

Хмельницький національний університет  
Факультет Інженерії, транспорту та архітектури  
Кафедра галузевого машинобудування та агроінженерії

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

бакалавр

Рівень вищої освіти

Модернізація лінії з виробництва ковбасних виробів

Назва теми

Галузь знань – 13 «Механічна інженерія»

Спеціальність – 133 «Галузеве машинобудування»

Освітньо-професійна програма «Агропереробка та інжиніринг»

Шифр ДП АПІ 04.25.00.00

Виконав студент 4 курсу, група АПІ-21-1, Маньков Маньков

Підпис

Прізвище

Керівник від кафедри

Нормоконтролер

Курской В.С., доц., к.т.н.

Лук'янюк М. В., доц., к.т.н.

Прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь

Прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь



Підпис

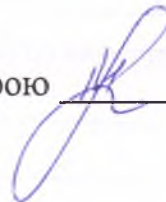
Підпис

До захисту допускаю: зав. кафедрою

Мартинюк А.В.

Підпис

Прізвище



Хмельницький 2025

Хмельницький національний університет  
Факультет Інженерії, транспорту та архітектури  
Кафедра галузевого машинобудування та агроінженерії

Рівень вищої освіти – *бакалавр*

Галузь знань – *13 «Механічна інженерія»*

Спеціальність – *133 «Галузеве машинобудування»*

Освітня програма – *«Агропереробка та інжиніринг»*

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ 2025

**ЗАВДАННЯ  
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ**

Маньков Віктор

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1 Тема проєкту *Модернізація лінії з виробництва ковбасних виробів*

Керівник проєкту Курской Володимир Сергійович, к.т.н.

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджено наказом ректора університету від \_\_\_\_\_ 2025 р. № \_\_\_\_\_

2 Термін подання студентом проєкту (роботи) на кафедру \_\_\_\_\_

3 Вихідні дані до проєкту (роботи) \_\_\_\_\_

4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) \_\_\_\_\_

5 Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень) \_\_\_\_\_

6 Консультанти розділів дипломного проєкту (роботи)

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

7 Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапу (розділу) дипломного проєкту (роботи)	Термін виконання етапу проєкту (роботи)	Примітка
1		
2		
3		
...		

Студент \_\_\_\_\_ В.І. Маньков

Підпис Ініціали, прізвище

Керівник проєкту (роботи) \_\_\_\_\_ В.С. Курской

Підпис Ініціали, прізвище

## Анотація

Основними завданнями роботи було проаналізувати технічні недоліки існуючого обладнання, розробити конструктивні рішення для забезпечення неперервної подачі сировини, впровадити схему реверсування роботи двигуна для спрощення очищення. Реалізовані зміни в конструкції вовчка МИМ-300 дозволили досягти забезпечення неперервного подрібнення сировини, що дозволило збільшити вихід продукції. Також збільшений бункер зменшив частоту завантажень, а реверсування двигуна спростило обслуговування. Відповідно була забезпечена стабільна подача м'яса, рівномірність подрібнення. Було виконано необхідні розрахунки та комп'ютерна симуляція. Також було надано рекомендації з охорони праці. Робота містить 60 сторінок записки та 9 слайдів графічної частини

Ключові слова: ковбасні вироби, вовчок, шнек, бункер, Solidworks Simulation.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	5
1.ПАТЕНТНИЙ ПОШУК.....	7
2 ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА.....	27
3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА .....	38
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА .....	57
ВИСНОВОК.....	59
ДОДАТКИ.....	60

					<i>ДП АПІ 04.25.00.00 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Маньков</i>			<i>Модернізація лінії з виробництва ковбасних виробів</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Курской</i>					4	60
<i>Реценз.</i>						<i>ХНУ</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Лук'янюк</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>МАртинюк</i>						

## ВСТУП

У сучасному виробництві харчової продукції важливу роль відіграє автоматизація та оптимізація технологічних процесів. Це дозволяє підвищувати продуктивність, зменшувати витрати і забезпечувати стабільно високу якість готової продукції. Одним із ключових етапів виробництва ковбасних виробів є подрібнення м'ясної сировини, що виконується м'ясорубкою промислового типу. М'ясорубка промислова МІМ-300 українського виробництва показала себе надійною у роботі, проте має певні недоліки. Основними проблемами є періодичність подачі м'яса та складність очищення ножового блоку. У зв'язку з цим виникла потреба вдосконалити конструкцію машини, забезпечивши неперервну подачу сировини, збільшивши місткість бункера та спростивши обслуговування за рахунок впровадження функції реверсування двигуна.

Основними завданнями роботи було проаналізувати технічні недоліки існуючого обладнання, розробити конструктивні рішення для забезпечення неперервної подачі сировини, впровадити схему реверсування роботи двигуна для спрощення очищення.

МІМ-300 – це промислова м'ясорубка з продуктивністю до 300 кг/год, яка широко застосовується у харчовій промисловості. Її конструкція включає шнековий механізм, ножовий блок та бункер для завантаження сировини. До недоліків слід віднести періодичну подачу м'яса через обмежену довжину шнека, невеликий об'єм бункера, що збільшує частоту завантажень, ускладнене очищення ножового блоку через відсутність реверсу двигуна.

Для усунення зазначених недоліків було запропоновано реалізувати наступні технічні рішення: встановлення додаткової секції шнека, подовження шнеку для забезпечення неперервної подачі м'яса, що зменшить кількість зупинок обладнання. Модифікація бункера шляхом збільшення його висоти та ширини, що дозволило завантажувати більшу кількість сировини за один цикл. Оснастити двигун реверсивною схемою живлення, яка дозволяє змінювати

					ДП АПІ 04.24.00.00 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

напрямок обертання шнека. Це значно спростить очищення ножового блоку від залишків сировини та зменшить час на обслуговування.

					<i>ДП АПІ 04.24.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						6
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## 1.ПАТЕНТНИЙ ПОШУК

UA (11) 50253 (13) U ВОВЧОК (Некоз О. І., Осипенко, В. І., Козленко О. Г., Батраченко О. В.)

Вовчок, який складається з циліндра, робочого шнека, ножового вала, що проходить крізь робочий шнек, різального комплекту, бункера, подавального шнека, в ролі якого можуть бути одна або дві лопатеві або спіральні мішалки і який розташовано перпендикулярно або паралельно робочому шнеку, двох електродвигунів, вузла затиснення різального комплекту із гідравлічним приводом, датчика тиску, температурного датчика, блока керування, пульта керування, який відрізняється тим, що один електродвигун входить до складу приводу ножового вала, а інший електродвигун входить до складу приводу робочого та подавального шнеків, додатково обладнаний частотним перетворювачем, індикатором тиску та індикатором температури, температурний датчик приєднано до блока керування таким чином, що його сигнал може впливати на роботу тільки обох електродвигунів разом і відображується на індикаторі температури, а датчик тиску приєднано до блока керування таким чином, що його сигнал може впливати на роботу як обох електродвигунів разом, так і тільки на роботу електродвигуна, що входить до складу приводу ножового вала, і відображується на індикаторі тиску.

2. Вовчок за п. 1, який відрізняється тим, що додатково обладнаний гідравлічним виштовхувачем робочого шнека, причому привід вузла затиснення різального комплекту і привід гідравлічного виштовхувача приєднано до блока керування таким чином, що забезпечено їх узгоджену роботу, а сигнал температурного датчика та датчика тиску впливає на роботу приводу вузла затиснення різального комплекту і приводу гідравлічного виштовхувача.

					ДП АПІ 04.24.00.00 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Корисна модель відноситься до пристроїв для подрібнення харчових продуктів, переважно м'яса, та може бути використана у харчовій промисловості та на підприємствах загального харчування.

Відомий вовчок, що використовується для по-дрібнення м'яса, який складається зі станини, завантажувальної чаші, циліндру, живлячого шнеку, відкидного циліндру з робочим шнеком, різального механізму. Недоліками такого пристрою для подрібнення м'яса є: велика тривалість підготовчих операцій; відсутність можливості безступінчасто змінювати ступінь подрібнення сировини без зупинки вовчка; недостатня ефективність перемішування сировини в бункері; недостатня автоматизація роботи вовчка (відсутність індикації причини останову машини, відсутність механізації видачі різального комплекту).

Відомий подрібнювач м'яса, який має камеру із різальним механізмом, бункер, привод, датчик температури та блок керування, причому у випадку перевищення заданого значення температури сировини на виході із подрібнювача привод автоматично зупиняється (А.С. СССР № 628871 кл. А22С17/00, 1978). Недоліки аналогічні попередньому, привод зупиняється тільки у випадку перевищення температури обробленої сировини, що є недостатньою автоматизацією роботи вовчка.

Відомий пристрій для подрібнення харчових продуктів, який має робочий шнек, ножовий вал, що проходить крізь нього, датчик тиску та блок керування, датчик тиску та блок керування призначені для автоматичного регулювання ступеня подрібнення сировини (відносної швидкості обертання робочого шнеку та ножового валу) в залежності від механічних властивостей оброблюваної сировини (А.С. СССР № 1416099 кл. А22С17/00, 1988). Недоліки аналогічні попереднім, не вказано яким чином забезпечено зміну відносної швидкості обертання робочого шнеку та ножового валу.

Відомий пристрій для подрібнення харчових продуктів, який має корпус, шнековий живильник з порожнистим валом, встановлений всередині останнього вал з різальним механізмом, механізм приводу, причому можливе

					ДП АПІ 04.24.00.00 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

безступінчасте регулювання ступеня подрібнення сировини шляхом зміни відносної швидкості обертання шнеку та валу з різальним механізмом за допомогою варіатору (А.С. СССР №1057109 кл. B02C18/38, 1983).

Недоліки аналогічні попередньому, застосування варіатору зумовлює значне ускладнення конструкції та зниження надійності її роботи.

Відомий пристрій для подрібнення м'ясопродуктів, який має робочий шнек, ножовий вал та вузол виштовхування робочого шнеку із ручним приводом (А.С. СССР № 1837783 кл. A22C17/00, 1993).

Недоліки аналогічні попереднім, відсутня автоматизація виштовхування шнеку внаслідок відсутності механізованого приводу вузла.

Відомі автоматичні м'ясорубки, що мають гідравлічний виштовхувач робочого шнеку. Недоліки аналогічні попереднім, відсутня автоматизація роботи вузла виштовхування робочого шнеку.

Відомий різальний вузол вовчка, який має рухомі елементи, що приводяться у дію за допомогою гідроциліндру, це призводить до зменшення тривалості встановлення та зняття різального комплекту (Патент України на корисну модель № 31558, кл. B02C18/00, 2008).

Недоліки аналогічні попереднім, відсутня автоматизація роботи вузла, зменшується тривалість тільки частки підготовчих операцій (не усунено необхідність змащування різального комплекту перед його встановленням).

Відомий вовчок-мішалка, який має робочий шнек, подавальні шнеки та змішувальний вал, при роботі в режимі «мішалка» подавальні шнеки обертаються у протилежну сторону, чим забезпечується покращене перемішування сировини, в цей час робочий шнек, з метою зменшення зношування різального комплекту, нерухомий; з метою усунення необхідності змащування різального комплекту перед встановленням робочий шнек вмикається з деяким запізненням під час якого подавальні шнеки заповнюють його сировиною, таким чином при початку обертання робочого шнеку сировина в той же час надходить у різальний комплект, тим самим змащуючи його.

					ДП АПІ 04.24.00.00 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Недоліки аналогічні попереднім, наявність і подавальних шнеків і змішувального валу значно ускладнюють конструкцію, вирішення задачі усунення необхідності змащування різального комплекту неефективне, оскільки подавальні шнеки не в змозі нагнітати сировину до різального механізму внаслідок значного опору, це призводить до невиправданого зношування різального комплекту під час пуску машини.

