

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ
Інститут (факультет) ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого
Кафедра Машини і апарати харчових та фармацевтичних виробництв

«До захисту в ЕК»
 Директор інституту(декан факультету)

 (підпис) **Блаженко С.І.**
 (прізвище та ініціали)

«__» _____ 20__ р.

«До захисту допущено»
 Завідувач кафедри МАХФВ

 (підпис) **Гавва О.М.**
 (прізвище та ініціали)

«__» _____ 20__ р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
 (код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Інжинірінг харчових виробництв

на тему: Обґрунтування конструкційних і режимних параметрів вовчка К7-ФВП-160

Виконав: здобувач 2 курсу, групи 5

Христонько Наталія Володимирівна
 (прізвище, ім'я, по батькові повністю)

_____ (підпис)

Керівник Чепелюк Олена Олександрівна
 (прізвище, ім'я та по батькові повністю)

_____ (підпис)

Консультанти _____

(прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент _____

Васильківський К.В.
 (прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Засвідчую, що в цій кваліфікаційній роботі немає запозичень із праць інших авторів без відповідних посилань.

Здобувач _____ (підпис)

Київ – 2021 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

Кафедра машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв

Освітній ступінь магістр

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

(код і назва)

Освітньо-професійна програма Інжиніринг харчових виробництв

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Гавва О.М.

“ _____ ” _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Христонько Наталії Володимирівни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Обґрунтування конструкційних і режимних параметрів вовчка К7-ФВП-160

керівник роботи доцент Чепелюк Олена Олександрівна,

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “05” листопада 2020 року
№ 925-кс

2. Строк подання здобувачем роботи 02.02.2021р.

3. Вихідні дані до роботи: технічний паспорт; продуктивність – 3000 кг/год; сировина – безкісткове м'ясо; номінальний діаметр решіток – 160 мм.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ;

1. Аналіз сучасного стану процесу подрібнення на м'ясорізальних вовчках; 2.

Об'єкт та методика досліджень; 3. Результати досліджень; 4. Розрахункова

частина; 5. Вибір конструкційних матеріалів; 6. Вимоги до монтажу, ремонту та

експлуатації; 7. Охорона праці; Висновки; Список використаної літератури;

Додатки

5. Перелік графічного матеріалу

Креслення загального виду – 2 листа формату А1; ріжучий механізм – формат

А1; робочі органи – А1.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 06.11.2020 р.**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Аналіз сучасного стану процесу подрібнення на м`ясорізальних вовчках	12.11.2020	виконано
2.	Об`єкт та методика досліджень	25.11.2020	виконано
3.	Результати досліджень	20.01.2021	виконано
4.	Розрахункова частина	21.01.2021	виконано
5.	Вибір конструкційних матеріалів;	23.01.2021	виконано
6.	Вимоги до монтажу, ремонту та експлуатації	24.01.2021	виконано
7.	Охорона праці	25.01.2021	виконано
8.	Висновки	28.02.2021	виконано
9.	Список використаної літератури	29.02.2021	виконано
10	Креслення ЗВ	01.02.2021	виконано
11	Креслення вузлів і деталей	01.02.2021	виконано

Здобувач

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Магістерська робота на тему: «Обґрунтування конструкційних і режимних параметрів вовчка К7-ФВП-160» містить 93 – сторінки пояснювальної записки, 57 – рисунків, 4 – таблиці, 24 – використаних джерела, додатки, що включають 4 креслення формату А1, 2 – специфікації, 2 – публікації за темою роботи та патент на корисну модель (№141340).

В роботі розглянуто процеси, що відбувається у вовчку марки К7-ФВП-160, призначеному для подрібнення безкісткового жилованого м'яса і м'ясопродуктів при виробництві фаршу для ковбасних та інших м'ясних виробів. Проаналізовано вплив геометричних параметрів нагнітального шнека (кроку між витками) і решітки (діаметра отворів), а також частоти обертання нагнітального шнека на витрати енергії. Промодельовано складний рух м'ясної сировини в корпусі вовчка, досліджено рівномірність руху фаршу на виході з ріжучого комплекту.

В ході виконання магістерської роботи використаний метод імітаційного моделювання у програмному комплексі SolidWorks та побудоване критеріальне рівняння, яке характеризує витрати енергії на процес.

Запропонований варіант удосконалення вовчка, а саме системи подачі сировини. Зменшити навантаження на решітки ріжучого механізму, втрати м'ясного соку під час подрібнення, покращити якість готової продукції можливо шляхом виконання витків приймального і робочого шнеків, розташованих під завантажувальним бункером, з ріжучими кромками.

Ключові слова: вовчок, м'ясо, подрібнення, шнек, ріжучий комплект, тиск, швидкість, витрати енергії.

ANNOTATION

Master's thesis on the topic: "Substantiation of structural and mode parameters of the wolf K7-FVP-160" contains 93 - pages of explanatory note, 57 - figures, 4 - tables, 24 - used sources, applications, including 4 drawings of A1 format, 2 - specifications, 2 - publications on the topic of work and a patent for a utility model (№141340).

The paper considers the processes occurring in the K7-FVP-160 wolf, intended for grinding boneless trimmed meat and meat products in the production of minced meat for sausages and other meat products. The influence of geometrical parameters of the injection auger (step between turns) and lattice (diameter of holes), as well as the frequency of rotation of the injection auger on energy consumption is analyzed. The complex movement of raw meat in the body of the wolf is modeled, the uniformity of the movement of the minced meat at the exit of the cutting set is investigated.

In the course of the master's thesis, the method of simulation modeling in the SolidWorks software package was used and a criterion equation was constructed, which characterizes the energy consumption for the process.

The variant of improvement of a wolf, namely system of giving of raw materials is offered. To reduce the load on the lattice of the cutting mechanism, the loss of meat juice during grinding, to improve the quality of the finished product is possible by making turns of the receiving and working augers located under the loading hopper, with cutting edges.

Keywords: wolf, meat, mincer, auger, cutting set, pressure, speed, energy consumption.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ НА М'ЯСОРИЗАЛЬНИХ ВОВЧКАХ	10
1.1. Огляд конструкцій м'ясорізальних вовчків	10
1.2. Математична модель процесу подачі м'ясної сировини до різального комплекту.....	17
1.3. Фізична модель процесу подрібнення у вовчках.....	22
РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ	27
2.1. Процес подрібнення безкісткового м'яса на вовчку К7-ФВП-160 як об'єкт дослідження	27
2.2. Методика дослідження	31
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	38
3.1. Імітаційне моделювання процесу нагнітання фаршу.....	38
3.2. Побудова критеріального рівняння процесу подрібнення у вовчку	53
3.3. Аналіз напружено-деформованого стану структурних складових вовчка.....	59
РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА.....	61
4.1. Технологічний розрахунок.....	61
4.2. Розрахунок кінематичний	63
4.3. Розрахунок механічний	65
РОЗДІЛ 5. ВИБІР КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ.....	70
РОЗДІЛ 6. ВИМОГИ ДО МОНТАЖУ, РЕМОНТУ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВОВЧКА.....	72
6.1. Монтаж.....	72
6.2. Експлуатація	73
6.3. Пуск та наладка	75
6.4. Ремонт	76

					150554.МР.33.00.ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата	Зміст					
Розроб.		Христонько Н.В.						Літ.	Аркцш	Аркцшів
Перевір.		Чепелюк О.О.						1	2	
Реценз.								НУХТ ННІТІ ОХ-2-5М		
Н. Контр.										
Затверд.		Гавва О.М.								

РОЗДІЛ 7. ОХОРОНА ПРАЦІ	78
7.1. Вимоги безпеки до конструкцій вовчків	78
ВИСНОВКИ.....	89
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	91
ДОДАТКИ	

					Зміст	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

ВСТУП

М'ясопереробна галузь залишається для України пріоритетною і стратегічною. Посилення процесів глобалізації та інтеграція України до світової спільноти висувають нові вимоги до розвитку м'ясопереробної галузі: відповідність міжнародним стандартам якості, екологічності та безпеки; перехід на інноваційну модель розвитку галузі та активне впровадження сучасних ресурсозберігаючих технологій виробництв на основі комплексного використання сировини тощо [1].

Одним із найбільш поширених видів обладнання, яке використовується в м'ясопереробній галузі, є вовчки. Операції різання та подрібнення сировини у виробництві ковбас та фаршу впливають на якісні показники готового продукту.

З літературних джерел відомо, що якість готового продукту залежить від ефективності роботи різальних механізмів вовчків. Вже на наступних технологічних операціях буде неможливо виправити недоліки технологічної обробки, отримані на стадії подрібнення сировини.

Всі моделі машин, що представлені на ринку, мають схожий принцип роботи та конструкційне оформлення. Але більш конкурентоспроможними є моделі, які мають кращі показники роботи завдяки обґрунтованим відмінностям конструкцій різальних комплектів та різальних вузлів, а також відмінностям у кінематичних параметрах. Виробники, які на своїх виробництвах використовують вовчки, прагнуть до досягнення максимального економічного ефекту, який обумовлюється такими складовими, як підвищення продуктивності та довговічності. В сучасних умовах подальший розвиток вовчків підпорядковується загальним тенденціям ринку, тобто йде в напрямках

					150554.МР.33.00.ПЗ					
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Вступ					
<i>Розроб.</i>	Христонько Н.В.							<i>Літ.</i>	<i>Аркцш</i>	<i>Аркцшів</i>
<i>Перевір.</i>	Чепелюк О.О.								1	2
<i>Реценз.</i>								НУХТ ННІТІ ОХ-2-5М		
<i>Н. Контр.</i>										
<i>Затверд.</i>	Гавва О.М.									

підвищення питомої продуктивності та зменшення експлуатаційних витрат на купівлю різального інструменту. Зростання питомої продуктивності дає можливість підвищити випуск продукції без збільшення капітальних та експлуатаційних витрат на утримання технологічного обладнання.

