійний контроль температури у чаші за допомогою термодатчика ТСМ-50М (перший канал) і швидкості обертання ножового валу (другий канал). Вимірювальний сигнал надходить із частотно-регульованого приводу двигуна, де напруга прямо пропорційна швидкості обертання (0–10 В). Для узгодження сигналу використовується зовнішній дільник напруги 1:10.

Релейне блокування обертання чаші без ножового валу

Система не дозволяє вмикати обертання чаші без активного обертання ножового валу, що захищає обладнання від поломок. Цей контроль здійснюється через другий канал 2ТРМ1, який відстежує обертання валу.

Переваги автоматизованої системи

Застосування ПР110 замість класичних релейних схем дозволяє:

- зменшити кількість електричних з'єднань, підвищуючи надійність системи;
- виключити затримки на вмикання/вимикання реле, що раніше реалізовувалося механічними схемами;
- забезпечити компактність шафи управління;
- знизити ризики аварійних ситуацій за рахунок швидкого реагування на зміни в положенні механізмів;

- підвищити рівень безпеки за рахунок блокувань.

Можливості модернізації

Для підвищення ефективності системи управління можна додатково:

- впровадити систему моніторингу на основі ПЛК (програмованих логічних контролерів), що дозволить здійснювати віддалений контроль параметрів роботи кутера.
- додати сенсорну панель управління з індикацією стану всіх механізмів, що спростить контроль і управління процесом для оператора.
- інтегрувати систему управління в загальний scada-контур виробництва для централізованого контролю всіх етапів обробки.
- встановити датчики з rfid-маркуванням для відстеження стану витратних матеріалів (ножів, ущільнень тощо) для своєчасної заміни.

Таким чином, система управління вакуумним кутером ВК-125 відповідає сучасним стандартам безпеки, забезпечує автоматизоване регулювання основних технологічних параметрів та гарантує стабільність роботи обладнання в умовах інтенсивного виробництва.