Найбільш близьким за технічною суттю до вовчка, що пропонується, є вовчок К6-ФВП-160-2 полтавського заводу «Продмаш», який має подавальний шнек, робочий шнек та ножовий вал, що проходить крізь робочий шнек, причому ножовий вал має частоту обертання більшу, чим робочий шнек, ножовий вал і робочий шнек приводяться у дію від одного електродвигуна, а подавальний шнек - від другого електродвигуна. Його й оберемо в якості найближчого аналогу.

Недоліки аналогічні попереднім, вказана кінематична схема приводу обумовлює неможливість безступінчастої зміни відносної швидкості обертання ножового валу і робочого шнеку (зміна ступеню подрібнення сировини), зворотного обертання робочого шнеку при нерухомому ножовому валу (перемішування сировини в бункері) та роздільно вмикати робочий шнек і ножовий вал (нагнітання сировини до різального комплекту перед його вмиканням).

В основу корисної моделі поставлена задача отримання нового технічного результату. Технічним результатом є: зменшення тривалості підготовчих операцій; надання можливості безступінчасто змінювати ступінь подрібнення сировини без зупинки вовчка; підвищення ефективності перемішування сировини в бункері; підвищення рівня механізації і автоматизації вовчка.

Поставлена задача вирішується тим, що вовчок, який складається з циліндру, робочого шнеку, ножового валу, що проходить крізь робочий шнек, різального комплекту, бункеру, подавального шнеку, в ролі якого може бути одна або дві лопатеві або спіральні мішалки і який розташовано перпендикулярно або паралельно робочому шнеку, двох електродвигунів, вузла

					ДП АПІ 04.24.00.00 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

затиснення різального комплекту із гідравлічним приводом, датчику тиску, температурного датчику, блоку керування, пульта керування, який відрізняється тим, що один електродвигун входить до складу приводу ножового валу, а інший електродвигун входить до складу приводу робочого та подавального шнеків, додатково обладнаний частотним перетворювачем, індикатором тиску та індикатором температури, температурний датчик під'єднано до блоку керування таким чином, що його сигнал може впливати на роботу тільки обох електродвигунів разом і відображується на індикаторі температури, а датчик тиску під'єднано до блоку керування таким чином, що його сигнал може впливати на роботу як обох електродвигунів разом, так і тільки на роботу електродвигуна, що входить до складу приводу ножового валу, і відображується на індикаторі тиску; додатково обладнаний гідравлічним виштовхувачем робочого шнеку, причому привод вузла затиснення різального комплекту і привод гідравлічного виштовхувача під'єднано до блоку керування таким чином, що забезпечено їх узгоджену роботу, а сигнал температурного датчику та датчика тиску впливає на роботу приводу вузла затиснення різального комплекту і приводу гідравлічного виштовхувача.

Корисна модель пояснюється кресленнями, на яких зображено:

на Рисунку 1.1 - загальний вигляд вовчка (вид збоку);

на Рисунку 1.2 - загальний вигляд вовчка (вид спереду);

на Рисунку 1.3 - кінематична схема вовчка;

на Рисунку 1.4 - загальний вигляд гідравлічного виштовхувача робочого шнеку.

Вовчок складається з корпусу 1, в якому розміщено бункер 2, циліндр 3, електродвигуни 4 і 5, гідравлічна станція 6 та блок керування 7. В циліндрі 3 розміщено робочий шнек 8, крізь внутрішню порожнину якого проходить ножовий вал 9, що має здатність обертатись відносно робочого шнеку 8. На виході з циліндру 3 встановлено різальний комплект 10, який складається із ножів та решіток, що чергуються, та який закріплюється за допомогою вузла затиснення різального комплекту із гідравлічним приводом 11. В зоні

										Арк.
										11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП АПІ 04.24.00.00 ПЗ					

різального комплексу 10 встановлено датчик тиску 12 та температурний датчик 13. Робочий шнек 8 може виштовхуватись за допомогою гідравлічного виштовхувача 14, що встановлений збоку приводу робочого шнеку 8. В бункері 2 встановлено подавальний шнек 15, в ролі якого може бути одна або дві лопатеві або спіральні мішалки і який розташований перпендикулярно або паралельно робочому шнеку 8 (на Рисунку 1.1) показано випадок, коли роль подавального шнеку 15 відіграє одна лопатева мішалка 15, а на Рисунку 1.2 - випадок, коли роль подавального шнеку відіграє дві лопатеві або спіральні мішалки 15 та 16). Як видно з Рисунку 1.3, ножовий вал 9 приводиться у рух за допомогою електродвигуна приводу ножового валу 4 і, наприклад, пасової передачі, а робочий шнек 8 і подавальний шнек 15 (лопатеві мішалки 15 та 16) приводяться у рух за допомогою електродвигуна приводу робочого та подавального шнеків 5 та, наприклад, редуктору 17 і зубчастих коліс 18, 19, 20, 21. На лицьовій панелі вовчка (Рисунок 1.2), серед іншого, розміщено пульт керування 22, індикатор тиску 23 та індикатор температури 24. В середині вовчка встановлено частотний перетворювач 25.

Вовчок працює наступним чином. При роботі вовчка тільки в режимі подрібнення сировина завантажується в бункер 2 та задається визначений режим роботи на пульті керування 22. Після цього блок керування 7 запускає в роботу електродвигун приводу робочого та подавального шнеків 5. Обертовий момент від валу електродвигуна приводу робочого та подавального шнеків 5 передається, наприклад, через редуктор 17 на зубчасте колесо 18, а від нього одночасно - на зубчасте колесо 19 приводу робочого шнеку 8 і на зубчасте колесо 20 приводу подавального шнеку 15. Цим забезпечується одночасне обертання подавального шнеку 15 та робочого шнеку 8, кожен з яких обертається із необхідною оптимальною частотою обертання, які можуть регулюватись шляхом зміною параметрів зубчастих коліс 19 і 20. Таким чином сировина надходить із бункеру 2 у циліндр 3, в якому вона починає транспортуватись робочим шнеком 8 у напрямку різального комплексу 10. При нагнітанні сировини тиск, що створюється нею на різальний комплект 10,

					ДП АПІ 04.24.00.00 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

поступово зростає. Значення тиску контролюється блоком керування 7 за допомогою датчику тиску 12. При досягненні тиску у різальному комплекті запрограмованого значення блок керування 7 вмикає електродвигун приводу ножового валу 4, після чого починається процес подрібнення сировини. Те, що ножовий вал 9 вмикається із запізненням по відношенню до робочого шнеку 8, дозволяє позбутися необхідності змащувати деталі різального комплекту перед їх встановленням на вовчок, оскільки ножі починають обертатись тоді, коли сировина вже знаходиться біля різального комплекту (сировина надалі сама змащує пари тертя). За допомогою частотного перетворювача 25 можливо безступінчасто змінювати частоти обертання електродвигунів приводів.

Як відомо, робота вовчка може порушитись внаслідок недопустимого зношування деталей різального комплекту або внаслідок забивання отворів решіток сировиною. У випадку, коли зношування деталей різального комплекту 10 набуло свого граничного значення, температура сировини на виході із вовчка також підвищується до свого граничного значення, яке контролюється блоком керування 7 за допомогою температурного датчику 13. В такому випадку блок керування 7 вимикає електродвигуни приводу ножового валу 4 та приводу робочого і подавального шнеків 5 та вмикає гідравлічну станцію 6 і індикатор температури 24. Далі вмикається гідравлічний привод 11 вузла затиснення різального комплекту і різальний комплект 10 звільняється від фіксації, як за одним із аналогів (патент України на корисну модель № 31558, кл. B02C18/00, 2008). Після спрацювання гідравлічного приводу 11 вузла затиснення різального комплекту вмикається гідравлічний виштовхувач 14, який виводить робочий шнек 8 разом із різальним комплектом 10 із циліндру 3. Вовчок готовий до технічного обслуговування.

У випадку, коли забились отвори решіток різального комплекту 10, значно збільшується тиск сировини на різальний комплект 10, значення якого контролюється за допомогою датчику тиску 12. В цьому разі блок керування здійснює ті ж самі дії та у той же самій послідовності, що і у випадку недопустимого зношування, але з тією відмінністю, що вмикається індикатор

					ДП АПІ 04.24.00.00 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тиску 23, а не індикатор температури 24. Вказане застосування індикаторів тиску 23 та температури 24 дозволяє вказати оператору вовчка причину зупинки машини, що полегшує та прискорює виправлення технічної несправності. А вказане застосування вузла затиснення різального комплекту із гідравлічним приводом 11 і гідравлічного виштовхувача 14 дозволяє полегшити та прискорити процес заміни різального комплекту.

При роботі вовчка в режимі перемішування відмінністю є те, що вмикається тільки електродвигун приводу робочого та подавального шнеків 5, причому - у реверсному режимі. Цим забезпечується перемішування сировини у бункері 2 та подача сировини, що знаходиться у витках робочого шнеку 8, у зону перемішування. У випадку, коли використовуються дві лопатеві або спіральні мішалки 15 і 16, у зачеплення із зубчастим колесом 20 входить зубчасте колесо 21, що призводить до ефективного перемішування сировини в бункері 2. Після закінчення циклу перемішування вовчок може бути переведений у режим подрібнення.

					ДП АПІ 04.24.00.00 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



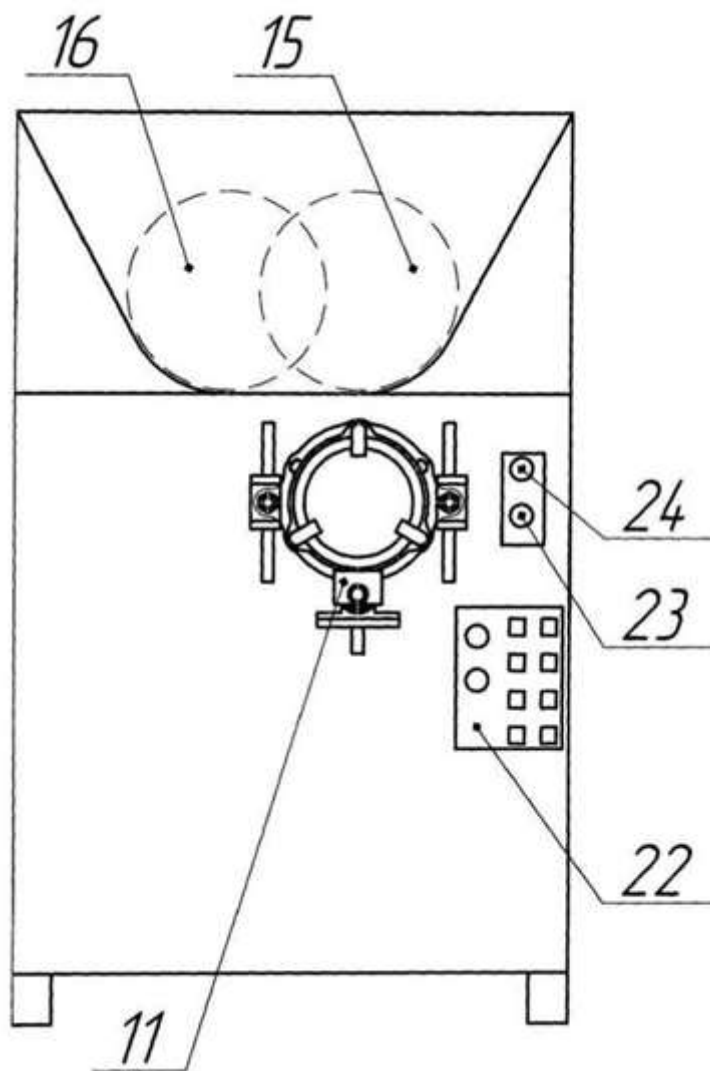


Рисунок 1.2 - загальний вигляд вовчка (вид спереду)

					ДП АПІ 04.24.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16



UA (11) 88059 (13) U ВОВЧОК УНІВЕРСАЛЬНИЙ (Некоз О. І., Осипенко В. І., Філімонова Н. В., Батраченко О. В., Хом'як А. В.)