					Вступ	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ НА М'ЯСОРІЗАЛЬНИХ ВОВЧКАХ

М'ясопереробна промисловість характеризується великою різноманітністю технологічного обладнання. В сучасних умовах розвиток технологічних процесів виробництва м'ясних продуктів іде в напрямку інтенсифікації та використання нових прогресивних методів обробки і відповідного технологічного обладнання. У той же час на харчових підприємствах є великий парк діючого обладнання усталених зразків. Це обумовлено раціональністю прийнятих принципів дії такого обладнання та надійністю в експлуатації конструкції. Тому необхідним є подальший розвиток такого обладнання, який дасть можливість суттєво покращувати його показники без принципових змін у конструкції.

1.1. Огляд конструкцій м'ясорізальних вовчків

М'ясорізальні вовчки – це такий вид обладнання, що входить до складу більшості технологічних ліній і процесів із виготовлення ковбасних виробів та м'ясних консервів. Вовчки подрібнюють як заморожене, так і незаморожене м'ясо та іншу харчову сировину (сир, овочі тощо). Не дивлячись на відносну простоту конструкції вовчків, до ефективності їх роботи висуваються досить суворі вимоги, тому що якість подрібнення м'ясної сировини (відсутність пошкодження білкових волокон) значною мірою визначає якість готового продукту. Це призводить до необхідності більш чіткого вибору конструктивних рішень під час створення нових моделей цього виду машин.

					<i>150554.MP.33.01.ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Христонько Н.В.</i>			Розділ 1. Аналіз сучасного стану процесу подрібнення на м'ясорізальних вовчках <i>НУХТ ННІТІ ОХ-2-5М</i>		
<i>Перевір.</i>		<i>Чепелюк О.О.</i>					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затверд.</i>		<i>Гавва О.М.</i>					
					<i>Літ.</i>	<i>Аркцш</i>	<i>Аркцшів</i>
						1	17

Вовчок марки К6-ФВП-120

У вовчку К6-ФВП-120 (рис.1.1) два шнеки встановлені в одну лінію – подаючий 5 і живильний 8, при цьому обертаються з різними швидкостями. У вовчка присутня зварна станина 1, на яку встановлено корпус циліндра 6 з гвинтовими ребрами 7 всередині. Спереду в корпусі встановлена гільза 2, в якій є решітки ріжучого механізму 3. Ножі закріплено на хвостовику шнека. До корпусу шнеків 15 прикріплено корпус підшипників 12. На підшипниках встановлений проміжний порожнистий вал, в якому обертається приводний вал подаючого шнека, що знаходиться в корпусі. Подаючий шнек складається з суцільного вала 9, ну і власне самого шнека 5. Привод подаючого шнека складається з клинопасової передачі 13, ведений шків якої встановлений на приводному валу, і електродвигуна 14. Спіраль живильного шнека 8 з'єднується з порожнистим валом і обертається всередині вала подаючого шнека. Живильний шнек приводиться в рух від автономного мотор-редуктора 11 через ланцюгову передачу. М'ясо у вовчок подається через завантажувальну горловину 10.

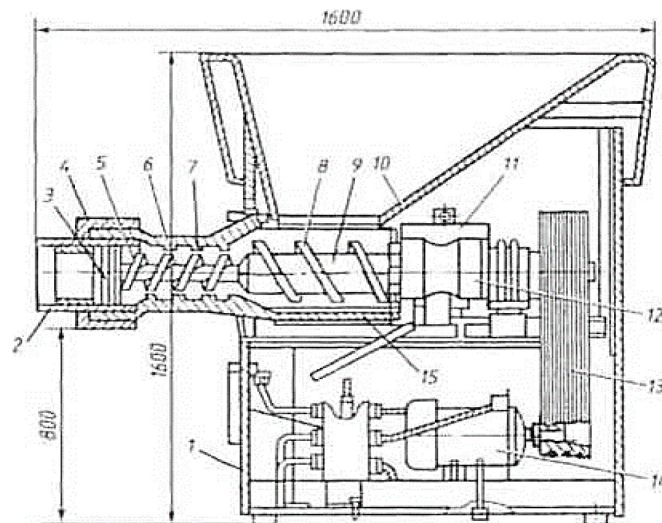


Рис.1.1. Вовчок марки К6-ФВП-120:

- 1) – станина; 2) – гільза; 3) – механізм різання; 4) – гайка накидна;
5) – подаючий шнек; 6) – корпус циліндра; 7) – ребро; 8) – шнек живильний;

					<i>Аналіз сучасного стану процесу подрібнення на м'ясорізальних вовчках</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

9) – вал суцільний; 10) – завантажувальна горловина; 11) – мотор-редуктор;
12) – корпус для підшипників; 13) – клинопасова передача; 14) –
електродвигун; 15) – корпус для шнеків

Технічна характеристика

Продуктивність _____ 2500 кг/год

Електродвигун

Потужність _____ 14,7 кВт

Габаритні розміри, мм

Довжина _____ 1600

Ширина _____ 900

Висота _____ 1600

Маса _____ 1200 кг

Вовчок марки ФМП - 2-120

У вовчку (рис.1.2) шнеки спіральний живильний 7 і подаючий 1 встановлені паралельно і у вертикальній площині. Вовчок складається з литої чавунної станини 12 із завантажувальною горловиною 6, до якої прикріплений литий циліндричний корпус 2 ріжучого механізму 3. Три решітки на шпонці встановлюють в горловині циліндричного корпусу і весь ріжучий механізм 5 затягують накидною гайкою 4.

Всі ці механізми приводяться в рух від електродвигуна 11 через клинопасову 10 і ланцюгову 8 передачу і редуктор 9. Електродвигун 11 з'єднаний зі шківом 10, від якого через клинові ремені 9 і шків 8 приводиться в обертання вал першого ступеня редуктора. Через шестерню 12 і зубчасте колесо 13 обертання передається на вихідний вал першого ступеня, до якого муфтою приєднаний подаючий шнек 1. Далі через шестерню 2 і зубчасте колесо 3 другого ступеня рух передається на вихідний вал другого ступеня, від якого через зірочки

					<i>Аналіз сучасного стану процесу подрібнення на м`ясорізальних вовчках</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

7 і 5 і ланцюг 6 обертається живильна спіраль 4. Електродвигун має потужність 10 кВт і частоту обертання 24 с^{-1} . Частота обертання подаючого шнека $5,0 \text{ с}^{-1}$, живильного – $0,52 \text{ с}^{-1}$.

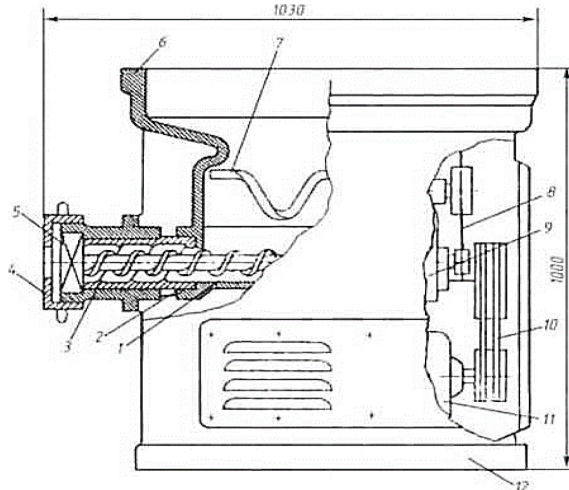


Рис. 1.2. Вовчок ФМП - 2-120

- 1) – подаючий шнек; 2) – циліндричний корпус; 3) – гільза; 4) – гайка накидна;
 5) – механізм різання; 6) – завантажувальна горловина; 7) – подаюча спіраль;
 8) – ланцюгова передача; 9) – редуктор; 10) – клинопасова передача;
 11) – електродвигун; 12) – станина

Технічна характеристика

Продуктивність _____ 2000 кг/год

Електродвигун

Потужність _____ 10 кВт

Габаритні розміри, мм

Довжина _____ 1030

Ширина _____ 500

Висота _____ 1000

Маса _____ 500 кг

					<i>Аналіз сучасного стану процесу подрібнення на м'ясорізальних вовчках</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

Вовчок марки МП-1-160

Вовчок марки МП-1-160 (рис.1.3) має два шнеки – подаючий 7 і спіральний живильний 10, вони встановлені паралельно в горизонтальній площині. Приводяться в рух від електродвигуна 6 через клинопасову передачу 5 і редуктор 4.

Повністю всі ці механізми змонтовані всередині станини, вилитою повністю з чавуну 1, на яку зверху встановлюють завантажувальну горловину, а спереду на горловину прикріплюють циліндричний корпус 9 ріжучого механізму 8. Ріжучий механізм складається з 2-ох хрестоподібних ножів і 3-ох решіток:

- 1) приймальної,
- 2) проміжної
- 3) вихідної.

Решітки діаметром 160 мм, в решітках отвори 3, 6, 8, 12, 16, 23 мм.

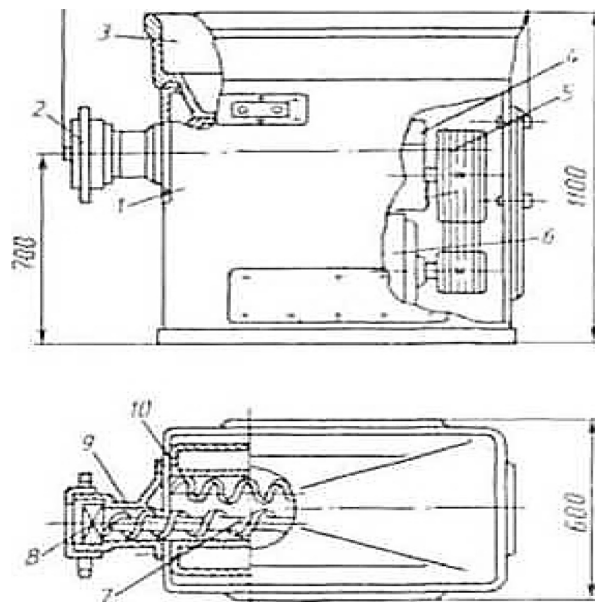


Рис. 1.3. Вовчок марки МП 1-160:

1) – станина; 2) – гайка накидна; 3) – завантажувальна горловина; 4) – редуктор; 5) – клинопасова передача; 6) – електродвигун; 7, 10) – подаючий і живильний шнеки, 8) – механізм різання, 9) – циліндричний корпус

					<i>Аналіз сучасного стану процесу подрібнення на м'ясорізальних вовчках</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

Рух передається від електродвигуна **10** (рис.1.4.) потужністю 14 кВт через шків **9** і **7** і клинові ремені **8** до першого ступеня редуктора. Двоступеневий редуктор має 2 виходи і забезпечує частоту обертання:

- 1) подаючого шнека $3 \dots 4,6 \text{ с}^{-1}$,
- 2) живильного шнека $2 \dots 1,18 \text{ с}^{-1}$.