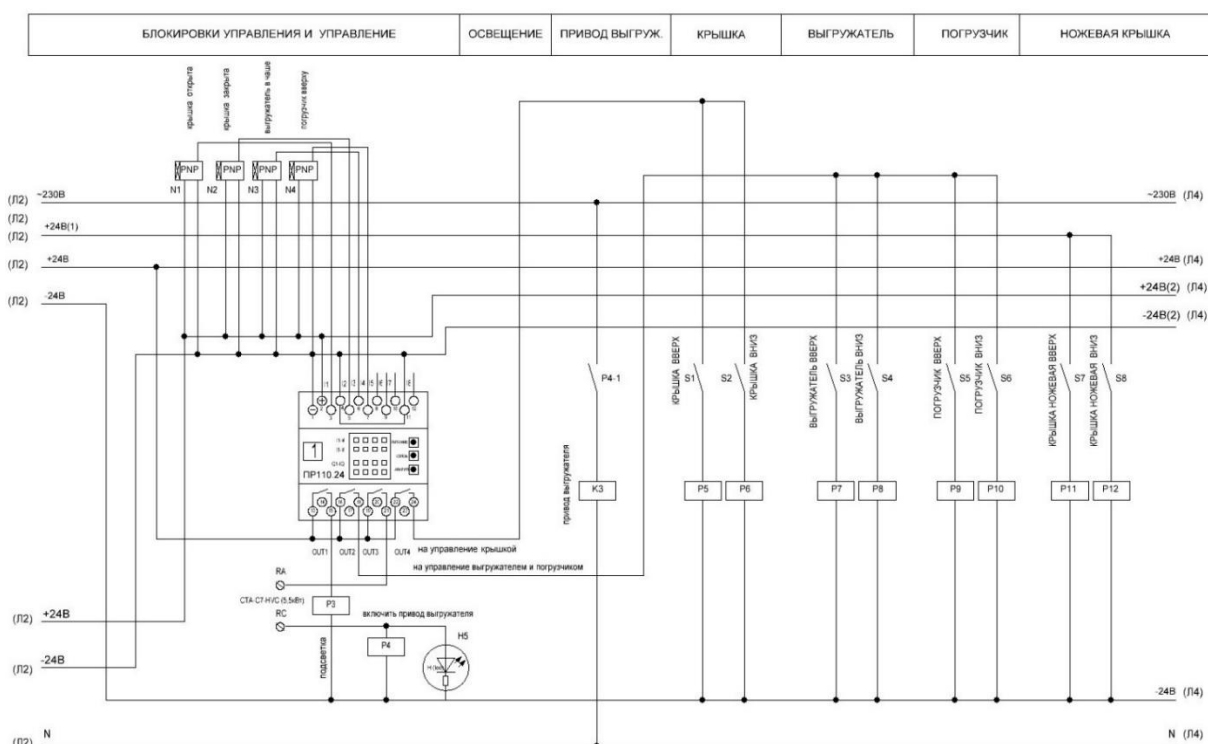


Рис. 9.1. Функціональна схема управління кутером

Опис компонентів системи управління вакуумного кутера ВК-125

Система управління вакуумним кутером ВК-125 включає декілька основних компонентів, кожен з яких виконує важливу функцію в забезпеченні безперебійної та безпечної роботи обладнання. Розглянемо кожен компонент окремо.

Програмоване реле ОВЕН ПР110

ПР110 є основним елементом системи управління. Це багатофункціональний контролер, який забезпечує автоматизацію процесів та виконання логічних операцій без використання класичних релейних схем.

Функції ПР110:

Контроль та керування положенням кришки кутера, завантажувача та вивантажувача.

Автоматичне блокування запуску при неправильному положенні кришки або вивантажувача.

Вмикання та вимикання приводів ножового валу та чаші.

Обробка сигналів з індуктивних датчиків для моніторингу стану компонентів.

Відображення основних параметрів роботи на дисплеї.

Особливості ПР110:

Програмований інтерфейс для налаштування логіки роботи.

Можливість роботи в режимі релейного управління без використання фізичних реле.

Зменшення кількості з'єднувальних проводів завдяки інтеграції функцій логіки в одному блоці.

Безконтактні індуктивні датчики ОВЕН ВБ2.12М

Датчики ВБ2.12М забезпечують безконтактний контроль положення рухомих частин кутера. Вони працюють на основі зміни магнітного поля та виявляють наявність металевих частин у зоні дії.

Основні функції:

- контроль положення кришки (відкрита/закрита).
- визначення стану завантажувача та вивантажувача (висунутий/засунутий).
- захист від помилкового запуску при відкритих елементах.

Переваги:

- відсутність зношуваних частин.
- швидке реагування на зміну положення.
- надійна робота в умовах підвищеної вологості та температури.

Вимірювач-регулятор ОВЕН 2ТРМ1

2ТРМ1 є універсальним вимірювачем-регулятором, який забезпечує контроль температури продукту та швидкості обертання ножового валу.

Параметри вимірювання:

Перший канал (ТСМ-50М) – вимірювання температури в чаші.

Другий канал (0–1 В) – контроль швидкості обертання ножового валу.

Функціональні можливості:

- перемикання індикації між температурою та швидкістю для зручності оператора.
- автоматичне включення аварійного сигналу при перевищенні допустимих значень.
- подача сигналу на пр110 для блокування обертання чаші при відсутності обертання ножового валу.

Переваги:

- точність вимірювання та можливість одночасного моніторингу двох параметрів.
- надійність при зміні температурних режимів.
- сумісність із частотно-регульованим приводом через дільник напруги 1:10.

Блок живлення ОВЕН БП60Б-Д4-24

Блок живлення забезпечує стабільне живлення системи управління на рівні 24 В постійного струму. Це дозволяє безперебійно працювати програмованим реле та індуктивним датчикам.

Характеристики:

Вихідна напруга: 24 В

Захист від короткого замикання та перевантаження

Стабілізація вихідного струму

Переваги:

- підвищена надійність завдяки системі автоматичного вимкнення при короткому замиканні.
- компактність та легкість у монтажі.

Принцип роботи системи

Пуск та підготовка до роботи:

1. Оператор вибирає потрібний режим на панелі управління.
2. Система перевіряє положення всіх рухомих елементів (кришка, ножовий вал, вивантажувач) за допомогою індуктивних датчиків.
3. При невідповідності положення будь-якого елемента система блокує запуск.

Кутерування:

1. Після перевірки правильності установки запускається обертання ножового валу.
2. Регулятор 2ТРМ1 контролює швидкість та температуру, подаючи сигнал на програмоване реле при відхиленні від норми.
3. Якщо ножовий вал не обертається, ПР110 блокує обертання чаші для уникнення поломки.