Вовчок універсальний містить станину, бункер, подрібнювальний шнек для подрібнення замороженої сировини, який має витки перемінного кроку і може бути виконаний багатозаходним із валом змінного діаметра, різальний комплект, який встановлений на подрібнювальному шнеку, пристрій фіксації різального комплекту, привод подрібнювального шнека, який додатково обладнаний насосом, горловиною, патрубком, ножовим валом, додатковим різальним комплектом, що встановлюється на ножовий вал, пристроєм фіксації додаткового різального комплекту, приводом насоса, приводом ножового валу, як насос використовується шестеренний насос із внутрішнім зачепленням, насос розташований нижче осі подрібнювального шнека таким чином, що сировина подається подрібнювальним шнеком до патрубка, з якого вона потрапляє до насоса, який в свою чергу подає її у горловину, всередині якої розміщено ножовий вал і на виході з якої встановлено додатковий різальний комплект.

					ДП АПІ 04.24.00.00 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



додакового нагнітального тиску для подачі в'язкої сировини, насос приводиться в дію від шнека.

Відомий вовчок, поміж елементами різального комплекту якого вбудовано насос, що призначений для створення додакового нагнітального тиску для подачі в'язкої сировини, насос приводиться в дію від шнека, причому як насос може використовуватись ексцентриково- лопатевий, шестеренний або шестеренний із внутрішнім зачепленням насоси (патент Данії на винахід № 159999 В, кл. В02С 18/30, 1979).

Відомий вовчок, конструкції якого передбачено використання насосу, що розташований поза межами різального комплекту, причому сировина двічі проходить крізь різальний комплект і один раз - крізь насос (патент ФРН на винахід № 2623322 А1, кл. В02С 18/00, 1976).

Відомий вовчок, який має два паралельні подавальні шнеки, різальний комплект попереднього подрібнення, що приводиться в дію від подавальних шнеків, двогвинтовий насос, що призначений для подачі сировини до основного різального комплекту, який приводиться в дію від одного з гвинтів двогвинтового насосу, вовчок має привод подавальних шнеків та привод двогвинтового насоса (патент США на винахід № ШЗ 5820041, кл. В02С 18/30, 1998).

Недоліком даних вовчків є: недостатня продуктивність (що обумовлено подачею шнеком сировини в кожний момент часу не по всій площі решіток різального комплекту, а лише в межах їх деякого сектора); неможливість безступінчасто змінювати ступінь подрібнення сировини без зупинки вовчка (що обумовлено обертанням ножів різального комплекту разом із шнеком).

Відомий вовчок, який призначений для подрібнення м'ясних заморожених блоків, вовчок містить станину, бункер, подрібнювальний шнек для подрібнення замороженої сировини, робочий шнек та різальний комплект встановлений на ньому, привод подрібнювального шнека та привод робочого шнека.

					ДП АПІ 04.24.00.00 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		







відміну від шнеків, які використовуються у відомих конструкціях вовчків (як було встановлено [Некоз О.І. та ін. Дослідження інтенсивності зношування різальних крайків ножа вовчка // Вісник ЧДТУ. - Черкаси, № 2, 2013. - С. 134-139], в кожний момент часу шнек подає сировину лише в межах деякого сектора площі решітки, що суттєво зменшує використовувану робочу площу решіток і, відповідно, продуктивність вовчка). Завдяки цьому суттєвим чином підвищується продуктивність вовчка.

Використання насоса 13 в конструкції вовчка дозволяє також підвищити нагнітальний тиск сировини і таким чином підвищити надійність роботи вовчка при переробці твердої та в'язкої сировини.

Використання індивідуальних приводів 21, 22, 23 дозволяє адаптувати режими роботи вовчка в широких межах та безступінчасто змінювати ступінь подрібнення сировини додатковим різальним комплектом 19 без зупинки вовчка.

Використання кільцевих решіток 11 дозволяє (згідно [Пат. 31370 України, МПК В02С 18/26, 2008.]) підвищити продуктивність різального комплекту 9.

#### Формула корисної моделі

1. Вовчок універсальний, який містить станину, бункер, подрібнювальний шнек для подрібнення замороженої сировини, який має витки перемінного кроку і може бути виконаний багатозаходним із валом змінного діаметра, різальний комплект, який встановлений на подрібнювальному шнеку, пристрій фіксації різального комплекту, привод подрібнювального шнека, який відрізняється тим, що додатково обладнаний насосом, горловиною, патрубком, ножовим валом, додатковим різальним комплектом, що встановлюється на ножовий вал, пристроєм фіксації додаткового різального комплекту, приводом насосу, приводом ножового валу, як насос використовується шестеренний насос із внутрішнім зачепленням, насос розташований нижче осі подрібнювального шнека таким чином, що сировина подається подрібнювальним шнеком до патрубка, з якого вона потрапляє до насоса, який

										Арк.
										24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП АПІ 04.24.00.00 ПЗ					

в свою чергу подає її у горловину, всередині якої розміщено ножовий вал і на виході з якої встановлено додатковий різальний комплект.

2. Вовчок універсальний за п. 1, який відрізняється тим, що різальний комплект містить кільцеві решітки, кожна з яких виконана у вигляді кільця, геометричні параметри якого визначаються за наступного співвідношення:  $1 < D/d < 2$ , де  $D$  - зовнішній діаметр кільця;  $d$  - діаметр осевого отвору кільця.

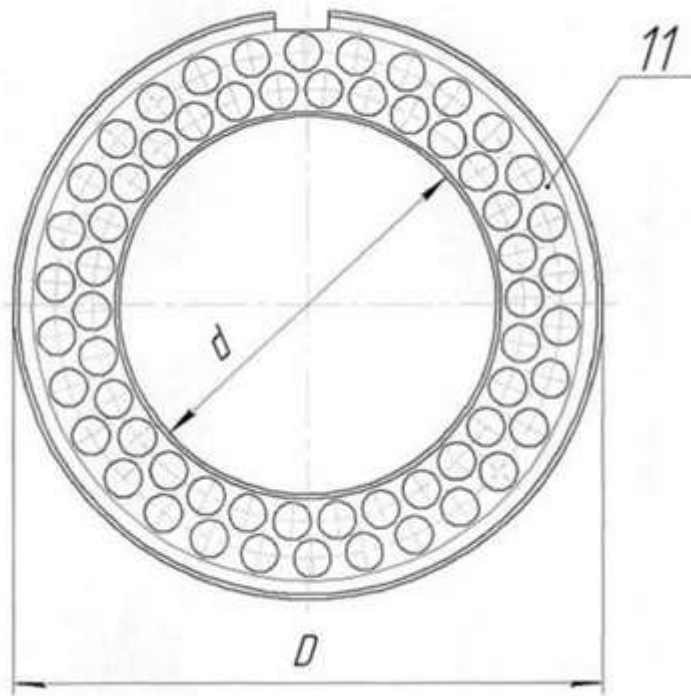


Рисунок 1.6 - Загальний вигляд решітки

					ДП АПІ 04.24.00.00 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

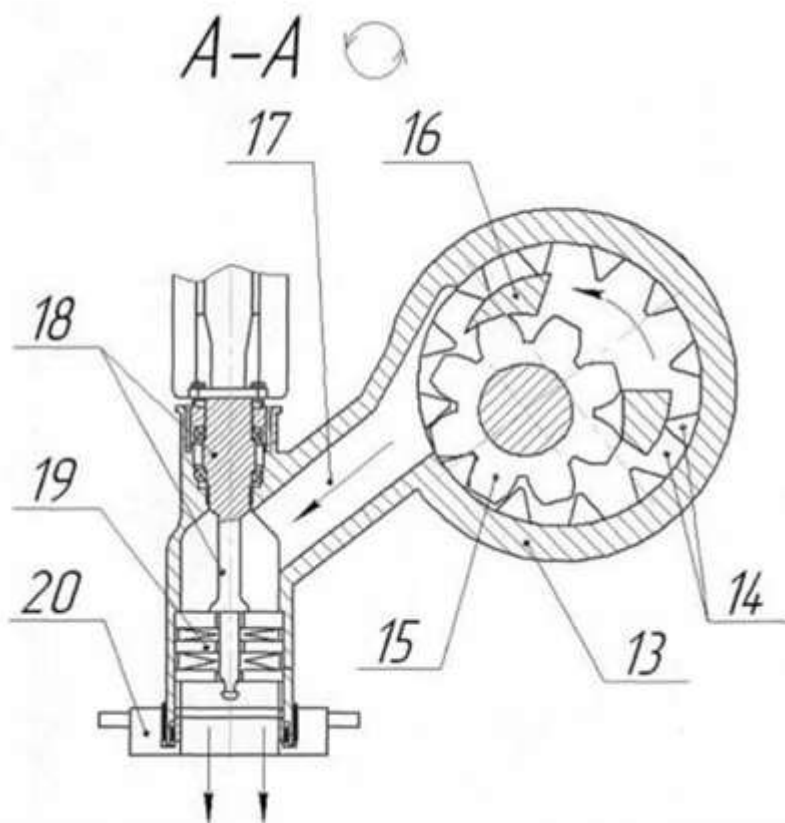


Рисунок. 1.7 - загальний вигляд шестеренного насоса, ножового валу та додаткового різального комплексу

										Арк.
										26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП АПІ 04.24.00.00 ПЗ					

## 2 ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА

### 2.1 Загальна технологія виробництва

Варені ковбаси є однією з найпоширеніших груп ковбасних виробів. Вони виготовляються з м'ясної сировини шляхом подрібнення, перемішування з іншими інгредієнтами (сіллю, спеціями, наповнювачами), формування у оболонки та подальшої термічної обробки — варіння. До основних характеристик варених ковбас належить м'яка консистенція, ніжний смак та висока соковитість.

Технологічний процес виробництва вареної ковбаси включає наступні етапи:

#### 1. Підготовка сировини

Дефростація (розморожування), м'ясна сировина, якщо вона була заморожена, проходить розморожування у дефростаційних камерах за температури 0...+4°C.

#### 2. Обвалювання та жилування (видалення кісток і жил виконується вручну або механізовано на конвеєрних столах)

3 Сорткування (м'ясо поділяється на яловичину першого та другого сорту, свинину напівжирну і жирну.)

Подрібнення м'ясної сировини (подрібнення здійснюється на вовчках).

Подрібнення м'ясної сировини є одним із ключових етапів у технологічному процесі виробництва варених ковбас. Воно забезпечує отримання необхідної консистенції фаршу, покращує його структуру та сприяє рівномірному розподілу інгредієнтів, що додаються на наступних етапах. Процес подрібнення також впливає на кінцеві якісні показники готової продукції, такі як ніжність, соковитість та однорідність текстури.

Метою подрібнення є зменшення розміру м'ясних частинок для досягнення однорідної маси, підготовка м'ясної сировини до подальшого

										Арк.
										27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

тонкого подрібнення або змішування (кутерування), забезпечення рівномірного розподілу жиру, води, солі, спецій та інших добавок у фарші.