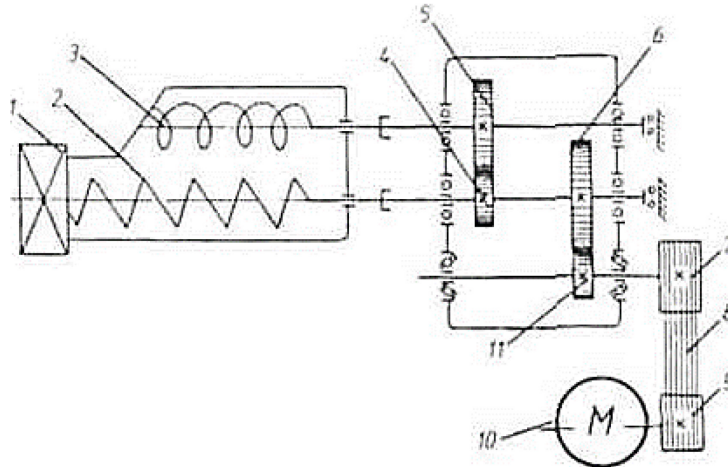


Рис. 1.4. Кінематична схема вовчка МП-1-160:

- 1) – механізм різання; 2, 3) – шнеки: живильний і подаючий; 4, 11) – шестерні;
5, 6) – зубчасті колеса; 7, 9) – шків; 8) – клинові ремені; 10) – електродвигун

Технічна характеристика

Продуктивність _____ 1500...3700 кг/год

Електродвигун

Потужність _____ 14 кВт

Габаритні розміри, мм

Довжина _____ 1380

Ширина _____ 610

Висота _____ 1100

Маса _____ 780 кг

					Аналіз сучасного стану процесу подрібнення на м'ясорізальних вовчках	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

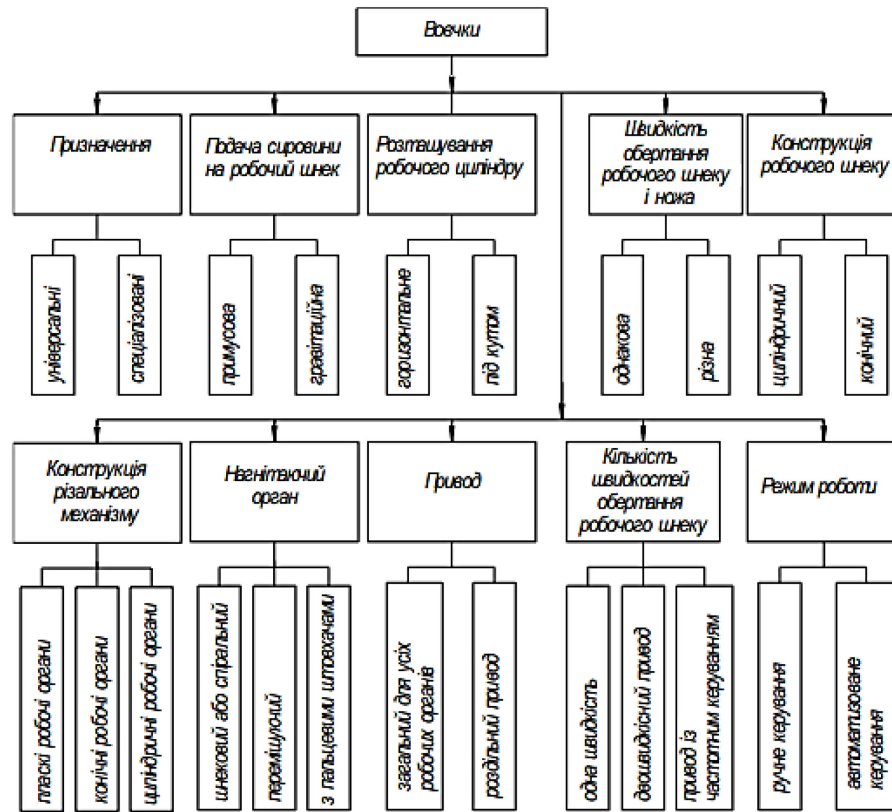


Рис.1.5 Класифікаційна схема конструкцій вовчків

Різальний комплект вовчка складається з ножів і решіток, які встановлені по чергово. Найбільш поширеною є схема, зображена на рис. 1.6, – це три решітки: приймальна, проміжна та вихідна решітки, а також розташовані між ними два чотирилезові ножі.

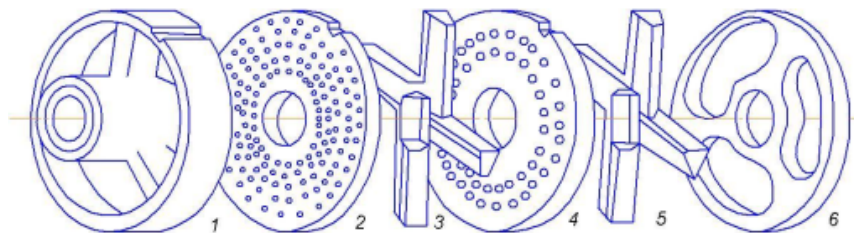


Рис. 1.6. Схема різального комплекту вовчка:

1) – кільце-підпора; 2) – вихідна решітка; 3) – чотирилезовий ніж; 4) – проміжна решітка; 5) – приймальна решітка

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Аналіз сучасного стану процесу подрібнення на м`ясорізальних вовчках

Арк.

7

1.2. Математична модель процесу подачі м'ясної сировини до різального комплекту

Математичне моделювання – потужний інструмент розв'язування технологічних, інженерних і наукових проблем, що ґрунтується на використанні математичних моделей. Сучасні досягнення науки і техніки були б неможливими без побудови математичних моделей. Розумно керувати складними процесами в наш час теж неможливо без використання адекватних математичних моделей. Зараз епоха відповідальних рішень, які необхідно приймати не інтуїтивно, а на науковій основі з використанням математичних моделей.

Призначення математичної моделі процесу подачі м'ясної сировини до різального комплекту вовчка полягає у сприянні в дослідженні інтенсивності подачі сировини в різних зонах робочої площі решіток різального вузла, а також у підвищенні точності аналітичного визначення продуктивності вовчка під час проектних розрахунків. Математична модель повинна описувати процес руху сировини в робочому циліндрі вовчка під дією обертового шнека, а також враховувати вплив конструктивного виконання різального вузла на процес подачі сировини.

Структурний аналіз подрібнювального обладнання показує, що тільки основних параметрів оптимізації його конструкції та процесу подрібнення налічується більше 20, а загальна кількість цих змінних наближається до 30 найменувань. Про необхідність розробки коректної математичної моделі розрахунку конструктивних елементів вовчків та параметрів процесу подрібнення харчових матеріалів свідчить неповнота висвітлення в літературі теорії різання і деформації м'ясної сировини, її незавершеність, а також недостатнє наукове обґрунтування розроблюваних варіантів вовчків, що підтверджується надмірним різноманіттям конструктивних особливостей існуючої подрібнювальної техніки.

					<i>Аналіз сучасного стану процесу подрібнення на м'ясорізальних вовчках</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Такий стан справ зумовлений тією об'єктивною обставиною, що мінімальна кількість параметрів, за якими необхідно здійснювати оптимізацію процесу подрібнення (екструзії і різання) м'ясної сировини у вовчках занадто велика.

Найбільш загальним підходом, що дозволяє врахувати вплив на процес подрібнення максимальної кількості визначальних чинників, є енергетичний. Прописуючи математичну модель процесу в формі рівняння руху матеріалу, що подрібнюється, починаючи від завантажувальної камери і до його закінчення з вихідної решітки після різання і переходячи до рівняння збереження енергії, отримаємо вираз для продуктивності вовчка в залежності від його основних конструктивних параметрів.

Основними конструктивно-технологічними характеристиками вовчка прийняті параметри, взяті з технічної документації.

Додатковим елементом уточненої математичної моделі є момент затяжки гайки решітки $M_{зат}^p$, який зумовлює величину моменту тертя в парі ніж – решітка $M_{тр}^{н.р.} = f(M_{зат}^p)$, а також ряд інших технологічних параметрів (наприклад, температуру фарша).

Для опису процесу переміщення м'ясної сировини в циліндрі вовчка і різання при продавлюванні через вихідну решітку використовувалося рівняння збереження енергії в формі рівняння балансу потужностей.

При цьому в структурі складних процесів екструзії і різання, крім зазначених у роботі, виділена така значуща компонента складових втрат потужності вовчка, як потужність тертя в кінематичній парі ніж – решітка.

Беручи за узагальнені координати поздовжнє переміщення X м'ясної сировини уздовж осі циліндричного корпусу вовчка і кутове переміщення ω навколо цієї осі, запишемо рівняння збереження енергії в кожен момент часу в вигляді [3]:

					<i>Аналіз сучасного стану процесу подрібнення на м'ясорізальних вовчках</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		9

$$dV = \frac{M_{\text{прив}} - M_{\text{тр}}^{\text{ц.ок}} - M_{\text{ніж}}^{\text{різ}} - M_{\text{ніж}}^{\text{деф}} - M_{\text{тр}}^{\text{н.р}}}{F_{\text{різ}}^{\text{отв}} + F_{\text{тр}}^{\text{отв}} + F_{\text{тр}}^{\text{ц.ос}} + F_{\text{тр}}^{\text{ш}} + F_{\text{деф}}^{\text{мяс}}} d\omega$$

Момент сил тертя в парі ніж – решітка (додатковий компонент)

$$M_{\text{тр}}^{\text{н.р.}} = f(M_{\text{зат}}^{\text{р}}),$$

де $M_{\text{зат}}^{\text{р}}$ – момент затяжки гайки вихідної решітки, Н·м.