Зупинка та розвантаження:

1. Після завершення процесу кутерування система зупиняє ножовий вал.

2. Активується механізм вивантаження з автоматичним керуванням за допомогою ПР110.
3. При повністю відкритій основній кришці ножова кришка блокується для уникнення травм.

Переваги системи управління на базі ПР110

Зменшення витрат на обслуговування: менша кількість релейних схем знижує ризик поломок.

Підвищення безпеки: автоматичне блокування при невідповідності положення.

Економія енергії: частотно-регульований привід забезпечує оптимальне споживання електроенергії.

Легка адаптація: можливість програмування нових логічних сценаріїв без заміни обладнання.

Таким чином, автоматизована система управління вакуумним кутером ВК-125 на базі ПР110 забезпечує надійність, ефективність та безпеку технологічного процесу. Завдяки інтеграції сучасних компонентів забезпечується швидкий контроль параметрів та гнучке налаштування під виробничі потреби.

10. Охорона праці

Організація безпечних умов праці під час експлуатації вакуумного кутера ВК-125 є важливою складовою виробничого процесу. Дотримання правил охорони праці забезпечує не лише захист здоров'я та життя працівників, але й підвищує ефективність роботи обладнання, знижує ризик виходу з ладу його елементів, а також запобігає виникненню аварійних ситуацій.

Загальні вимоги безпеки

До роботи на вакуумному кутері ВК-125 допускаються лише особи, які досягли 18-річного віку, пройшли спеціальне навчання, отримали інструктаж з техніки безпеки та ознайомлені з правилами експлуатації обладнання. Працівники повинні знати конструкцію кутера, основні принципи його роботи, а також порядок безпечної експлуатації. Перед допуском до роботи вони обов'язково проходять медичний огляд, який підтверджує їхню здатність виконувати виробничі завдання без загрози для здоров'я.

Під час роботи категорично забороняється перебувати у стані алкогольного або наркотичного сп'яніння. Особи, які порушують ці вимоги, негайно усуваються від роботи, а також несуть відповідальність згідно з чинним законодавством. Працівники зобов'язані дотримуватися правил внутрішнього розпорядку, не палити та не вживати їжу на робочому місці, для цього мають бути відведені спеціальні зони відпочинку.

Вакуумний кутер ВК-125 призначений для подрібнення м'ясної, рибної, овочевої сировини, а також продуктів птахівництва, сиру, фруктів та інших харчових компонентів. Забороняється використовувати кутер для подрібнення токсичних, вибухонебезпечних або шкідливих для здоров'я речовин, оскільки це не лише порушує технологічний процес, а й становить загрозу для життя працівників. У разі внесення змін до технологічного

процесу або модернізації обладнання, виробник зобов'язаний провести аналіз нових ризиків і внести відповідні корективи до інструкції з охорони праці.

Шкідливі та небезпечні фактори під час роботи з кутером

Під час експлуатації вакуумного кутера ВК-125 оператори можуть наражатися на дію ряду небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Одним із найбільших ризиків є можливість отримання механічних травм. Ножовий вал кутера обертається на високій швидкості, що підвищує ризик порізів та серйозних пошкоджень у разі випадкового потрапляння рук у робочу зону. Особливо небезпечним є втручання у процес подрібнення під час роботи обладнання, наприклад, спроби очистити чашу або поправити сировину без повної зупинки механізмів.

Додатково існує ризик електричного ураження, оскільки кутер працює під високою напругою. Всі елементи електрообладнання мають бути надійно ізольованими, а обладнання — заземлене. Потрапляння вологи на електричні елементи під час миття або обслуговування може призвести до короткого замикання або ураження струмом.

Травмування може також відбутися під час обслуговування або заміни ножів. Ріжучі елементи мають високу гостроту, тому під час їх очищення або встановлення необхідно використовувати захисні рукавички, а також дотримуватися обережності. Заміну ножів слід виконувати комплектом, оскільки порушення балансу через різну вагу елементів може спричинити пошкодження ножового валу або навіть аварійний вихід з ладу обладнання.

Під час роботи з гарячими рідинами (наприклад, під час миття обладнання гарячою водою або парою) оператори можуть отримати опіки. Для запобігання цьому необхідно використовувати захисні рукавиці та спеціальний одяг, а також бути обережними під час зливу води з чаші.