Подрібнення м'ясної сировини здійснюється за допомогою м'ясорубок промислового типу, які називаються вовчками. Одним із поширених прикладів такого обладнання є вовчок МИМ-300.

Характеристика оригінального вовчка МИМ-300:

Продуктивність: до 300 кг/год.

Потужність електродвигуна: 1,5–5 кВт.

Діаметр решітки: 2–5 мм (вибирається залежно від рецептури).

М'ясо, підготовлене на етапі обвалювання та жилування, подається у приймальний бункер вовчка.

За рахунок обертання шнека м'ясна сировина просувається до ножів і решіток, де відбувається подрібнення. У робочій зоні м'ясо ріжеться обертовими ножами, які працюють у парі з нерухомими решітками. Ступінь подрібнення залежить від діаметра отворів у решітках. Подрібнена маса виходить через решітки і спрямовується у спеціальні ємності або до наступного етапу (фаршемішалка, кутер).

Для варених ковбас зазвичай використовують решітки з отворами діаметром 3–5 мм. Це забезпечує рівномірну текстуру фаршу. Під час подрібнення важливо контролювати температуру м'яса, щоб вона не перевищувала +4...+6°C, оскільки підвищення температури може призвести до зниження якості фаршу (жир почне розтікаться). У деяких випадках для отримання однорідної консистенції використовують двоступеневе подрібнення – спочатку на вовчку з більшими отворами (8–10 мм), а потім з меншими (3–5 мм). Усі частинки м'яса повинні бути рівномірного розміру. Потрібно уникати перегріву фаршу під час обробки. Ножі повинні бути добре заточеними, а решітки — чистими і без деформацій. Усі роботи на вовчку повинні виконуватись з дотриманням техніки безпеки. Заборонено працювати з відкритими захисними кожухами.

					ДП АПІ 04.24.00.00 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Якісне подрібнення сировини забезпечує: однорідну структуру готової ковбаси, рівномірний розподіл жиру та інших компонентів, поліпшення зв'язування вологи в м'ясному фарші, зниження втрат при термічній обробці. Приготування фаршу

#### Кутерування:

Кутерування є важливим етапом у технологічному процесі виробництва ковбасних виробів, особливо варених ковбас. Цей процес полягає в тонкому подрібненні м'ясної сировини, перемішуванні її зі спеціями, водою, льодом та іншими компонентами для отримання однорідної емульсійної маси — фаршу.

Метою кутерування є тонке подрібнення м'ясної сировини до пастоподібного стану, забезпечення однорідної структури фаршу для ковбасних виробів, емульгування жиру та білків завдяки високій швидкості обертання ножів, зв'язування вологи за рахунок виділення м'ясного білка, рівномірне розподілення інгредієнтів (сіль, спеції, вода, лід, наповнювачі).

Кутер — це основне обладнання для подрібнення та змішування м'ясної сировини.

Кутер складається з таких основних частин. Чаша обертається з певною швидкістю і забезпечує рівномірне подавання сировини під ножі. Ножовий вал має 3–6 ножів, які обертаються з високою швидкістю. Подача льоду або охолодженої води для запобігання нагріванню фаршу. Контроль обертів дає можливість регулювати швидкість обертання ножів залежно від етапу подрібнення.

У чашу кутера завантажуються охолоджена м'ясна сировина, сіль та частина льоду або води. Ножі обертаються на низькій швидкості (1000–1500 об/хв), забезпечуючи початкове подрібнення м'яса. Поступово додаються спеції, льодяна вода або лускоподібний лід для охолодження, а також наповнювачі (шпик, білкові добавки). Ножі переходять на високу швидкість обертання (3000–5000 об/хв). В цей момент утворюється однорідна емульсійна маса, де жирові краплі рівномірно розподіляються у м'ясному білку та воді. Температура фаршу під час кутерування не повинна перевищувати +12...+15°C,

									Арк.
									29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП АПІ 04.24.00.00 ПЗ				

щоб уникнути розшарування жирової емульсії. Готовий фарш вивантажується в ємності для подальшого формування батонів.

Якісне кутерування забезпечує: гладку та однорідну консистенцію варених ковбас, високу соковитість завдяки рівномірному розподілу вологи, поліпшену текстуру завдяки зв'язуванню білків і жиру, зниження втрат під час термічної обробки.

Перемішування фаршу:

Перемішування фаршу є одним із ключових технологічних етапів у виробництві ковбасних виробів, включаючи варені ковбаси. Метою цього процесу є рівномірне розподілення всіх компонентів фаршу та формування стабільної структури, що забезпечить високу якість кінцевого продукту, рівномірний розподіл інгредієнтів — м'ясної сировини, жиру, води, солі, спецій та інших добавок, забезпечення зв'язування вологи завдяки виділенню м'ясного білка (міозину), поліпшення структури фаршу для подальшого формування ковбасних батонів, збереження температури фаршу для уникнення розшарування компонентів.

Перемішування фаршу здійснюється у спеціальних машинах — фаршемішалках. Залежно від конструкції, вони можуть бути:

- Лопатеві фаршемішалки — найбільш поширені для виробництва варених ковбас.
- Спіральні фаршемішалки — забезпечують більш м'яке перемішування з мінімальним механічним впливом.
- Вакуумні фаршемішалки — перемішування відбувається під вакуумом, що дозволяє зменшити вміст повітря у фарші, покращуючи текстуру готового продукту.

У камеру фаршемішалки завантажується попередньо подрібнена м'ясна сировина, шпик, спеції, вода або лід. Фарш перемішується для первинного з'єднання компонентів, забезпечуючи рівномірний розподіл води та солі. У процесі перемішування сіль активує міозин (м'ясний білок), що сприяє утворенню зв'язуючої системи між водою, білками та жировими частинками.

					ДП АПІ 04.24.00.00 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Під час перемішування важливо підтримувати температуру фаршу на рівні 0...+4°C, щоб уникнути відділення жиру. Для цього використовують лускоподібний лід або охолоджену воду. У вакуумних фаршемішалках відбувається видалення повітря з фаршу, що підвищує щільність та покращує текстуру готових ковбас. Після досягнення однорідної консистенції фарш вивантажується для подальшого формування ковбасних батонів у шприцах.

Час перемішування залежить від виду ковбас і характеристик фаршемішалки, але зазвичай становить 5–15 хв. Допустиме підвищення температури не більше ніж на 1–2°C під час перемішування. Усі компоненти повинні бути рівномірно розподілені у фарші.

#### Формування батонів

Фарш подається у шприци, де він наповнює натуральні або штучні оболонки. Батони ковбас перев'язуються шпагатом або закриваються на кліпсаторах.

#### Термічна обробка

Осадка: Батони підвішують на рами і витримують при температурі +4...+8°C протягом 2–3 годин.

#### Варіння:

Вироби варяться у термокамерах (наприклад, Maurer-Smokehouse) при температурі +75...+85°C до досягнення температури в середині батона +70...+72°C.

#### Охолодження

Швидке охолодження відбувається у камерах інтенсивного охолодження або під душем холодної води для збереження структури виробу.

#### Зберігання готової продукції

Варені ковбаси зберігаються у холодильних камерах при температурі 0...+6°C.

### 3. Контроль якості готових виробів

					ДП АПІ 04.24.00.00 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Контроль якості вареної ковбаси включає:

- Органолептичні показники: колір, запах, смак, консистенція.
- Фізико-хімічні показники: вологість, вміст жиру, білка та солі.
- Мікробіологічні показники: відсутність патогенних мікроорганізмів.

## 2.2 Підбір обладнання

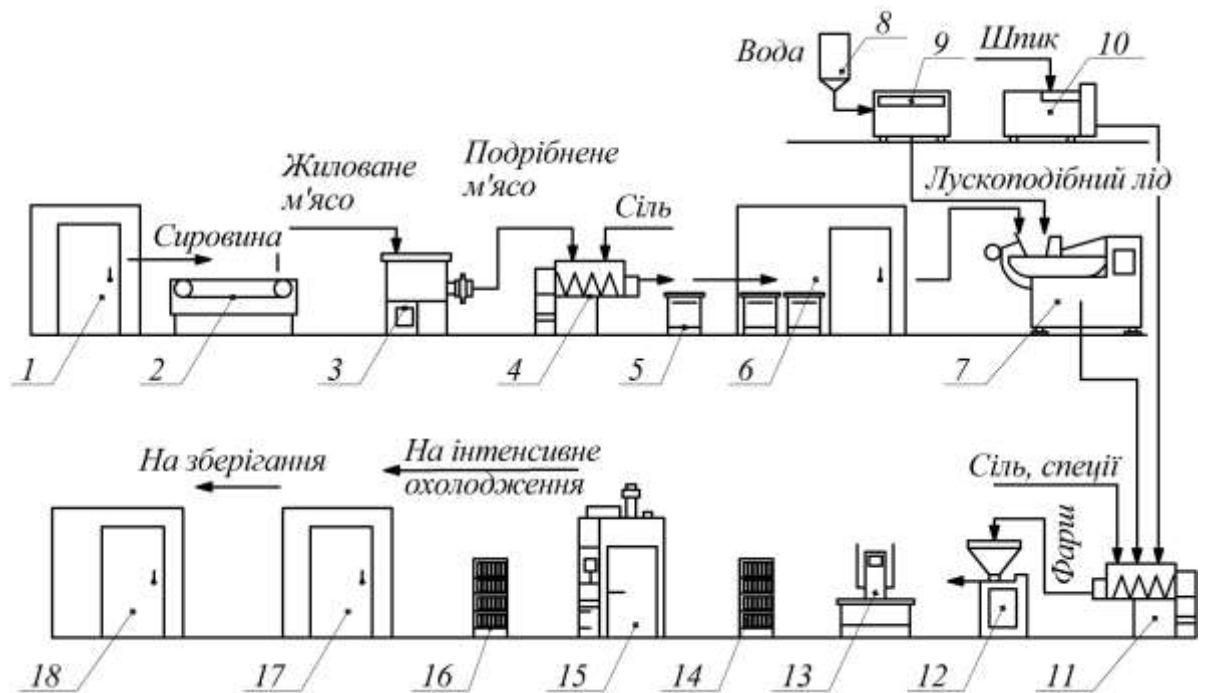


Рисунок 2.1 – машинно-апаратна схема виробництва ковбасних виробів

Виробництво ковбасних виробів організоване як послідовний процес, де кожен етап реалізується із застосуванням відповідного обладнання. Нижче наведено основні елементи машино-апаратної схеми та їх призначення:

Дефростаційна камера (1):

Використовується для розморожування м'ясної сировини до потрібного стану перед подальшою обробкою.

Конвеєрний стіл обвалювання та жилування (2):

										Арк.
										32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП АПІ 04.24.00.00 ПЗ					

Служить для відділення м'яса від кісток і видалення сполучних тканин.  
Забезпечує високу точність підготовки сировини.

Вовчок (3):

Подрібнює м'ясну сировину до необхідної консистенції. У модернізованій версії (МІМ-300) забезпечено неперервну подачу м'яса, збільшений об'єм бункера та функцію реверсування двигуна.

Мішалка (4):

Використовується для перемішування подрібненого м'яса з іншими компонентами, забезпечуючи рівномірність фаршу.

Візок для м'яса (5):

Служить для транспортування сировини між етапами обробки.

Камера дозрівання (6):

Застосовується для біохімічної підготовки м'ясної сировини перед кутеруванням, що покращує структуру і смакові якості.

Кутер Л5-ФКМ

Продуктивність	1200 кг/год;
Геометрична місткість	0,125 м <sup>3</sup> ;
Потужність	30 кВт;
Кількість пар ножів	4;
Швидкість різання	66 м/с;
Кількість обертів	2600 хв-1;
Габаритні розміри	1600x1200x1800 мм.