Вважаючи узагальнені сили незалежними від узагальнених швидкостей, після інтегрування виразу отримаємо:

$$V = \frac{M_{\text{прив}} - M_{\text{тр}}^{\text{ц.ок}} - M_{\text{ніж}}^{\text{різ}} - M_{\text{ніж}}^{\text{деф}} - M_{\text{тр}}^{\text{н.р}}}{F_{\text{різ}}^{\text{отв}} + F_{\text{тр}}^{\text{отв}} + F_{\text{тр}}^{\text{ц.ос}} + F_{\text{тр}}^{\text{ш}} + F_{\text{деф}}^{\text{мяс}}} \omega$$

Записуючи рівняння руху сировини в процесі його подачі всередині циліндричного корпусу шнековим механізмом і різання багатоперовим ножом, а також враховуючи дисипативні втрати енергії на тертя і деформацію, отримуємо вираз для продуктивності вовчка в залежності від його основних конструктивних і технологічних параметрів:

$$Q = \rho \frac{M_{\text{прив}} - M_{\text{тр}}^{\text{ц.ок}} - M_{\text{ніж}}^{\text{різ}} - M_{\text{ніж}}^{\text{деф}} - M_{\text{тр}}^{\text{н.р}}}{F_{\text{різ}}^{\text{отв}} + F_{\text{тр}}^{\text{отв}} + F_{\text{тр}}^{\text{ц.ос}} + F_{\text{тр}}^{\text{ш}} + F_{\text{деф}}^{\text{мяс}}} \times \frac{\pi d^2}{4} n \left[1 - \frac{4mS_{\text{лез}}}{\pi(D_{\text{н}} + D_{\text{в}})} \right] \omega$$

Таким чином, автору Філімоновій Н.В. вдалося створити уточнену математичну модель функціонування вовчка, яка встановлює залежність продуктивності для подрібнююче-ріжучого обладнання від більш ніж 20 факторів, що впливають: фізико-механічних характеристик м'ясної сировини і основних конструктивно-технологічних параметрів вовчка, включаючи найбільш енергоємний – момент тертя в кінематичній парі ніж – решітка.

Продуктивність вовчка визначається, насамперед, подавальною здатністю шнека, який утворює основний потік сировини $Q_{\text{осн.}}$ крізь різальний вузол. При відсутності різального вузла на виході з робочого циліндра продуктивність вовчка набувала б максимального значення (вважаємо, що сировина з бункера на робочий шнек вовчка надходить повсякчас, отвори решіток різального комплекту

					<i>Аналіз сучасного стану процесу подрібнення на м'ясорізальних вовчках</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

не забиваються часточками сировини, решітки та ножі загострені належним чином тощо). Проте до зменшення продуктивності призводять такі основні чинники.

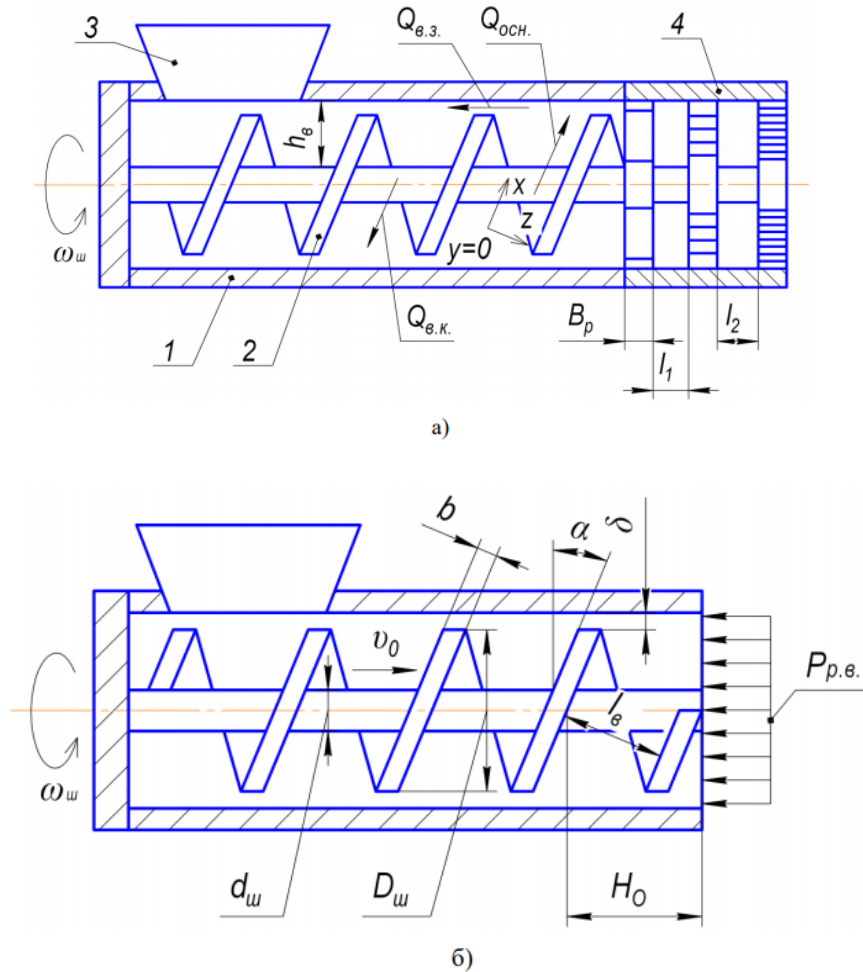


Рис. 1.7. Розрахункова схема побудови математичної моделі процесу подачі сировини у вовчку: а) – будова вовчка; б) – модель робочої зони

Наявність решіток і ножів у різальному вузлі та їх відповідні геометричні параметри призводять до утворення гідравлічного опору різального вузла $P_{р.в.}$, який перешкоджає вільному витіканню сировини з робочого циліндра під дією тиску, що створюється шнеком. Внаслідок цього утворюються зворотні потоки сировини, які характеризують втрати продуктивності: крізь зазор між зовнішньою поверхнею витків шнека та внутрішньою поверхнею робочого циліндра $Q_{в.з.}$; вздовж гвинтового каналу шнека поміж його витками $Q_{в.к.}$.

					Аналіз сучасного стану процесу подрібнення на м'ясорізальних вовчках	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

При визначенні продуктивності вовчка застосуємо наступний підхід. Рух сировини в робочому циліндрі може бути описаний за допомогою положень механіки суцільного середовища. При цьому специфічний ефект, який полягає у нагнітанні сировини лише в певному секторі поперечного перерізу шнека, доцільно врахувати за допомогою коефіцієнта продуктивності K_Q . Тоді продуктивність вовчка визначиться за виразом, кг/с:

$$G = K_Q(Q_{\text{осн}} - Q_{\text{в.к}} - Q_{\text{в.з.}}) \cdot \rho,$$

де ρ – густина сировини, кг/м³.

$$G = K_Q \cdot \rho \cdot \left(\frac{\pi^2 \cdot D_{\text{ш}}^2 \cdot n_{\text{ш}} \cdot h_e \cdot \sin \alpha}{2} - \frac{\pi \cdot D_{\text{ш}} \cdot h_e^3 \cdot \sin^2 \alpha (E_s \cdot (1 - e^{\frac{t_1}{t_2}}) + E_\mu \cdot (1 - e^{\frac{t_1}{t_2}}) + E_\mu \cdot \frac{p_2 - p_1}{L_{1,2}})}{12 \cdot E_\mu \cdot E_s \cdot (1 - e^{\frac{t_1}{t_2}}) \cdot (t_1 - t_2)} - \frac{\pi^2 \cdot D_{\text{ш}}^2 \cdot \delta^3}{12 \cdot b} \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \frac{p_2 - p_1}{L_{1,2}} \cdot \frac{(E_s \cdot (1 - e^{\frac{t_1}{t_2}}) + E_\mu \cdot (1 - e^{\frac{t_1}{t_2}}) + E_\mu)}{E_\mu \cdot E_s \cdot (1 - e^{\frac{t_1}{t_2}}) \cdot (t_1 - t_2)} \right)$$

Розрахунок продуктивності вовчка дає можливість врахувати як основні конструктивні та кінематичні параметри шнекового ППС, так і джерела втрат продуктивності. Як впливає з рівняння, істотного підвищення продуктивності вовчка можна досягти, збільшуючи зовнішній діаметр решітки D_p , що дає змогу підвищити кількість отворів для проходження сировини. Зростання ж питомої продуктивності можна досягти, підвищуючи частоту обертання шнека $n_{\text{ш}}$, збільшуючи зовнішній діаметр шнека $D_{\text{ш}}$, зменшуючи глибину витка h_e , зменшуючи зазор δ між шнеком та робочим циліндром, а також збільшуючи товщину витка b .

					Аналіз сучасного стану процесу подрібнення на м'ясорізальних вовчках	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

1.3. Фізична модель процесу подрібнення у вовчках

Моделювання, як інструмент відпрацювання конструктивних параметрів технологічно складних машин, широко використовується в різних галузях науки і техніки. Систематизувати види моделювання досить складно, оскільки кожна галузь має свої специфічні особливості, і модельні дослідження виконуються з урахуванням їх.

Суть фізичного моделювання полягає в проведенні досліджень на зменшених копіях об'єкта досліджень з подальшим розповсюдженням отриманих результатів на реальний масштаб. Метод моделювання може дати об'єктивні результати тільки в разі дотримання фізичної подібності реального явища і моделі. Подібність досягається за рахунок рівності для моделі і реального об'єкта критеріїв подібності. Проблема полягає в тому, що досягти рівності критеріїв подібності різних за фізичною суттю величин досить складно, тому в машинобудуванні фізичне моделювання найчастіше використовується як метод перевірки робочого органа на роботоздатність, тобто без отримання абсолютних значень досліджуваних величин.