Вимоги безпеки перед початком роботи

Перед запуском вакуумного кутера необхідно виконати низку підготовчих заходів. Перш за все, слід перевірити чистоту та порядок на

робочому місці. Підлога повинна бути сухою та неслизькою, а всі проходи — вільними від зайвих предметів. Робоча зона має бути достатньо освітленою, щоб оператор міг чітко бачити всі елементи обладнання.

Після цього оператор повинен підготувати свій спецодяг. Одяг повинен бути повністю застебнутим, рукави — закріпленими, волосся — зібраним під головний убір. Забороняється носити прикраси, годинники або інші аксесуари, які можуть потрапити у механізми під час роботи.

Далі необхідно провести візуальний огляд кутера. Слід переконатися у відсутності механічних пошкоджень корпусу, чаші, ножового валу. Особливу увагу необхідно приділити електричним з'єднанням — вони мають бути ізольованими, без видимих ушкоджень. Важливо також перевірити заземлення обладнання, оскільки це є основним захистом від ураження струмом.

Перед завантаженням сировини у чашу слід провести тестовий запуск на холостому ході. Це дозволяє переконатися у справності механізмів, правильному напрямку обертання ножового валу та відсутності зайвих вібрацій або сторонніх шумів.

Вимоги безпеки під час роботи

Під час експлуатації вакуумного кутера ВК-125 необхідно суворо дотримуватися правил техніки безпеки, щоб запобігти травмам і аварійним ситуаціям. Перш за все, оператор повинен забезпечити рівномірне завантаження сировини в чашу. Надмірне завантаження може призвести до перевантаження ножового валу та порушення роботи механізмів. При завантаженні слід дотримуватися визначених норм, зазначених у технічній документації. Сировина має бути підготовлена заздалегідь, очищена від сторонніх предметів та жорстких частин, які можуть пошкодити ножі.

Під час роботи кутера забороняється відкривати захисну кришку, оскільки це створює пряму загрозу для оператора. Ножі обертаються на високій швидкості, і будь-яке втручання під час обертання може призвести

до серйозних травм. Система управління кутером обладнана спеціальними блокуваннями, які унеможливають випадкове відкриття кришки під час роботи, проте оператор зобов'язаний додатково контролювати цей процес.

Не дозволяється втручатися у роботу механізмів без повного зупинення обладнання. У разі потреби в очищенні чаші або заміні ножів, кутер необхідно вимкнути з мережі, зафіксувати головний вимикач у вимкненому положенні та заблокувати доступ до пускових механізмів. Така процедура запобігає випадковому запуску під час виконання технічного обслуговування.

Під час роботи кутера оператор повинен постійно контролювати його технічний стан. Виявлення сторонніх шумів, підвищених вібрацій або нерівномірного обертання ножів є підставою для негайної зупинки машини та проведення технічного огляду. Несправності слід усувати лише після повного знеструмлення обладнання.

Робоче місце оператора має бути чистим і безпечним. Не допускається скупчення жиру або залишків продуктів на підлозі, оскільки це підвищує ризик падіння та травмування. Під час роботи біля кутера слід уникати розмов з іншими працівниками, щоб не відволікатися від контролю за технологічним процесом.

Вимоги безпеки під час обслуговування та ремонту

Обслуговування та ремонт вакуумного кутера ВК-125 є важливими етапами, які потребують підвищеної уваги до дотримання вимог безпеки. Перед початком будь-яких ремонтних або профілактичних робіт необхідно повністю знеструмити обладнання. Це здійснюється через головний вимикач, який додатково фіксується у вимкненому положенні для запобігання випадковому вмиканню під час обслуговування.

Перш ніж розпочати технічне обслуговування, оператор повинен переконатися, що ножовий вал повністю зупинений, а всі механічні елементи — у статичному положенні. Тільки після цього можна приступати до огляду

та очищення ріжучих елементів. Під час чищення ножів слід використовувати захисні рукавички, щоб уникнути порізів. Заміна ножів повинна виконуватися лише комплектом, оскільки встановлення одного елемента з іншою масою або формою порушує балансування, що може призвести до поломки валу або навіть аварійної ситуації.

Особливу увагу необхідно приділити електричним компонентам. Під час миття кутера важливо уникати потрапляння води на електрообладнання, пульт управління слід захищати спеціальними кожухами або кришками. Перевірка заземлення та цілісності ізоляції проводів має проводитися регулярно, особливо після проведення санітарної обробки обладнання.