					ДП АПІ 04.24.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33



моделями льодогенераторів на ринку. Льодогенератор має компактний дизайн, що дозволяє його розміщувати в обмежених просторах. Його конструкція забезпечує легкий доступ до всіх компонентів для обслуговування та чищення. Цей тип льодогенератора підходить для середніх і великих підприємств, що потребують постійної подачі лускатого льоду для різноманітних операцій.

#### Шпигорізальна машина (10):

Шпигорізальна машина для цеху виробництва варених ковбас є важливим обладнанням, яке використовується для нарізки шпигу (салу або жиру) на рівномірні шматки певного розміру, які потім додаються до ковбасної суміші. Це дозволяє досягти бажаної текстури та жирності готового продукту. Така машина є необхідною в процесі виготовлення варених ковбас, де важливо забезпечити правильний розподіл жиру по всій масі ковбасної суміші для досягнення оптимальної консистенції та смаку. Машина обладнана спеціальними ножами або ріжучими механізмами, які дозволяють швидко і рівномірно нарізати шпиг на кубики чи смужки заданого розміру. Шпиг постачають до ріжучих механізмів за допомогою спеціальних подаючих систем, таких як конвеєри або механічні транспортери. У багатьох моделях є можливість налаштування розміру нарізаних шматочків шпигу, що дозволяє адаптувати машину до вимог конкретного виробництва.

Шпигорізальні машини бувають ручні та автоматизовані. Ручні використовуються для малих обсягів виробництва. Вони можуть бути менш автоматизованими та потребують більше людської праці. Автоматизовані використовують для великих виробництв з високою потужністю. Автоматичні машини можуть здійснювати нарізку шпигу з високою швидкістю і точністю, часто з можливістю програмування різних параметрів. У деяких моделях є система охолодження, що дозволяє зберігати шпиг у твердому стані під час нарізки, оскільки жир має властивість швидко розм'якшуватися при підвищених температурах.

Шпигорізальні машини зазвичай використовуються на етапі приготування ковбасної маси. Після того як шпиг нарізано, він додається до

										Арк.
										35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

фаршу, що дозволяє отримати ковбаси з необхідним співвідношенням м'яса і жиру, що в свою чергу впливає на смакові якості та текстуру продукту.

#### Фаршемішалка (11):

Фаршемішалка складається із станини, приводу шнеків мішалок, механізму завантаження, корита приводу мішалки, вивантаження фаршу, панелі з кнопками управління, кришки.

Вузли і деталі, що контактують з харчовими продуктами, виготовлені з корозійно стійкої сталі.

Геометрична ємність	0,335 м <sup>3</sup> ;
Продуктивність	3200 кг/год;
Потужність	7 кВт;
Габаритні розміри	2940x965x1375 мм;
Маса	880 кг.



Рисунок 2.2 - Фаршемішалка Л5-ФМУ-335

#### Шприц універсальний вакуумний (12):

Наповнює оболонки фаршем під вакуумом, що запобігає утворенню повітряних пустот у ковбасних батонах.

#### Кліпсатор (13):

Герметично закриває кінці оболонки, забезпечуючи цілісність батонів.

#### 14, 16. Рами для ковбасних батонів (14, 16):

					ДП АПІ 04.24.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Використовуються для транспортування і розташування ковбасних батонів під час термічної обробки.

Універсальна термокамера (15):

Виконує варіння, запікання, копчення та інші види термічної обробки ковбасних виробів.

Камера інтенсивного охолодження (17):

Швидко охолоджує готові вироби після термічної обробки, запобігаючи розвитку мікроорганізмів.

Камера зберігання готової продукції (18):

Призначена для зберігання готових ковбасних виробів при контрольованих температурних умовах до моменту відвантаження.

					<i>ДП АПІ 04.24.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						37
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

### 3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

#### Технологічний розрахунок

Під технологічним розрахунком проектованого устаткування зазвичай розуміється сукупність розрахунків, пов'язаних безпосередньо з виглядом, особливостями та робочими параметрами технологічного процесу. Основною метою технологічного розрахунку є визначення вихідних значень величин, необхідних при виконанні конструкторського опрацювання обладнання, що проектується, а також для проведення наступних спеціальних розрахунків його окремих елементів. Найважливішою характеристикою технологічного устаткування його продуктивність. Вона є вихідною до розрахунку всіх інших необхідних параметрів проектованого об'єкта. Продуктивністю визначаються як розміри самого об'єкта, і окремих його частин, робочих обсягів, накопичувальних чи активних ємностей, габарити і форма, і навіть режим роботи робочих органів. Крім того, від величини продуктивності залежать кінематичні та силові характеристики приводних механізмів, а також величини споживаної потужності приводу. Єдиної методики визначення потужності приводу не існує через велику різноманітність їх типів, а також технологічних процесів та операцій, призначених для переробки продуктів, різних за своїми фізико-механічними властивостями.

Визначення продуктивності м'ясорубки.

Продуктивність м'ясорубки розраховують за формулою кг/с.

$$Q = F_0 U_0 \rho_f,$$

де  $F_0$ - Сумарна площа отворів у перших ножових ґратах, найближчих до шнека, м<sup>2</sup>;

$U_0$ - швидкість просування продукту через отвір першої решітки, м/с;

$\rho$ - щільність продукту, кг/м<sup>3</sup>;

					ДП АПІ 04.24.00.00 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\varphi$ -коефіцієнт використання площі отворів першої решітки ножа  
( $\varphi=0,7 \dots 0,8$ ).

У свою чергу

$$F_0 = \pi d_0^2 / 4 \times z_0,$$

де  $d_0$ - Діаметр отвору, м;

$z_0$ - кількість отворів ножових ґрат, шт.

Швидкість  $U_0$  можна розрахувати як швидкість переміщення гайки щодо гвинта вздовж його осі за формулою м/с,

$$U_0 = \pi n / 60 (r_n + r_b) \operatorname{tg} \beta_{\text{п}} D_{\text{ов}},$$

де  $n$ -Частота обертання шнека,  $\text{мін}^{-1}$ ;

$r_n$  та  $r_b$ - відповідно зовнішній та внутрішній радіуси останнього витка шнека, м;

$D_{\text{ов}}$  - Коефіцієнт об'ємної подачі продукту, який розраховується за формулою

$$D_{\text{ов}} = \omega - \omega_{\text{пр}} / \omega,$$

де  $\omega$  - кутова швидкість шнека, рад/с;

$\omega_{\text{пр}}$  - кутова швидкість продукту, рад/с ( $K_b = 0,35 \dots 0,4$ ).

Визначення потужності електродвигуна м'ясорубки. Потужність електродвигуна м'ясорубки витрачається на розрізання продукту і подолання тертя в ріжучому механізмі, подолання тертя шнека про продукт і просування продукту шнеком. Вона розраховується за формулою, Вт,

$$N = N_1 + N_2 + N_3 / \eta,$$

					ДП АПІ 04.24.00.00 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $N_1$ - Потужність необхідна для розрізання продукту в ріжучому механізмі, Вт;

$N_2$ - Потужність необхідна на подолання тертя в ріжучому механізмі, Вт;

$N_3$ - Потужність, необхідна на подолання тертя шнека про продукт і на просування продукту від завантажувального пристрою до ріжучого інструменту, Вт.

Для м'ясорубки з підрізними ґратами, двома двосторонніми обертовими ножами та двома нерухомими ножовими решітками

$$N_1 = F_p(D_{opr} + 2Kp_1 + D_{op2})n/60 \times a_z,$$

Де  $F_p$ – площа ножових ґрат, м<sup>2</sup>;

$D_{opr}$ - Коефіцієнт використання площі підрізної решітки;

$D_{op1}$  і  $D_{op2}$ - Коефіцієнти використання площі решіток відповідно з великими і дрібними отворами;  $a$ - питома витрата енергії на перерізання продукту, Дж/м<sup>2</sup> ( $a = 2,5 \cdot 10^3 \dots 3,5 \cdot 10^3$  Дж/м<sup>2</sup>);

$z$  – кількість променів біля одного ножа, шт.;

$$N_2 = (\pi n/60) P_3(r_{max} + r_{min})f\psi,$$

де  $P_3$ - зусилля зтягування ріжучого механізму, Н [ $P_3 = Pbz (r_{max} + r_{min})$ ,

$P$ - усереднений тиск на поверхні стику ножів і решіток, Па

( $P = 2 \cdot 1000000 \dots 3 \cdot 1000000$  Па);

$b$ - ширина площі контакту леза ножа та решітки, м;

$r_{max}$  та  $r_{min}$ - відповідно зовнішній і внутрішній радіуси ножа, що обертається, м;

$f$  – коефіцієнт тертя ковзання ножа про решітку за наявності подрібненого продукту ( $f = 0,1$ );

$\psi$  – кількість площин різання;

					ДП АПІ 04.24.00.00 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N_3 = (\pi^2 n / 90) P_{0m} \cdot [(r_H^3 - r_B^3) f_1 + 0,24 t_{cp} (r_H^3 - r_B^3)],$$

де  $P_0$  - Тиск за останнім витком шнека, Па ( $P_0 = 3 \cdot 100000 \dots 5 \cdot 100000$  Па);

$m$  - число витків шнека;

$t_{cp}$  - середній крок між витками шнека, який залежить від їхнього середнього кута підйому  $\beta_{cp}$  та середнього діаметра  $d_{cp}$  ( $t_{cp} = \pi d_{cp} \operatorname{tg} \beta_{cp}$ ),

$f_1$  - Коефіцієнт тертя продукту про шнек.

Визначимо за продуктивністю м'ясорубки швидкість просування продукту та потужність її електродвигуна, якщо м'ясорубка має наступний набір ріжучих інструментів: решітка підрізу; дві ножові решітки із зовнішнім діаметром 105 мм (перша – діаметр отворів 9мм, число отворів 54 шт.; друга – діаметр отворів 5 мм, число отворів 132шт.) два обертових ножа (зовнішній радіус 0,047 м, внутрішній радіус 0,02 м шнек із зовнішнім радіусом 0,045 м та внутрішнім – 0,028 м; частота обертання валу 250 хв.