Автор Філімонова Надія Вікторівна досліджувала інтенсивність подачі сировини окремими зонами останнього витка шнека. В результаті виконання відеозйомки процесу подачі м'ясної сировини шнеком вовчка крізь його різальний вузол встановлено характерні особливості інтенсивності подачі сировини останнім витком шнека.

Спостереження за роботою вовчків та аналіз отриманих матеріалів дав можливість встановити наступну особливість подачі м'ясної сировини крізь різальний вузол однозахідним шнеком. Сировина в кожний момент часу подається не по всій робочій площі решіток різального вузла, а лише в межах деякого сектора, величина якого залежить від конструктивних параметрів шнека та від структурно-механічних властивостей сировини. Схематично це показано

					<i>Аналіз сучасного стану процесу подрібнення на м'ясорізальних вовчках</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

на рис. 1.8 – подача сировини Q є максимальною в зоні наближення кінця витка шнека до різального вузла. В зонах різального вузла, які відповідають віддаленню поверхні останнього витка шнека від приймальної решітки, подача Q суттєво знижується та врешті повністю зникає. Це доводить адекватність прийнятої в роботі гіпотези.

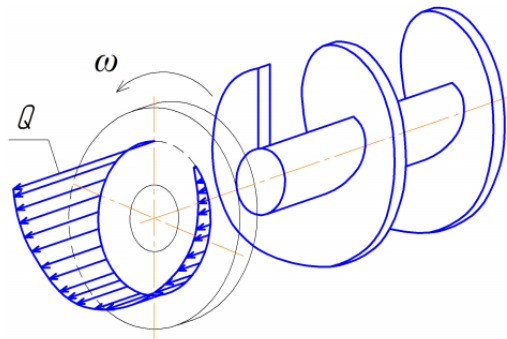


Рис. 1.8. Епюра інтенсивності подачі сировини окремими зонами останнього витка шнека

Вплив положення лез ножа в коловому напрямку відносно кінця витка робочого шнека на ефективність їх роботи визначали шляхом вимірювання затуплення різальних кромek лез.

На рис. 1.9 зображено графічні залежності величини зношування лез ножів (з боку приймальної та вихідної решіток) залежно від напрацювання та від номера леза (від розташування леза відносно кінця останнього витка робочого шнека).

Отримані експериментальні дані було апроксимовано методом найменших квадратів лінійною функцією виду:

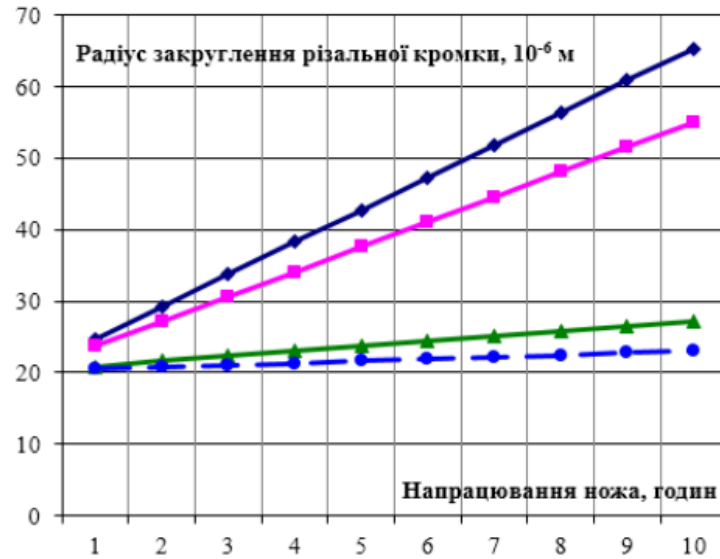
$$y = a + b \cdot x,$$

де y – значення радіуса закруглення леза, мкм;

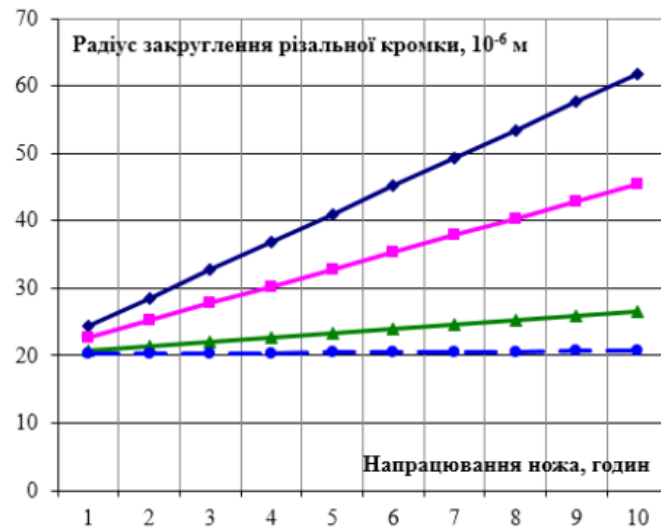
x – номер леза ножа;

a, b – коефіцієнти регресії.

					Аналіз сучасного стану процесу подрібнення на м'ясорізальних вовчках	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14



а)



б)

Рис. 1.9. Залежність величини зношування лез ножа вовчка К7-ФВП-160 з боку: а) – приймальної решітки; б) – вихідної решітки; для ◆ – леза №1, ■ – леза №2; ▲ — леза №3; ● – леза №4

Встановлено, що величина зношування при напрацюванні ножа вовчка на відмову для різних лез набуває різних значень. Так, після 10 годин напрацювання радіус закруглення різальних кромки для лез № 1...4 з боку приймальної решітки

					Аналіз сучасного стану процесу подрібнення на м'ясорізальних вовчках	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

становив відповідно: 55,00; 27,14; 23,04; 65,36 мкм. При цьому радіус закруглення різальних кромки заточеного ножа становив 20,18 мкм.

Радіус закруглення різальних кромки лез з боку вихідної решітки набув дещо менших значень – відповідно 45,36; 26,43; 20,71; 61,78 мкм.

Для більш наочного відображення диференціації зношування лез отримані результати представлено у вигляді наступних графічних залежностей (рис. 1.10). Як видно з рисунків, величини зношування різних лез суттєво відрізняються між собою. Максимальне зношування спостерігається для леза № 4, різальна кромка якого розташована найближче до кінця останнього витка робочого шнека вовчка. Дещо менше зношування спостерігається для леза № 1, яке також розташоване в зоні наближення кінця витка шнека до приймальної решітки. Леза № 2 і 3 значно менше зношені, причому найменший радіус закруглення спостерігається для різальної кромки леза № 3. Збільшення радіуса закруглення для лез № 3 і 2 відносно заточеного відбувається лише на 2,6 і 30,79% відповідно, тоді як для лез № 1 і 4 – на 124,7 і 206,1% відповідно.

Отримані результати можна пояснити тим, що в кожний момент часу подача сировини в різальний вузол здійснюється не по всій площині решітки, а лише в локальній зоні – в межах певного сегмента, величина якого визначається наближенням поверхні витка шнека до приймальної решітки.

Висновки і задачі досліджень

В літературі достатньо багато праць, присвячених проблемам ефективного і якісного подрібнення м'яса, а також підвищенню надійності та довговічності робочих органів вовчків, насамперед ріжучого комплексу. На процес подрібнення впливають як геометричні характеристики, так і режими роботи обладнання, а також властивості сировини, яка подрібнюється – її вид, вміст жиру, температура тощо [2].

					<i>Аналіз сучасного стану процесу подрібнення на м'ясорізальних вовчках</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Подрібнення м'ясної сировини є механічним процесом, який класифікується як стохастичний. Побудувати диференційне рівняння такого процесу складно, тому доцільно застосовувати імітаційне моделювання, враховуючи при цьому реальні структурно-механічні властивості матеріалу та їх зміну в процесі подрібнення [3]. Для опису процесу можливо також використовувати критеріальні рівняння, побудова яких здійснюється з використанням теорії розмірностей. Саме така методика використана в представленій роботі.

Мета роботи: з урахуванням структурно-механічних властивостей м'ясної сировини обґрунтувати раціональні режими роботи вовчка К7-ФВП-16, встановити вплив геометричних і режимних параметрів на ефективність роботи обладнання і запропонувати варіант удосконалення його окремих елементів.

У відповідності з цим сформульовані задачі досліджень:

- обґрунтовано обрати реологічну модель для опису властивостей м'ясної сировини;
- побудувати геометричні моделі корпусу, механізму подачі сировини та ріжучого комплекта;
- побудувати критеріальне рівняння, яке характеризує вплив геометрії елементів машини і режимів її роботи на витрати енергії;
- обґрунтувати раціональні параметри процесу, що сприятиме підвищенню ефективності роботи обладнання;
- проаналізувати напружено-деформований стан структурних складових вовчка;
- запропонувати варіант удосконалення елементів конструкції машини К7-ФВП-160.

					<i>Аналіз сучасного стану процесу подрібнення на м'ясорізальних вовчках</i>	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Процес подрібнення безкісткового м'яса на вовчку К7-ФВП-160 як об'єкт дослідження

На сьогоднішній день можна стверджувати, що більшість конструкцій технологічного обладнання було спроектовано для виробництва продукції у досить великих обсягах і найчастіше є металоємним і не завжди економічно ефективним. Ситуація на сьогоднішній день на ринку вимагає створення такого обладнання, де були б усунені всі перераховані недоліки та дотримані основні вимоги до підприємств з невеликою продуктивністю: компактність, невеликі капітальні та експлуатаційні витрати, також простота в обслуговуванні.

Процес подрібнення є одним із головних у виробничому циклі оброблення різних видів сировини на м'ясопереробних виробництвах. Саме для цього процесу використовують вовчок К7-ФВП-160 (рис. 2.1). Для встановлення технічного рівня машин такого типу для подрібнення м'яса проаналізована технічна і рекламна інформація, патентні фонди. Увага приділялася як технічній стороні процесу, так і впливу обладнання на якісні характеристики продукції.