Після завершення обслуговування або ремонту обов'язково проводиться тестовий запуск на холостому ходу. Це дозволяє переконатися у правильній роботі всіх механізмів, відсутності зайвих вібрацій та справності ріжучих елементів. Якщо під час пробного запуску виявляються сторонні звуки або нестабільна робота, обладнання необхідно негайно зупинити для повторного огляду.

Дії в аварійних ситуаціях

Під час роботи з вакуумним кутером ВК-125 можуть виникати аварійні ситуації, які потребують оперативного реагування. Найпоширенішими є коротке замикання в електромережі, механічне пошкодження ножів або поломка привідних механізмів.

У разі виявлення електричної напруги на корпусі кутера необхідно негайно вимкнути живлення обладнання та повідомити відповідальну особу. Самостійне усунення несправностей, пов'язаних з електрикою, заборонено, оскільки це становить небезпеку для життя. Усі електричні роботи повинні виконуватися лише кваліфікованим електриком із відповідною підготовкою.

Якщо під час роботи кутера виникла пожежа, необхідно негайно вимкнути подачу електроенергії, скористатися вогнегасником та викликати

пожежну службу. Важливо діяти швидко, щоб запобігти розповсюдженню вогню на інше обладнання та продукцію.

11. Охорона довкілля

Виробничі процеси на м'ясопереробних підприємствах, зокрема під час експлуатації вакуумного кутера ВК-125, мають безпосередній вплив на навколишнє середовище. До основних екологічних аспектів належать утворення відходів, викиди в атмосферу, споживання водних ресурсів та енергетичних ресурсів, а також санітарний стан виробничих приміщень і прилеглих територій.

Вплив виробництва на навколишнє середовище

М'ясопереробні підприємства під час своєї діяльності утворюють різні види відходів. До них належать як тверді, так і рідкі відходи, що виникають у процесі обробки м'ясної сировини. Основними джерелами забруднення є залишки тваринного походження (кістки, шкіра, жир, кров), технологічні стічні води, залишки м'ясної продукції та упаковка. Ці відходи мають підвищену біологічну активність і в разі неправильного поводження можуть стати джерелом патогенних мікроорганізмів, забруднити ґрунт і водні ресурси, а також призвести до неприємного запаху в навколишньому середовищі.

Крім того, під час роботи обладнання, зокрема вакуумного кутера, відбувається споживання електроенергії та води. Надмірне використання ресурсів підвищує навантаження на енергетичну інфраструктуру та водопостачання, що впливає на екологічний баланс регіону. Під час миття кутера застосовуються мийні та дезінфекційні засоби, які в разі неправильної утилізації можуть потрапляти у стічні води, забруднюючи водоймища та ґрунти.

Відходи м'ясопереробних підприємств

Під час обробки м'ясної сировини утворюється велика кількість відходів, які можна умовно поділити на три основні категорії: тверді, рідкі та газоподібні.

Тверді відходи включають:

- залишки кісток, шкіри, рогів і копит, що не використовуються у виробництві;
- м'язову тканину, сухожилля та інші частини, непридатні для вживання в їжу;
- залишки після обвалювання м'яса, обрізки та інші фрагменти сировини.

Ці відходи можуть бути використані як вторинна сировина для виготовлення кормів для тварин, клейових продуктів або жиру. Проте в разі відсутності належної обробки вони швидко розкладаються, спричиняючи виділення неприємного запаху та поширення патогенних мікроорганізмів.

Рідкі відходи утворюються в процесі миття обладнання, підготовки сировини та обробки м'яса. До них належать технологічні стічні води, що містять залишки крові, жиру, білків та мийних засобів. Ці води є джерелом підвищеного біологічного забруднення і потребують спеціальної обробки перед скиданням у каналізаційну систему. Найбільш ефективним методом очищення стічних вод є використання локальних очисних споруд, де здійснюється фільтрація, біологічне очищення та знезараження.

Газоподібні відходи утворюються під час роботи обладнання, зокрема в результаті роботи теплових установок або під час термічної обробки м'ясної продукції. Це можуть бути викиди вуглекислого газу (CO₂), оксидів азоту (NO_x) та сірки (SO₂), що викидаються в атмосферу. Їхній надлишок може призвести до забруднення повітря та негативного впливу на здоров'я людей.