1. Для визначення швидкості просування продукту в м'ясорубці приймемо крок останнього витка шнека 0,036 м, щільність продукту, що обробляється 1000 кг/м<sup>3</sup>, коефіцієнт об'ємної подачі 0,4, коефіцієнт використання площі отворів першої ножової решітки 0,8. Тоді сумарна площа отворів у перших ножових ґратах

$$F_0 = \pi d_1 / 4 \times z_1 = 3,14 \cdot 0,009^2 / 4 \cdot 54 = 0,0034 \text{ м}^2;$$

Швидкість просування продукту через отвори ножових ґрат визначається за формулою

$$U_0 = \pi n / 60 (r_H + r_B) \operatorname{tg} \beta_{\pi} D_{об},$$

де  $\beta_{\pi} = \operatorname{arctg} 36 / 3,14 \cdot 73 = 9^\circ;$

$$n = \pi U_0 / 60 (r_H + r_B) \operatorname{tg} \beta_{\pi} D_{об},$$

					ДП АПІ 04.24.00.00 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже:

$$n = 3,14 \cdot 0,061 / 60 \cdot (0,045 + 0,028) \cdot 0,16 \cdot 0,4 = 250 \text{ об/хв}$$

Звідси, продуктивність м'ясорубки

$$U_0 = Q / F_0 \rho_f \times 3600 = 350 / 0,0034 \cdot 100 \cdot 0,8 \cdot 3600 = 0,061 \text{ м/с}$$

Для визначення потужності електродвигуна м'ясорубки приймаємо, що питома витрата енергії на перерізання продукту  $a = 3 \cdot 10^3 \text{ Дж/м}^2$ , тиск за останнім витком шнека  $4 \times 100000 \text{ Па}$ , коефіцієнт тертя ковзання ножа про решітку  $= 1$ , коефіцієнт тертя продукту по шнекові  $3$ , коефіцієнт використання площі підрізних грат  $0,42$ , середній кут підйому витків шнека  $2^\circ$  число витків шнека  $4$ , усереднений питомий тиск на поверхні стику ножів та решіток  $2,5 \cdot 1000000 \text{ Па}$ , ширина майданчика контакту леза ножа та решітки  $0,002 \text{ м}$ . Тоді: площа ножових грат

$$F_p = \pi d p^2 / 4 = 3,14 \cdot 105^2 = 0,0086 \text{ м}^2$$

Сумарна площа отворів у другій ножовій решітці

$$F_{02} = \pi d^2 / 4 \times z_2 = 3,14 \cdot 0,005^2 \cdot 132 / 4 = 0,0026 \text{ м}^2$$

Коефіцієнт використання площі:

Першої ножової решітки

$$D_{op1} = 0,0034 / 0,0086 = 0,39$$

					ДП АПІ 04.24.00.00 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Другі ножові грати

$$D_{op2} = 0,0026/0,0086 = 0,30$$

Потужність, необхідна розрізання продукту в ріжучому механізмі

$$N_1 = F_p(D_{opp} + 2Kp_1 + D_{op2})n/60 \cdot a_z = 0,0086 (0,42 + 2 \cdot 0,39 + 0,30) \times \\ \times (250/60) \cdot 3 \cdot 10^3 \cdot 4 = 718 \text{ Вт}$$

Зусилля затягування ріжучого механізму

$$P_3 = P_{bz} (r_{max} - r_{min}) = 2,5 \cdot 1000000 \cdot 0,002 \cdot 4 (0,047 - 0,025) = 440 \text{ Н}$$

Потужність, необхідна для подолання тертя в ріжучому механізмі

$$N_2 = (\pi n/60) P_3 (r_{max} + r_{min}) f \psi = (3,14 \cdot 250/60) \cdot 440 \cdot (0,047 + 0,025) \cdot 0,1 \cdot 4 = 165 \text{ Вт}$$

Потужність, необхідна подолання тертя шнека про продукт і просування продукту по шнеку до ріжучих інструментів,

$$N_3 = (\pi^2 n/90) P_{0m} [(r_n^3 - r_b^3) f_1 + 0,24 t_{cp} (r_n^3 - r_b^3)] = (3,14 \cdot 250/90) \cdot 4 \cdot 100000 \cdot 4 [ \\ (0,045^3 - 0,0028^3) \cdot 0,3 + 0,24 \cdot 3,14 (0,045 + 0,028) \cdot 0,213 (0,045^2 - 0,028^2)] = 1397 \text{ Вт}$$

Звідси потужність електродвигуна м'ясорубки

$$N = N_1 + N_2 + N_3/\eta = 718 + 165 + 1397/1000 \cdot 0,9 = 2,5 \text{ кВт}$$

### 3.2 Розрахунок клинопасової передачі

Початкові дані

					ДП АПІ 04.24.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Обертаючий момент на ведучому валу  $T_1 = T_l = 8 \text{ Н}\cdot\text{м}$ .

Частота обертання ведучого шківa  $n_1 = 1450 \text{ об}\cdot\text{с}^{-1}$ .

Передаточне число передач  $u = 5$ .

Вибір початкових параметрів

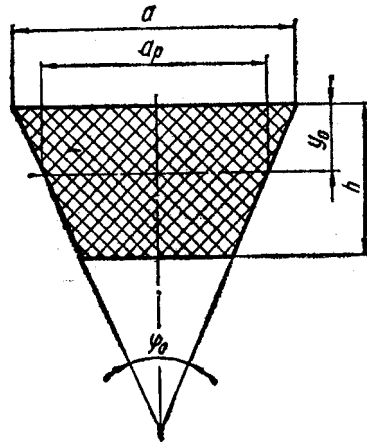


Рисунок 3.1 – Параметри поперечного перерізу паса

Вибрано пас профілю О для якого:

- площа поперечного перерізу:

$$F = 47 \text{ мм}^2;$$

- розміри:

$$a_p = 8,5 \text{ мм}; h = 7 \text{ мм}.$$

Рекомендовані для даного січення пасу діаметр шківa  $D_1$  при куті профілю канавки  $\varphi = 34^\circ$ :

$$D_1 = 63 \text{ мм}.$$

					ДП АПІ 04.24.00.00 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Діаметр веденого шківa:

$$D_2 = \frac{D_1 \cdot n_1}{n_2}.$$

де  $n_2$  - частота обертання веденого шківa:

$$n_2 = \frac{n_1}{u} = \frac{1450}{5} = 290 \text{ об/хв.}$$

$$D_2 = \frac{63 \cdot 1450}{290} = 315 \text{ мм.}$$

Прийнято стандартне значення  $D_2 = 315$  мм.

Дійсна частота обертання веденого валу при коефіцієнті пружного проковзування  $\varepsilon = 0,02$ :

$$n_2 = \frac{D_1 \cdot n_1 (1 - \varepsilon)}{D_2} = \frac{63 \cdot 1450 (1 - 0,02)}{315} = 284,2 \text{ об/хв}$$

Визначення швидкості паса

$$v = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot n_1}{60} = \frac{3,14 \cdot 0,063 \cdot 1450}{60} = 4,7 \text{ м/с.}$$

Міжосьова відстань передачі

При заданому передаточному числі рекомендується відношення

$$\frac{A}{D_2} = 1,2,$$

де  $A$  – міжосьова відстань, мм.

					ДП АПІ 04.24.00.00 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тоді

$$A = 1,2 \cdot D_2 = 1,2 \cdot 315 = 378 \text{ мм}.$$

Кут охоплення на ведучому шківі

$$\alpha_1 = 180^\circ - 2\varphi,$$

$$\varphi = \arcsin \frac{D_2 - D_1}{2A} = 16^\circ.$$

$$\alpha_1 = 180^\circ - 2 \cdot 16^\circ = 148^\circ$$

Кут охоплення  $\alpha_1 > 120^\circ$ , що допустимо.

Довжина паса

$$L = 2A \cos \varphi + \frac{\pi}{2} (D_1 + D_2) + \varphi (D_2 - D_1) = 2 \cdot 378 \cdot \cos 16^\circ + \frac{3,14}{2} (63 + 315) + 0,25 (315 - 63) = 1383 \text{ мм}.$$

Прийнято ближче стандартне значення довжини паса  $L = 1400 \text{ мм}$ .

Кінцева міжосьова відстань

$$A = \frac{1}{2 \cos \varphi} \left[ L - \frac{\pi}{2} (D_2 + D_1) - \varphi (D_2 - D_1) \right] = \frac{1}{2 \cos 0,25} \times \left[ 1400 - \frac{3,14}{2} (315 + 63) - 0,25 (315 - 63) \right] = 383 \text{ мм}.$$

При надяганні паса

					ДП АПІ 04.24.00.00 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$A_{\min} = A - 0,015L = 383 - 0,015 \cdot 1400 = 362 \text{ мм},$$

для компенсації витяжки паса:

$$A_{\max} = A + 0,03L = 383 + 0,03 \cdot 1400 = 425 \text{ мм}.$$

Уточнене значення кута охоплення

$$\alpha_1 = \pi - 2\varphi,$$

$$\varphi = \arcsin \frac{D_2 - D_1}{2A} = \arcsin \frac{315 - 63}{2 \cdot 383} = 0,33 \text{ рад} = 19^\circ 2'$$

$$\alpha_1 = 3,14 - 2 \cdot 0,33 = 2,48 \text{ рад} = 142^\circ$$

Кількість пробігів паса

$$z_n = \frac{1000v}{L} = \frac{1000 \cdot 4,7}{1400} = 3,4 < 10 \text{ с}^{-1}.$$

Колове зусилля

$$F = \frac{1000P_l}{v} = \frac{1000 \cdot 1,5}{4,7} = 320 \text{ Н}.$$

Поправочні коефіцієнти

а) кута охоплення  $C_\alpha = 0,98$ ;

б) швидкості  $C_v = 1,04$ ;

в) режиму роботи  $C_p = 1,0$ .

Прийнявши  $\sigma_0 = 1,2 \text{ Н/мм}^2$ , знайдено корисне напруження

					ДП АПІ 04.24.00.00 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_0 = 1,69 \text{ Н/мм}^2.$$

Допустиме корисне напруження

$$K = K_0 C_\alpha C_v C_p = 1,69 \cdot 0,98 \cdot 1,04 \cdot 1,0 = 1,72 \text{ Н/мм}^2.$$

Число пасів

$$z = \frac{F}{K \cdot F_1} = \frac{320}{1,72 \cdot 47} = 3,9.$$

Початковий натяг комплекту пасів

$$S_0 = \sigma_0 F_1 z C_p = 1,2 \cdot 47 \cdot 4 \cdot 1,0 = 223 \text{ Н}.$$

Кут відхилення

$$\theta = \arctg \left( \frac{K}{2\sigma_0} \cdot \text{ctg} \frac{\alpha_1}{2} \right) = \arctg \left( \frac{1,72}{2 \cdot 1,2} \cdot \text{ctg} \frac{142^\circ}{2} \right) = 13^\circ 8'.$$

Розміри шківів

$$C = 2,5 \text{ мм}; e = 12 \text{ мм}; t = 8 \text{ мм}; S = 7 \text{ мм}.$$

Кут канавки:

на ведучому шківі  $\varphi_1 = 34^\circ$ ;

на веденому шківі  $\varphi_2 = 38^\circ$ .

					ДП АПІ 04.24.00.00 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ширина канавки ведучого і веденого шківів

$$b_1 = a_p + 2C \cdot \operatorname{tg} \frac{\phi_1}{2} = 8,5 + 2 \cdot 6 \operatorname{tg} \frac{34^\circ}{2} = 13,8 \text{ мм};$$

$$b_2 = a_p + 2C \cdot \operatorname{tg} \frac{\phi_2}{2} = 8,5 + 2 \cdot 6 \operatorname{tg} \frac{38^\circ}{2} = 12,2 \text{ мм}.$$

Зовнішні діаметри шківів:

$$D_{31} = D_1 + 2C = 63 + 2 \cdot 2,5 = 68 \text{ мм};$$

$$D_{32} = D_2 + 2C = 315 + 2 \cdot 2,5 = 320 \text{ мм}.$$

Внутрішні діаметри шківів:

$$D_{e1} = D_{31} - 2e = 68 - 2 \cdot 12 = 44 \text{ мм};$$

$$D_{e2} = D_{32} - 2e = 320 - 2 \cdot 12 = 396 \text{ мм}.$$

Ширина шківів:

$$B = t(z-1) + 2S = 8(4-1) + 2 \cdot 7 = 38 \text{ мм}.$$

### 3.3 Моделювання вовчка за допомогою САПР.

Сучасне машинобудування неможливе без застосування систем автоматизованого проєктування (САПР), які забезпечують:

- високу точність розрахунків;
- зменшення термінів проєктування;
- спрощення внесення змін у конструкцію;

					ДП АПІ 04.24.00.00 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- візуалізацію майбутніх виробів;
- інтеграцію з іншими інженерними програмами (CAE, CAM).