Об'єктом досліджень є процес подрібнення безкісткового м'яса на вовчку К7-ФВП-160. Предмет дослідження: конструктивні та експлуатаційні характеристики пристроїв для подачі сировини і різального комплекту.

Вовчок марки К7–ФВП–160 призначений для подрібнення безкісткового жилованого м'яса і м'ясопродуктів при виробництві фаршу для ковбасних та інших м'ясних виробів, охолоджених в природних умовах до температури навколишнього середовища від +10 до +12°C або спеціальною дією низьких температур при певних режимах від +2 до +3°C в товщі.

					150554.МР.33.02.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата			
Розроб.		Христонько Н.В.			Літ.	Аркцш	Аркцшів
Перевір.		Чепелюк О.О.				1	11
Реценз.					Розділ 2. Об'єкт та методика досліджень НУХТ ННІТІ ОХ-2-5М		
Н. Контр.							
Затверд.		.Гавва О.М.					

Вовчок включає в себе чотири частини:

1). Живляча (куди входять: завантажувальна чаша 1, корпус шнеків 7, приймальний 6 і робочий 4 шнеки, горизонтально розташовані в корпусі).

2). Ріжуча (куди входять: ножі і набір решіток 5, циліндр з внутрішніми спіральними ребрами 8 і гайка 10, що служить для регулювання зазору між ножами та решітками в ріжучому механізмі).

3). Приводна частина (куди входять: електродвигун 3, пост управління 12, редуктор спеціальний циліндровий 2 та клинопасова передача 11)

4). Станина 9 (на якій монтуються всі складальні одиниці, деталі, електродвигун, пускова електроапаратура і коробка електроустаткування, в якій розташовується захисно-пускова апаратура).

Вовчок має просте конструктивне виконання, зручний в обслуговуванні та при проведенні ремонтів. Всі механізми вовчка добре доступні для гігієнічної та санітарної обробки, завдяки легкому розбиранню робочих органів.

Принцип роботи вовчка. Шматки м'яса масою до 1,0 кг потрапляють до завантажувального бункера 1, звідки самоплином потрапляє в корпус шнеків, де захоплюється приймальним 6 та робочим 4 шнеками, після чого транспортується в зону ріжучого механізму. В ріжучому механізмі сировина подрібнюється до потрібного ступеня подрібнення, який забезпечується шляхом встановлення необхідного набору ножів та решіток.

					<i>Об'єкт та методика досліджень</i>	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

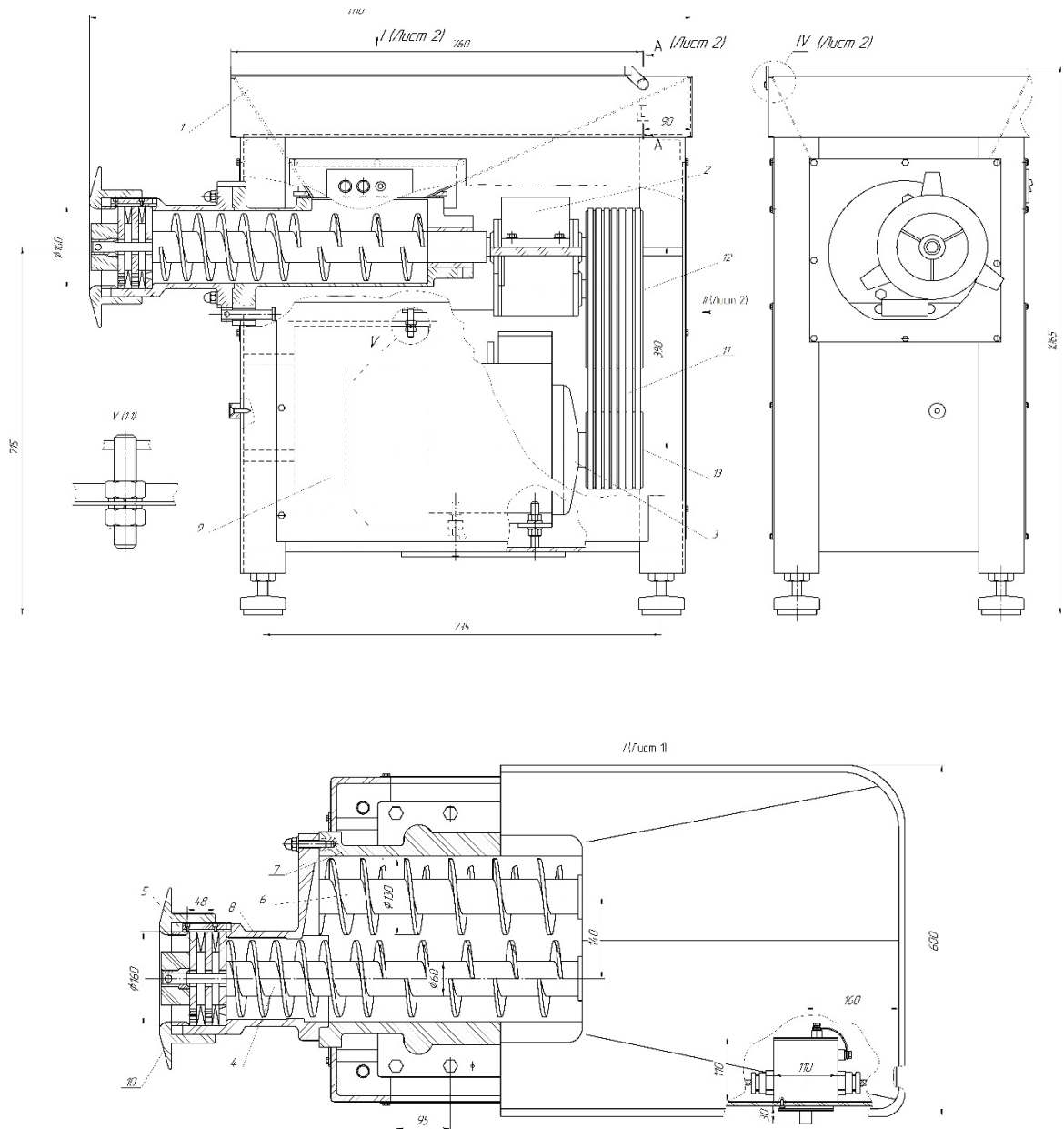


Рис. 2.1. Вовчок К7-ФВП-160

1 – завантажувальний бункер; 2 – редуктор; 3 – електродвигун;
 4 – робочий шнек; 5 – набір решіток і ножів; 6 – приймальний шнек;
 7 – корпус шнеків; 8 – циліндр; 9 – станина; 10 – гайка; 11 – клинопасова
 передача; 12 – пульт управління

					Об'єкт та методика досліджень	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

Технічна характеристика вовчка К7-ФВП-160

Продуктивність _____ 3000 кг/год

Місткість завантажувальної чаші _____ 0,07 м³

Номинальний діаметр решіток _____ 160 мм

Тривалість безперервної роботи ріжучого інструмент _____ 24 годин

Електродвигун

Потужність _____ 15 кВт

Габаритні розміри, мм

Довжина _____ 1100

Ширина _____ 600

Висота _____ 1065

Маса _____ 600 кг

Найбільш швидкозношуваним механізмом обладнання для подрібнення м'яса – вовчків – є ріжучий механізм. Підвищення його зносостійкості призведе до зменшення витрат на обслуговування. Іншою проблемою є потреба зменшити втрати м'ясного соку під час подрібнення. У вовчки м'ясна сировина надходить достатньо великими шматками, що ускладнює її транспортування шнеком та призводить до значної деформації шматків, їх стискання, втрати рідини і, відповідно, до зменшення соковитості готової продукції. Достатньо крупні шматки м'яса, продавлюючись крізь решітки, створюють значне навантаження на них. Розмір шматків м'яса безпосередньо впливає на продуктивність і надійність роботи обладнання для подрібнення м'ясної сировини.

Для усунення перерахованих проблем доцільно зменшити розмір шматків, які надходять до ріжучого механізму вовчка. Однак використовувати для цього окреме обладнання недоцільно через збільшення собівартості продукції. Шляхом

					Об'єкт та методика досліджень	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вирішення проблеми може бути створення ділянки додаткового подрібнення шматків сировини, яка надходить у вовчок. Запропоновано замінити ділянку гвинта, розміщену безпосередньо під завантажувальною воронкою, на конструкцію, яка складається з окремих ділянок витків шнека з ріжучими кромками (рис.2.2).

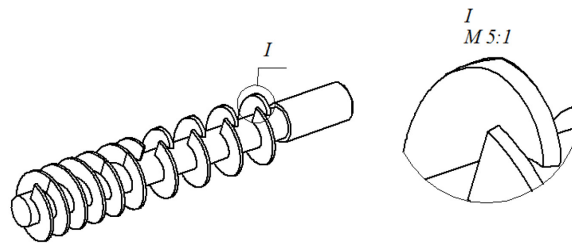


Рис.2.2. Удосконалений транспортуючий шнек

2.2. Методика дослідження

На підставі загального інформаційного огляду науково-технічних та літературних джерел та патентних документів щодо основних етапів розвитку наукової думки за розв'язуваною проблемою (розд. 1), можна стверджувати, що дослідження процесів подрібнення сировини відноситься до невирішених проблем.

Внаслідок досить швидкого розвитку промисловість вимагає створення нових та вдосконалення існуючих вовчків, які б ефективніше працювали в умовах сучасного виробництва.

Для цього необхідно детально вивчити процеси, які протікають в даних апаратах під час їх роботи.

Існує два рівня дослідження об'єкта:

- емпіричний
- теоретичний

Емпіричний рівень являє собою процес отримання знань в результаті взаємодії людини та об'єкту дослідження. На цьому рівні пізнання використані

					Об'єкт та методика досліджень	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

спостереження, експеримент і вимірювання. Результатом таких досліджень є емпіричне узагальнення, яке виражається у встановлених фактах. Експериментальні дослідження таких процедур є енергоємними та трудомісткими.