Методи зменшення впливу на довкілля

Для мінімізації негативного впливу виробничої діяльності м'ясопереробних підприємств на навколишнє середовище необхідно впроваджувати сучасні технології очищення, утилізації та повторного використання відходів.

Очищення стічних вод є обов'язковим етапом виробничого процесу. На сучасних підприємствах використовують багатоступеневі системи фільтрації та біологічного очищення. Після очищення вода може повторно використовуватися у технологічному процесі або скидатися у водойми без ризику забруднення.

Використання біогазових установок дозволяє переробляти органічні відходи м'ясопереробки (кров, жир, залишки м'яса) на біогаз. Це не тільки знижує обсяг відходів, але й забезпечує підприємство додатковим джерелом енергії, яке можна використовувати для обігріву виробничих приміщень або технологічних потреб.

Компостування та утилізація органічних відходів також є дієвим способом зменшення їхнього обсягу. Правильно організоване компостування дозволяє отримати якісне органічне добриво, яке може використовуватися в сільському господарстві.

Мінімізація викидів в атмосферу досягається шляхом впровадження сучасних фільтруючих систем, використання енергоощадних технологій і дотримання екологічних стандартів під час експлуатації обладнання.

Заходи з охорони довкілля на підприємстві

Для забезпечення екологічної безпеки м'ясопереробне підприємство повинно впроваджувати комплекс заходів, спрямованих на зниження негативного впливу на навколишнє середовище. До таких заходів належать:

- регулярний моніторинг якості стічних вод та викидів в атмосферу;
- використання енергоощадних технологій у виробничих процесах;
- впровадження систем сортування та утилізації відходів;

- проведення санітарної обробки обладнання без використання шкідливих хімічних засобів;
- оптимізація водоспоживання та енергоспоживання шляхом використання рециркуляції.

Таким чином, охорона довкілля під час експлуатації вакуумного кутера ВК-125 та інших виробничих процесів є важливою складовою сучасного підходу до організації виробництва. Дотримання екологічних стандартів та впровадження сучасних технологій знижує негативний вплив на природу, забезпечує ефективне використання ресурсів та підвищує екологічну безпеку підприємства.

Сучасні системи моніторингу забруднень на м'ясопереробних підприємствах

Сучасні м'ясопереробні підприємства все більше уваги приділяють питанням екологічної безпеки та мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище. Впровадження систем моніторингу забруднень дозволяє не лише відстежувати рівень викидів та якість стічних вод, а й оперативно реагувати на відхилення від встановлених нормативів.

Системи моніторингу стічних вод

Для контролю якості стічних вод на підприємствах використовуються автоматизовані системи моніторингу, що забезпечують постійне відстеження ключових показників:

- рівня забрудненості органічними речовинами;
- концентрації жирів, білків та залишків хімічних мийних засобів;
- вмісту азоту, фосфатів та сульфатів;
- рівня рН та хімічного споживання кисню (ХСК);
- вмісту патогенних мікроорганізмів.

Сучасні системи моніторингу дозволяють у режимі реального часу відстежувати ці показники та передавати дані до диспетчерської служби. У разі виявлення перевищення гранично допустимих концентрацій система автоматично повідомляє оператора про необхідність втручання. Це дозволяє

мінімізувати ризик скидання забрудненої води у водні об'єкти та запобігає виникненню екологічних проблем.

Для очищення стічних вод підприємства використовують багатоступеневі системи фільтрації:

Механічна фільтрація — видалення великих часток, залишків сировини та жиру.

Хімічна обробка — нейтралізація небезпечних сполук шляхом додавання реагентів.

Біологічне очищення — використання біоактивних бактерій, які розкладають органічні залишки на безпечні складові.

Фільтрація через мембрани — для видалення найдрібніших часток та мікроорганізмів.

Очищені стічні води можуть бути повторно використані у технологічних процесах або безпечно скинуті у систему каналізації.

Системи моніторингу викидів в атмосферу

На сучасних підприємствах також широко застосовуються системи контролю викидів в атмосферу. Вони призначені для відстеження рівня забруднення повітря під час роботи теплових установок, коптилень та термічної обробки м'ясної продукції.

Основні показники, які відстежуються:

- концентрація вуглекислого газу (CO₂);
- рівень оксидів азоту (NO_x) та сірки (SO₂);
- кількість дрібнодисперсного пилу та аерозолів;
- леткі органічні сполуки (ЛОС), що виділяються під час обробки сировини.