При модернізації вовчка МИМ-300, спрямованій на забезпечення безперервної подачі сировини, збільшення об'єму бункера та введення функції реверсування, використання САПР дозволило не лише ефективно виконати розрахунки, але й створити тривимірні моделі всіх елементів конструкції. Для розробки конструктивних змін у вовчку МИМ-300 було використано програмне забезпечення SolidWorks завдяки його широким можливостям:

- створення 3D-моделей;
- виконання інженерних розрахунків у модулі Flow Simulation;
- проведення аналізу напружень (FEA);
- генерування креслень у форматі, що відповідає стандартам ДСТУ.

Було виконано моделювання початкової конструкції шнека, бункера та привідної системи на основі технічної документації. Це дозволило визначити місця, які потребують змін, і закласти основу для аналізу.

					<i>ДП АПІ 04.24.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		50

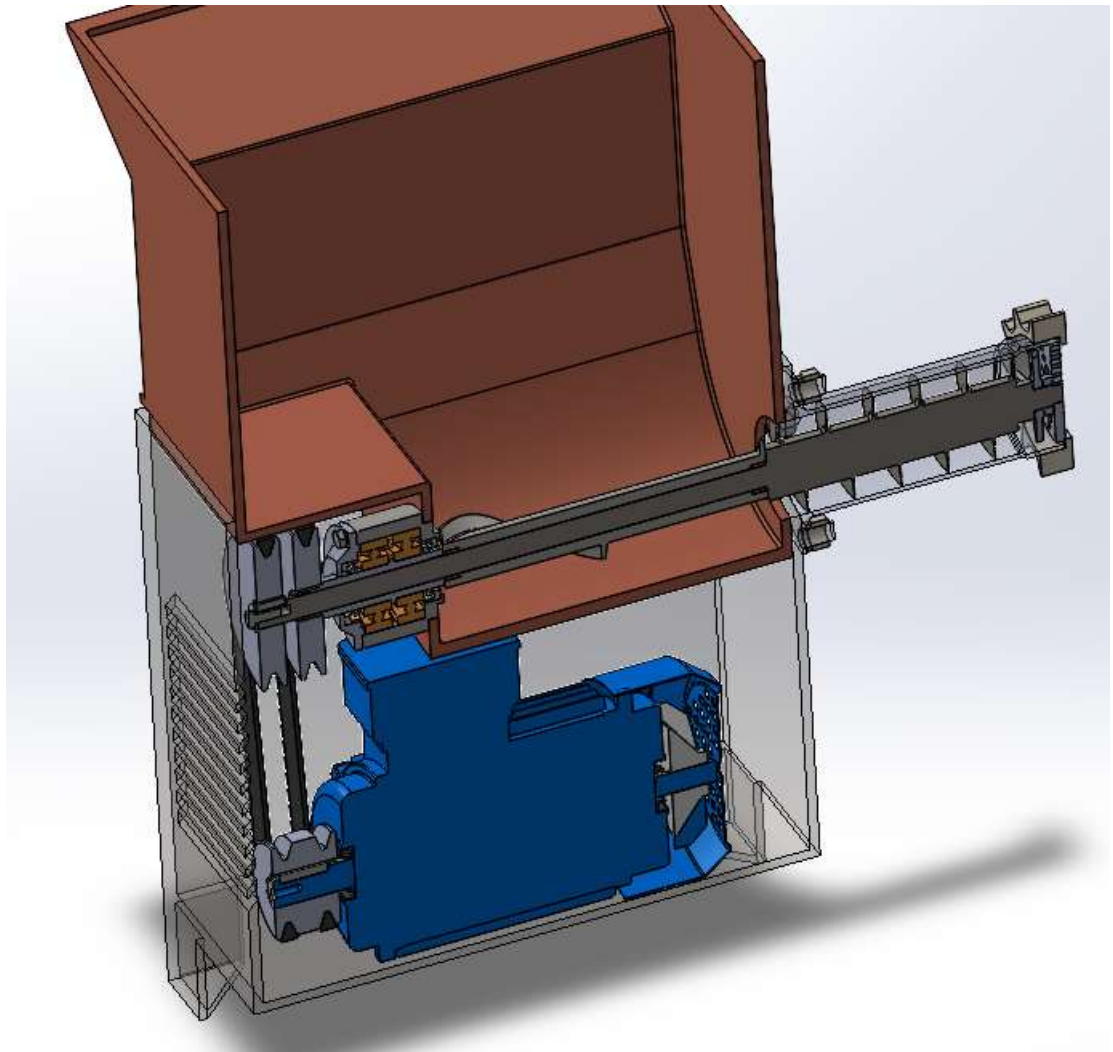


Рисунок 3.2 – Загальний вигляд моделі вовчка

Для забезпечення неперервної подачі м'яса до робочої зони було розроблено додаткову секцію шнека. Виконано моделювання геометрії, яка забезпечує безперервну подачу м'яса.

					ДП АПІ 04.24.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

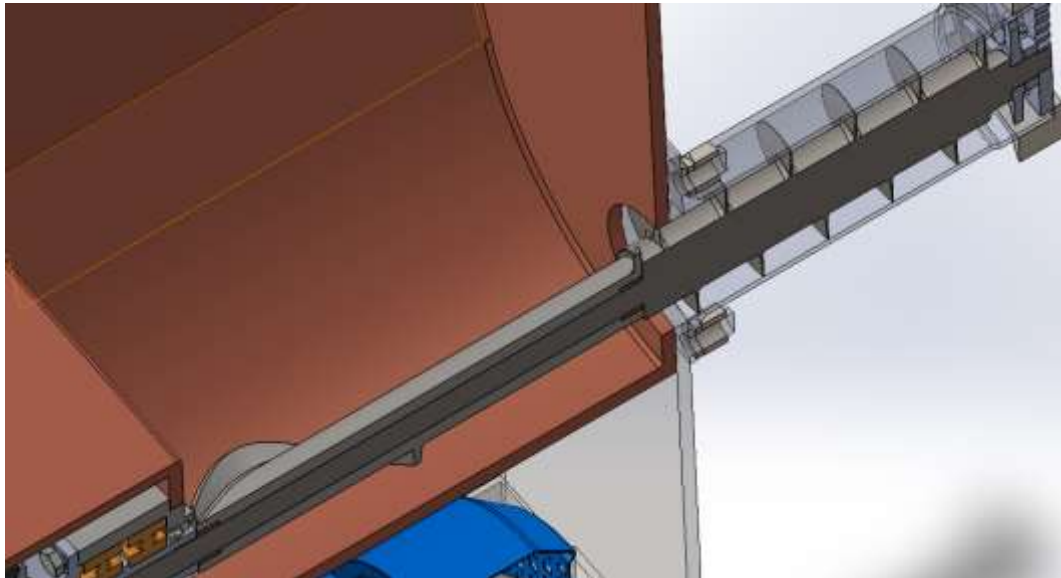


Рисунок 3.3 – вигляд додаткової секції шнека

Також було сконструйовано збільшений бункер, розроблено конструкцію з урахуванням можливості підключення до існуючого вузла шнека.

За допомогою методу кінцевих елементів (FEA) перевірено міцність бункера, шнека та привідного вала. Виявлено критичні зони напружень, які могли б стати причиною поломок, та внесено відповідні коригування.

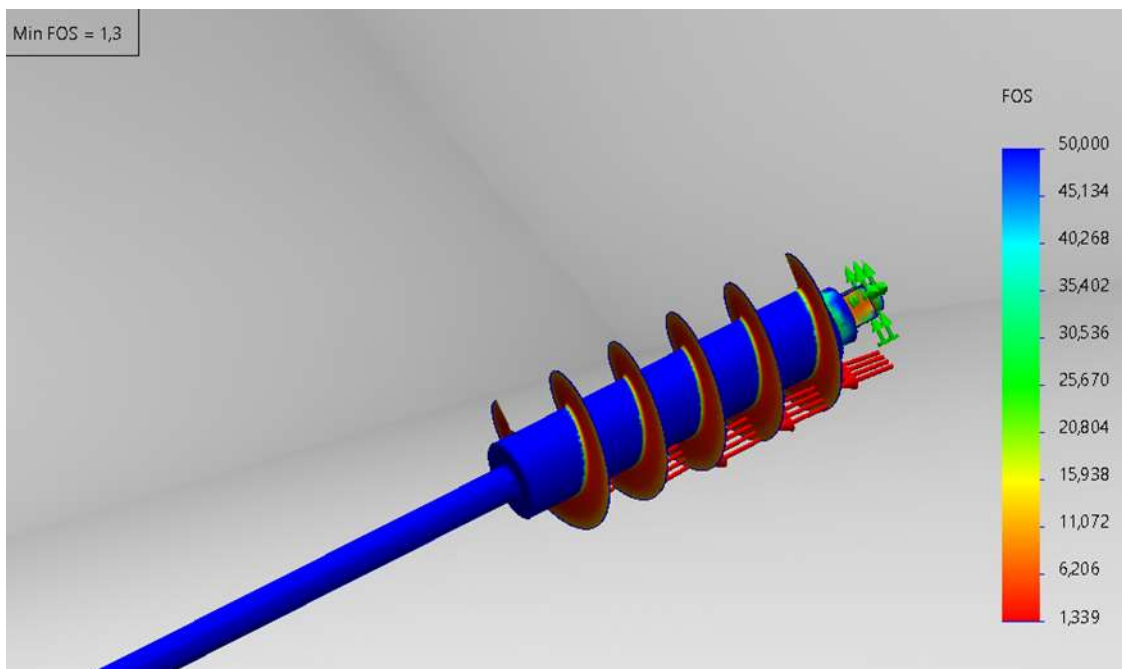


Рисунок 3.4 – Оцінка працездатності модифікованого робочого шнеку

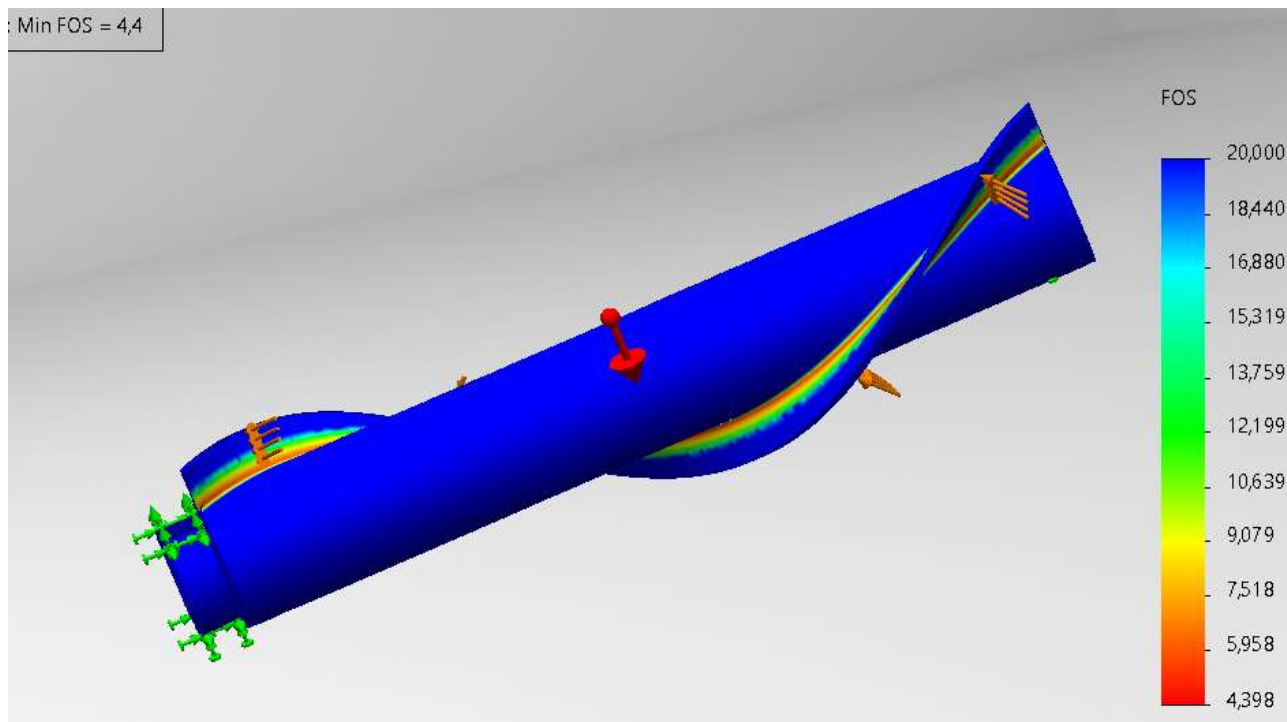


Рисунок 3.5 – Оцінка працездатності модифікованого нагнітального шнеку

Усі розрахунки виконані з урахуванням реальних фізичних умов. Автоматизація процесів проектування дозволила зменшити час розробки на 30% та забезпечення виявлення потенційних проблем ще на етапі проектування. Використання САПР при модернізації вовчка МИМ-300 значно підвищило ефективність проектування, дозволивши реалізувати конструктивні зміни з високою точністю. Завдяки моделюванню та аналізу в SolidWorks було розроблено оптимальну конструкцію, яка забезпечує безперервну подачу сировини, підвищує продуктивність та спрощує обслуговування обладнання.