Досліджувані об'єкти на теоретичному рівні замінюються своїми ідеалізованими аналогами. Для цього рівня пізнання характерні: уявний експеримент, моделювання та ін.

Саме моделювання, як теоретичний метод пізнання, набуло широкого поширення для отримання нових знань, в тому числі і для об'єктів харчової технології.

В якості методу дослідження процесу подрібнення м'ясної сировини у вовчку вибрано імітаційне моделювання.

На сьогоднішній день існує велика кількість прикладних програм для моделювання харчових та інших технологічних систем. Ці програми використовують різні підходи до моделювання та мають різні зручні інструменти для вирішенні тієї чи іншої прикладної задачі.

До таких програмних комплексів відносять **Solid Works**.

В даній програмі є можливість для дослідження будь-яких гідравлічних характеристик руху сировини та ефективності роботи харчових апаратів, і для цього використовується модуль **FLOW SIMULATION**.

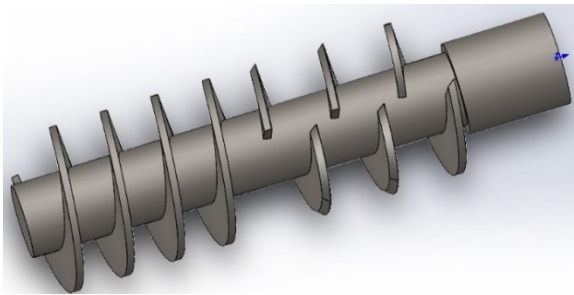
Вибір даної програми пояснюється тим, що за рахунок повної інтеграції Flow Simulation в SolidWorks є можливість моделювати геометрію і виконувати всі розрахунки і аналізи «в єдиному вікні». Це значно знижує ймовірність виникнення помилок імпорту / експорту геометрії через проміжний формат даних (наприклад, SAT, IGES і т.д.). Крім того, SolidWorks має стандартний графічний, призначений для користувача, інтерфейс Windows та ефективно взаємодіє з такими додатками як Excel, Word та ін.

					<i>Об'єкт та методика досліджень</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

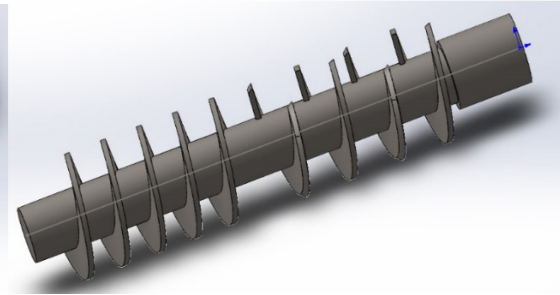
Основними етапами розробки комп'ютерної моделі в SolidWorks Flow Simulation є:

1. Створення 3D-моделі в SolidWorks
2. Створення проекту дослідження
3. Задання граничних умов моделювання.
4. Постановка цілей проекту
5. Запуск та проведення розрахунку
6. Перегляд і аналіз результатів

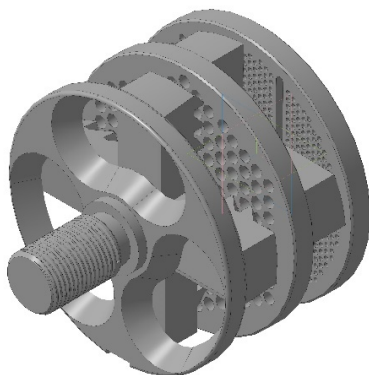
Для дослідження процесів, що протікають у м'ясорізальному вовчку, з метою оптимізації його конструкції у програмі SolidWorks було створено твердотільні моделі завантажувального бункера, ріжучого вузла та шнеків, у яких відбувається процес подрібнення безкісткового м'яса (рис.2.3).



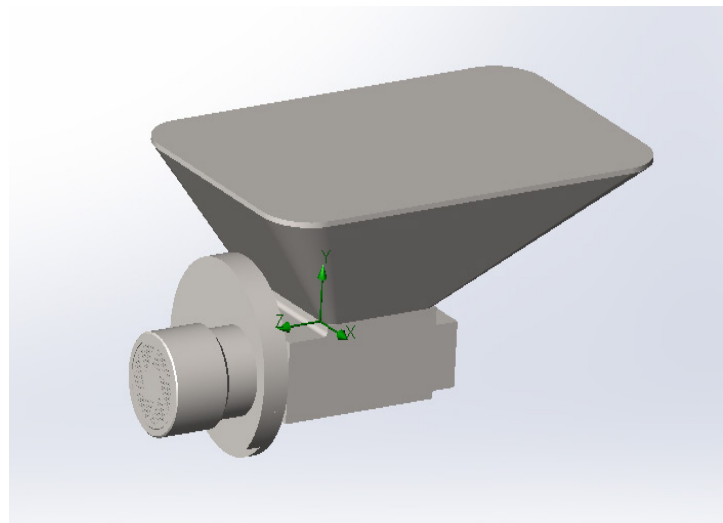
а



б



в



г

					Об'єкт та методика досліджень	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

Рис.2.3 Геометричні моделі елементів вовчка:

а – подаючий шнек; б – нагнітальний шнек; в – ріжучий комплект;

г – обладнання в зібраному стані

На початку моделювання в просторі Solid Works було задано нову Неньютонівську речовину – свинину – з відповідними параметрами:

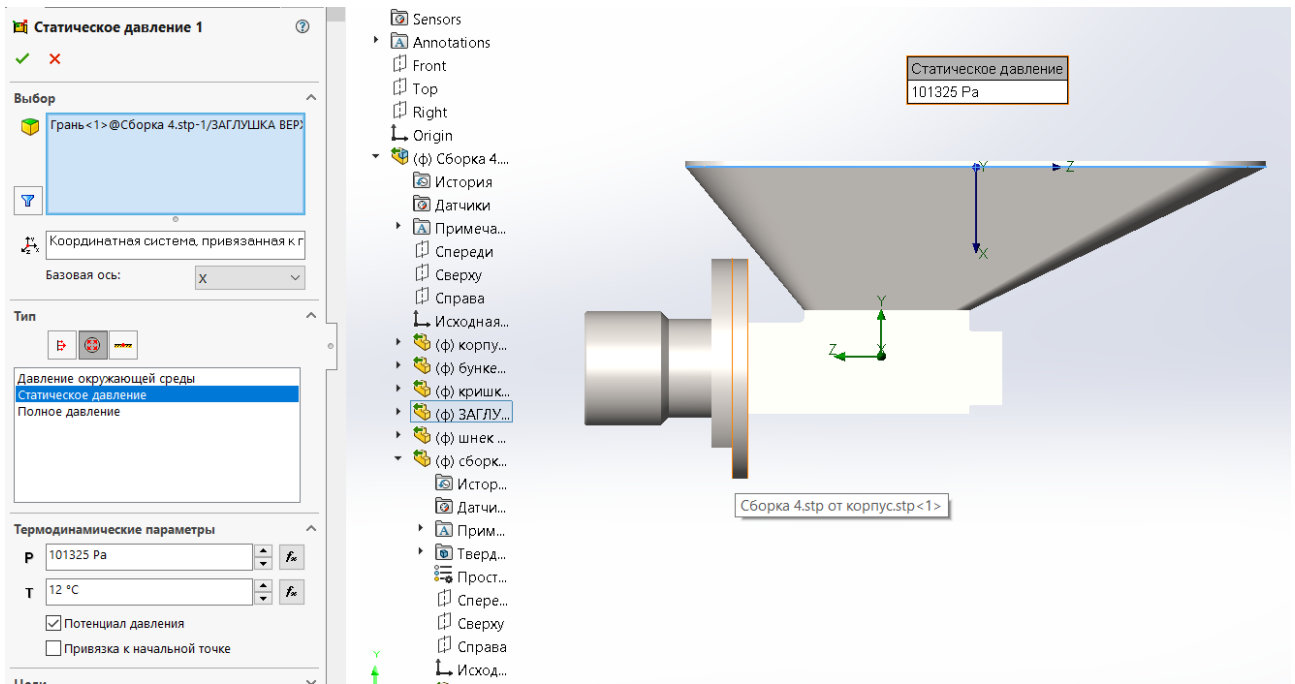
Свойство	Значение
Имя	Свинина
Комментарии	
Плотность	1070 kg/m ³
Удельная теплоемкость	2177 J/(kg*K)
Коэффициент теплопроводности	0.41 W/(m*K)
Вязкость	Модель Гершеля-Балкли
Коэффициент пропорциональности	13.7 Pa*s
Предел текучести	27 Pa
Показатель степени	0.7

Для опису течії цього матеріалу використана залежність Гершеля – Балклі:

$$\tau = 27 + 13,7 \cdot \dot{\gamma}^{0,7}, \text{ Н/м}^2$$

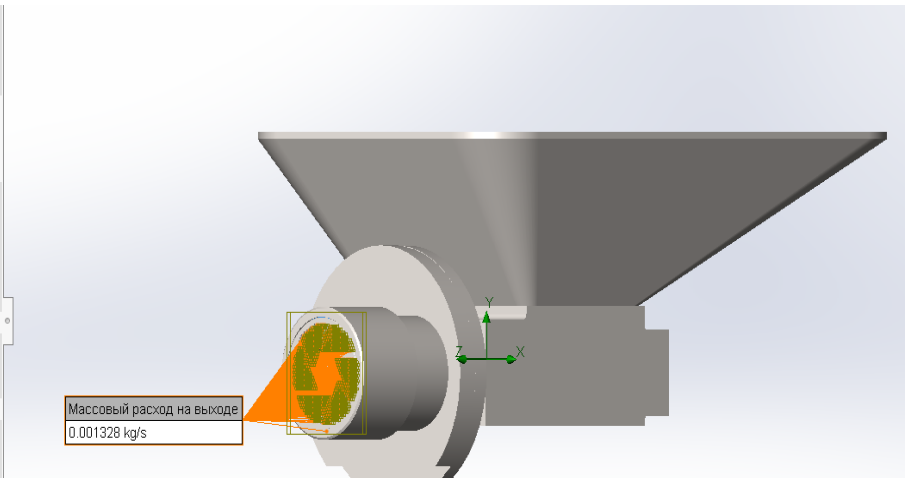
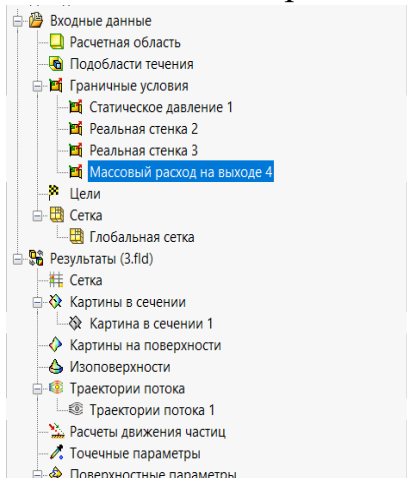
Граничні умови для розрахунків вовчка