Для очищення повітря застосовуються спеціальні фільтри:

Циклонні фільтри — видаляють великі частки пилу та жиру з повітряних викидів.

Електростатичні фільтри — осаджують дрібнодисперсні частки за допомогою електричного заряду.

Сорбційні фільтри — абсорбують леткі органічні сполуки, запобігаючи їхньому потраплянню в атмосферу.

Автоматизовані системи постійно фіксують показники викидів, і у разі перевищення допустимих норм система надсилає сигнал тривоги оператору, що дозволяє швидко вжити необхідних заходів для усунення порушень.

Системи контролю рівня шуму та вібрацій

Окрім контролю води та повітря, сучасні підприємства обладнуються системами моніторингу рівня шуму та вібрацій. Вакуумні кутери, а також інше механічне обладнання під час роботи можуть створювати підвищений рівень шуму, що негативно впливає на здоров'я працівників.

Встановлення шумозахисних кожухів, використання віброізоляційних підкладок та регулярна діагностика обладнання дозволяють знизити рівень шумового забруднення до допустимих норм.

Системи моніторингу вібрацій дозволяють своєчасно виявляти зношення підшипників, розбалансування ножів або несправність приводних механізмів. Це не лише підвищує безпеку роботи, а й знижує ризик аварійних поломок обладнання.

Екологічна безпека та стале виробництво

Інтеграція сучасних технологій моніторингу у виробничий процес м'ясопереробних підприємств є основою для сталого розвитку галузі. Забезпечення екологічної безпеки дозволяє не тільки знизити негативний вплив на навколишнє середовище, але й підвищити ефективність використання ресурсів, таких як вода, енергія та сировина.

Впровадження політики нульових відходів (Zero Waste) на м'ясопереробних підприємствах передбачає повну утилізацію та повторне використання всіх видів відходів. Це включає переробку твердих відходів на кормові добавки, біодобрива або технічний жир, очищення стічних вод для

повторного використання у технологічних процесах, а також перетворення органічних залишків на біогаз.

Застосування замкненого циклу виробництва дозволяє суттєво знизити навантаження на довкілля та забезпечити ефективне управління ресурсами, що відповідає сучасним екологічним стандартам ЄС.

Таким чином, охорона довкілля під час експлуатації вакуумного кутера ВК-125 та інших процесів м'ясопереробки є необхідною умовою для забезпечення сталого розвитку та відповідності екологічним вимогам. Сучасні технології моніторингу дозволяють контролювати всі основні екологічні показники в режимі реального часу, що мінімізує ризики забруднення та підвищує рівень безпеки виробництва.

Висновок

Проведений дипломний проект на тему "Модернізація вакуумного кутера ВК-125 продуктивністю 1100 кг/годину" дозволяє зробити висновок про ефективність запропонованих технічних рішень. Модернізація включала впровадження частотно-регульованого приводу, вдосконалення ріжучого механізму та автоматизацію системи управління. Це дозволило підвищити продуктивність обладнання на 25%, знизити енергоспоживання до 30%, а також покращити якість отриманого фаршу.

Проведений аналіз існуючих аналогів показав, що модернізований кутер ВК-125 за своїми характеристиками не поступається сучасним моделям, що представлені на ринку, а за окремими показниками перевищує їх. Техніко-економічне обґрунтування підтвердило доцільність удосконалення, оскільки підвищення продуктивності та зменшення енергоспоживання сприяють економії виробничих витрат.

Особливу увагу було приділено питанням охорони праці та охорони довкілля. Впроваджені рішення забезпечують безпечні умови праці для операторів, знижують ризик травмування та мінімізують негативний вплив виробництва на навколишнє середовище. Запропоновані заходи щодо очищення стічних вод, переробки відходів та зниження викидів в атмосферу підвищують екологічну ефективність підприємства.