### 3.4 Електрична схема керування модернізованим вовчком МИМ-300

Електрична схема керування призначена для забезпечення автоматичного запуску, зупинки та реверсування трифазного асинхронного електродвигуна вовчка МИМ-300.

Основними функціями системи є:

					ДП АПІ 04.24.00.00 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Керування роботою двигуна у прямому та зворотному напрямках (реверсування).
- Індикація робочого стану за допомогою сигнальних ламп.
- Захист електродвигуна від перевантажень та коротких замикань.

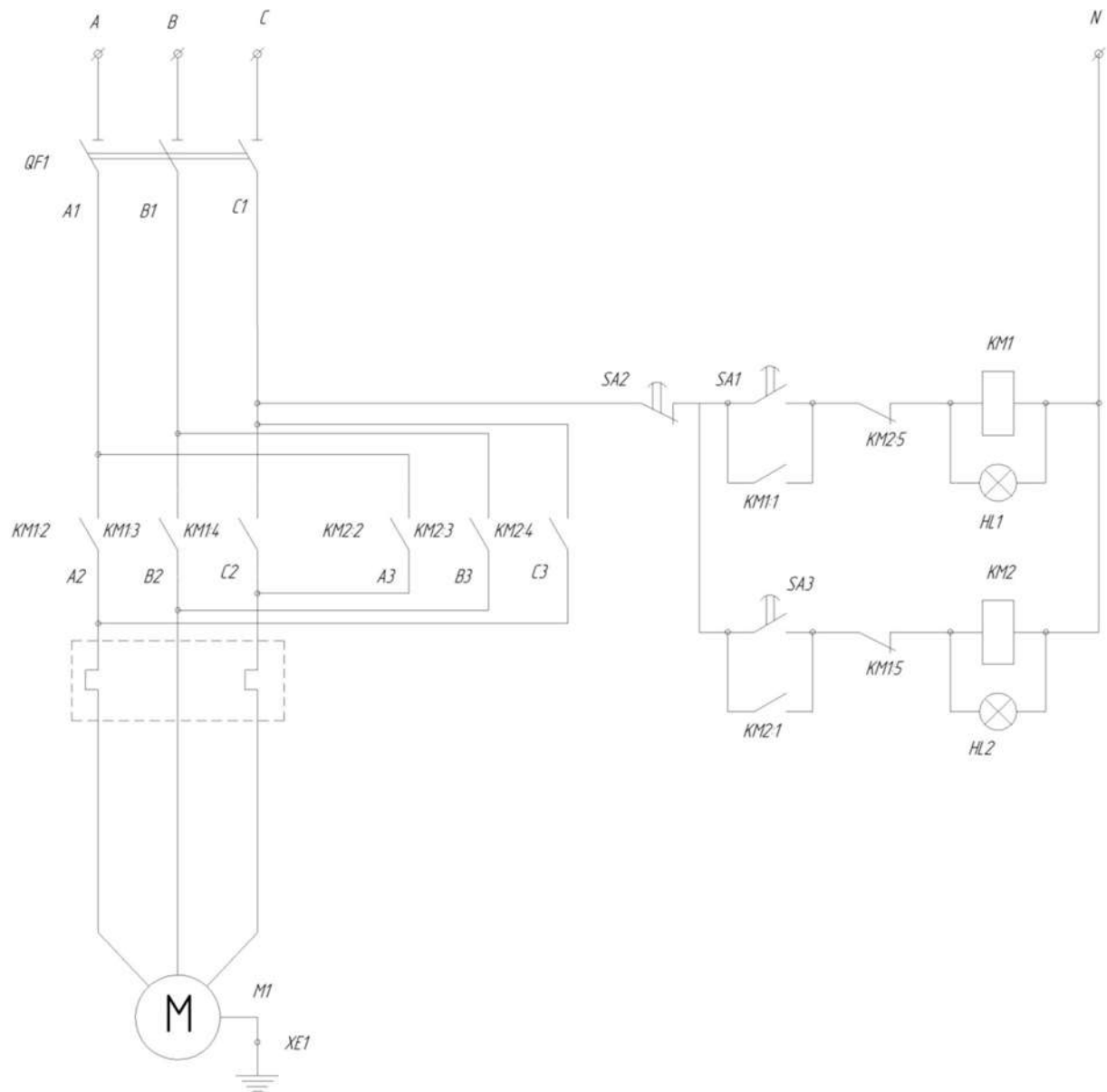


Рисунок 3.6 – Схема електрична модернізованої машини

На рисунку представлена принципова електрична схема керування трифазним двигуном, що включає наступні елементи:

										Арк.
										54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП АПІ 04.24.00.00 ПЗ					

Лінії фазного живлення А, В, С забезпечують подачу трифазного струму на обладнання.

Нейтральна лінія N призначена для підключення до індикаційної та керуючої апаратури.

Автоматичний вимикач виконує функцію захисту схеми від коротких замикань і перевантажень, розриваючи живлення при виникненні аварійної ситуації. Контактори забезпечують комутацію електродвигуна, дозволяючи вмикати, вимикати та реверсувати напрямок його обертання. Електродвигун М1 є трифазним асинхронним з короткозамкненим ротором. Підключення здійснюється через контактори, що забезпечують його живлення та режим роботи. Заземлення двигуна виконується через точку ХЕ1 для забезпечення безпеки експлуатації.

Сигнальні лампи НЛ1, НЛ2 виконують функцію індикації стану контакторів, показуючи режим роботи електродвигуна (увімкнено/вимкнено).

#### Принцип роботи електричної схеми

Після подачі трифазного живлення через автоматичний вимикач QF1, система готова до роботи. При увімкненні перемикача SA1 спрацьовує контактор КМ1, який подає живлення на електродвигун М1. Лампа НЛ1 сигналізує про роботу двигуна в прямому напрямку. Для зміни напрямку обертання двигуна необхідно увімкнути перемикач SA2 або SA3. Відбувається знеструмлення контактора КМ1 та спрацьовування контактора КМ2, що змінює порядок підключення фаз на обмотках двигуна. Сигнальна лампа НЛ2 відображає стан роботи двигуна в реверсному режимі.

Для вимкнення електродвигуна розривається коло живлення через перемикач SA1 або автоматичний вимикач QF1. Для забезпечення надійної та безпечної експлуатації електродвигуна застосовано такі методи захисту:

- Автоматичний вимикач QF1 захищає схему від перевантажень та коротких замикань.

					ДП АПІ 04.24.00.00 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Блокування контакторів унеможлиблює одночасне спрацьовування КМ1 та КМ2, що запобігає аварійному режиму роботи двигуна.
- Заземлення двигуна через точку ХЕ1 забезпечує безпеку обслуговуючого персоналу.

Електрична схема керування трифазним двигуном вовчка МИМ-300 забезпечує ефективне керування його роботою, реверсування та контроль безпечної експлуатації. Завдяки захисним елементам та функціональності система відповідає вимогам надійності та безпеки у виробництві ковбасних виробів.

					<i>ДП АПІ 04.24.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						56
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

#### 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА

Виробництво харчової продукції, зокрема ковбасних виробів, є сферою, яка потребує особливої уваги до безпеки. Цей аспект охоплює як захист працівників від потенційних травм і впливу несприятливих факторів, так і гарантування якості продукції для кінцевого споживача. Промислові м'ясорубки, такі як МІМ-300, працюють із підвищеними механічними та електричними навантаженнями, а їх експлуатація передбачає використання рухомих частин і електрообладнання. Тому необхідно забезпечити максимальну безпеку для персоналу, мінімізувавши ризик травматизму під час роботи та обслуговування. Додатково, оскільки м'ясо є чутливим до мікробіологічного забруднення продуктом, важливим є дотримання санітарних норм і регулярне очищення обладнання. Рішення, впроваджені в ході модернізації МІМ-300, спрямовані на покращення безпеки в усіх аспектах – механічному, електричному, гігієнічному та ергономічному.

У цьому розділі детально розглядаються заходи, які були реалізовані для забезпечення безпеки персоналу та стабільності якості продукції під час експлуатації модернізованого обладнання.

Основні аспекти безпеки:

Механічна безпека:

Всі рухомі частини обладнання (шнек, ножовий блок) захищені кожухами, що запобігають доступу до них під час роботи.

Конструкція бункера передбачає використання захисного штовхача для завантаження сировини, що виключає контакт рук оператора з шнеком.

Електробезпека:

Модернізований двигун обладнаний захистом від перевантажень та короткого замикання.

Реверсивна схема роботи двигуна має блокування, яке запобігає одночасному увімкненню двох напрямків обертання.

					ДП АПІ 04.24.00.00 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Електрообладнання відповідає стандартам IP54, що забезпечує захист від вологи та пилу.

Гігієнічна безпека:

Матеріали, що використовуються в конструкції (нержавіюча сталь, харчові пластики), стійкі до корозії та легко очищуються.

Система реверсу дозволяє швидко очищати ножовий блок, що зменшує ризик мікробіологічного забруднення.

Всі поверхні, які контактують із сировиною, оброблені відповідно до санітарних норм.

Ергономіка та комфорт працівників:

Збільшений бункер зменшує частоту завантажень, що знижує фізичне навантаження на оператора.

Простота розбирання та очищення обладнання зменшує ризик травматизму під час обслуговування.

Інструктаж і навчання персоналу

Для забезпечення безпечної експлуатації обладнання працівники проходять:

Первинний і регулярний інструктаж з техніки безпеки.

Навчання щодо правильного використання захисних засобів.

Ознайомлення з процедурами екстреної зупинки обладнання.

					ДП АПІ 04.24.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

## ВИСНОВОК

Реалізовані зміни в конструкції вовчка МИМ-300 дозволили досягти наступних результатів:

Підвищення продуктивності: забезпечення неперервного подрібнення сировини дозволило збільшити вихід продукції.

Зниження витрат часу: збільшений бункер зменшив частоту завантажень, а реверсування двигуна спростило обслуговування.

Покращення якості продукції: стабільна подача м'яса забезпечила рівномірність подрібнення.

					ДП АПІ 04.24.00.00 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# ДОДАТКИ

					ДП АПІ 04.24.00.00 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		