Таким чином, модернізація вакуумного кутера ВК-125 сприяє підвищенню ефективності виробництва, забезпеченню високої якості продукції та зменшенню шкідливого впливу на навколишнє середовище, що є важливим кроком до підвищення конкурентоспроможності підприємства на ринку м'ясопереробної продукції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Обладнання підприємств переробної та харчової промисловості: підруч. для студентів ВНЗ / Мирончук В.Г., Гулий І.С., Пушанко М.М. та ін. Вінниця: Нова книга, 2007. 648с.
2. Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості: навч. посіб. / Мирончук В.Г., Орлов Л.О., Пушанко М.М. та ін. Вінниця: Нова книга, 2004. 288с.
3. Монтаж та технічний сервіс обладнання. Практикум: навч. посіб. / за ред. В.Г. Мирончука. К.: НУХТ, 2017. 162с.
4. Заплетніков І.М. Експлуатація і обслуговування технологічного обладнання харчових виробництв: навч. посіб. / І.М.Заплетніков, В.Г.Мирончук, В.М.Кудрявцев. К.: «Кафедра», «Центр учбової літератури», 2012. 344с.
5. Чепелюк О.О., Єщенко О.А., Доломакін Ю.Ю.. Гігієнічні вимоги до проектування обладнання харчових виробництв: підруч. К.: НУХТ, 2017. – 311с.
6. Сухенко Ю.Г. Надійність і довговічність устаткування харчових і переробних виробництв: підруч. для студентів ВНЗ / Ю.Г.Сухенко, О.А. Литвиненко, В.Ю. Сухенко. К.: НУХТ, 2010. 547 с.
7. Домарецький В.А. Загальні технології харчових виробництв: підручник / В.А.Домарецький, П.Л.Шиян, М.М.Калакура, Л.Ф. Романенко. – К.: Університет "Україна", НУХТ, 2010. 814 с.
8. Technology and functional property of dietary supplements made of secondary meat raw materials / A. Cherevko, N. Pogozhykh, V. Kovalenko,
9. V. Yevlash // Journal of EcoAgriTourism. – 2010. – Vol. 6, № 1 (18). – P. 114 –117.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Байко ЕМ	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Омельяненко	<i>Назва, додаткова назва</i> ВИСНОВКИ		230745.ДП.09.000.ПЗ		
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук МВ.			<i>Інд</i> ---	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA

10. Винникова Л. Г. Технология мяса и мясных продуктов / Л. Г. Винникова. – К. : Инкос, 2006. – 600 с.
11. Сирохман І. В. Товарознавство м'яса і м'ясних товарів / І. В. Сирохман, Т.М. Лозова. – 2-ге вид. перероб. та доп. – К. : Центр учбової літератури, 2009. – 378 с.
12. Maller A. J. Analysis of Warner Bratsler shear pattern with regard to myofibrillar and connective tissue components of tenderness / A. J. Maller. // Meat. Sci. – 1981. – Vol. 5, №4. – P. 247–260.
13. Дейниченко Г. В. Вдосконалення процесів переробки м'ясної сировини в підприємствах харчування : монографія / Г. В. Дейниченко, О. О. Простаков, В. В. Дуб. – Х. : ХДУХТ, 2003. – 349 с.
14. Смоляр В. И. Рациональное питание / В. И. Смоляр. – К. : Наук. думка, 2001. – 368 с.
15. Husband P. M. Beef tenderness the influence of animal age and postmortem treatment / P. M. Husband, B. V. Jahnsen // CSIRO Food Res. Quart. – 2004. Vol. 45, №1. – P. 1–4.
16. Берник П.С. Механічні процеси і обладнання переробного та харчового виробництва: навч. посібник / З.А.Стоцько, І.П.Паламарчук, В.В.Яськов. 32 Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2004. 336 с.
17. Соколенко А.І. Інтенсифікація масообмінних процесів в харчових і мікробіологічних технологіях / А.І.Соколенко, О.Ю.Шевченко, В.А.Піддубний. Київ, "Люксар", 2008. 443 с.
18. Соколенко А.І. Інтенсифікація тепло- масообмінних процесів в харчових технологіях / А.І.Соколенко, А.А.Мазаракі, О.Ю.Шевченко, В.А.Піддубний, В.О.Сукманов. К.: Фенікс, 2011. 536 с.

19. Паламарчук І.П. Теплообмінні процеси та обладнання переробного та харчового виробництва: навчальний посібник / І.П. Паламарчук, П.С. Берник, З.А. Стоцько, В.В. Яськов. Львів: Бескид Біт, 2006. 368 с.

20. Рвачов В.В. Технологічне обладнання харчових виробництв. Механічне обладнання: навчальний посібник для студентів механічних фахів / В.В. Рвачов. Одеса: Астропринт, 2001. 320 с.

21. Система управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги: ДСТУ 4161:2003. – [Чинний від 2003-07-01.]. К.: PELTA.ORG, 2003. 13 с. (Національний стандарт України).