Статичний тиск на вході:

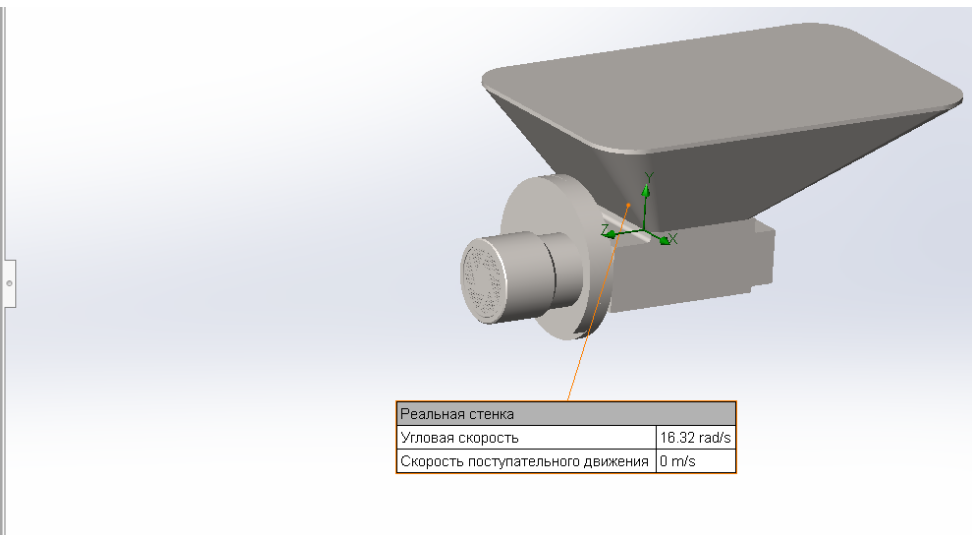
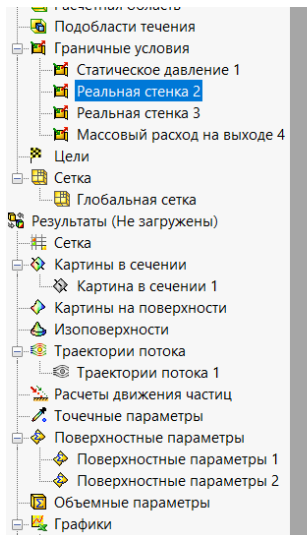


Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

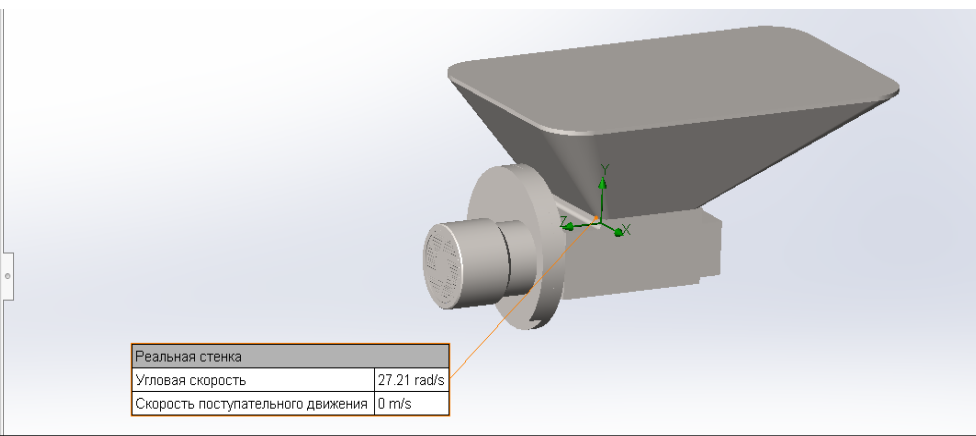
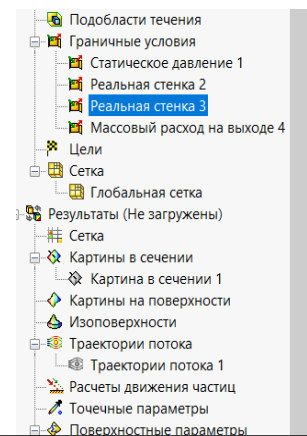
Масова витрата на виході:



Реальная стінка 2 з кутовою швидкістю приймального шнека $\omega = 16,32$ рад/с, при $n = 156$ об/хв.



Реальная стінка 3 з кутовою швидкістю робочого шнека $\omega = 27,21$ рад/с $n = 260$ об/хв.



									Арк.
									9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Об'єкт та методика досліджень				

Після побудови сітки, яка складається із 375978 скінчених елементів, здійснювався розрахунок з урахуванням нестационарності процесу.

Потреба забезпечити ефективну роботу м'ясорізального обладнання, зокрема зекономити енергоресурси, обумовлює необхідність встановити взаємний зв'язок параметрів, які визначають перебіг процесу, та визначити раціональні конструкційні та режимні параметри обладнання. Вплив геометричних та режимних параметрів машини на витрати потужності на подрібнення м'ясної сировини доцільно аналізувати з використанням теорії розмірності, підсумком якої є критеріальне рівняння, яке теоретично може бути отримано з точністю до коефіцієнтів.

Для знаходження коефіцієнтів критеріального рівняння проведені обчислювальні експерименти. Якщо в результаті проведення експериментів та узагальнення їх результатів отримано рівняння виду $z = f(x_i, c_1, c_2, \dots, c_m)$, $i=1 \dots n$, де n – кількість факторів, що розглядається, m – кількість коефіцієнтів емпіричного рівняння, то визначити чисельні значення його коефіцієнтів $c_1 \dots c_m$, по аналогії з правилами обробки однофакторних експериментів, можна також методом найменших квадратів.

Методом вирівнювання отриману залежність перетворюють на лінійну, отримуючи систему рівнянь, кількість яких дорівнює кількості проведених серій дослідів.

Щоб розв'язати цю систему за методом найменших квадратів, складають нову систему рівнянь, кількість яких дорівнює кількості невідомих, і які потім вирішуються за звичайними правилами алгебри. Ці нові, або так звані нормальні, рівняння складаються за наступним правилом: множать спершу всі дані рівняння на коефіцієнти біля першого невідомого x_i , склавши почленно, отримують перше нормальне рівняння, множать всі дані рівняння на коефіцієнти біля другого

					Об'єкт та методика досліджень	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

невідомого u_i , склавши почленно, отримують друге нормальне рівняння і т. д. [4]

Якщо позначити:

$$\left\{ \begin{array}{l} [aa] = a_1 a_1 + a_2 a_2 + \dots \\ [ab] = a_1 b_1 + a_2 b_2 + \dots \\ [ac] = a_1 c_1 + a_2 c_2 + \dots \\ \dots \\ [ba] = b_1 a_1 + b_2 a_2 + \dots \\ [bb] = b_1 b_1 + b_2 b_2 + \dots \\ [bc] = b_1 c_1 + b_2 c_2 + \dots \\ \dots \end{array} \right. , \quad 2.1$$

то нормальні рівняння представляться в наступному простому вигляді

$$\left\{ \begin{array}{l} [aa]x + [ab]y + [ac]z + \dots + [an] = 0 \\ [ba]x + [bb]y + [bc]z + \dots + [bn] = 0 \\ [ca]x + [cb]y + [cc]z + \dots + [cn] = 0 \\ \dots \end{array} \right.$$

Вирішивши отриману систему рівнянь, знаходять чисельні значення невідомих коефіцієнтів.

					Об'єкт та методика досліджень	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Імітаційне моделювання процесу нагнітання фаршу

Вихідними параметрами, які найбільше впливають на ефективність роботи обладнання, є розподіл швидкості і тиску в зонах нагнітання та різання. Ці параметри, а також температура м'ясної сировини і завихренність, проаналізовані для різних варіантів геометричного виконання і режимів роботи обладнання.

В експериментальних дослідженнях для визначення витрат потужності на подрібнення м'ясної сировини було розроблено чотири 3D-моделі, з різними кроками витків шнеків h (м), діаметрами отворів вихідної решітки $d_{\text{отв.вих.реш}}$ (м) та частотами обертання приймального та робочого шнеків, n (с^{-1}).

Для **1-ої моделі** були задані такі параметри:

$$h = 0.042 \text{ м};$$

$$d_{\text{отв.вих.реш}} = 0,003 \text{ м};$$

$$n_{\text{пр}} = 156 \text{ об/хв, звідси } \omega = 16,32 \text{ рад/с}$$

$$n_{\text{р}} = 260 \text{ об/хв, звідси } \omega = 27,21 \text{ рад/с}$$

Для **2-ої моделі**:

$$h = 0.03 \text{ м};$$

$$d_{\text{отв.вих.реш}} = 0,0035 \text{ м};$$

$$n_{\text{пр}} = 200 \text{ об/хв, звідси } \omega = 20,93 \text{ рад/с}$$

$$n_{\text{р}} = 270 \text{ об/хв, звідси } \omega = 28,26 \text{ рад/с}$$

					150554.MP.33.03.P3			
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата				
Розроб.		Христонько Н.В.			Розділ 3. Результати досліджень	Літ.	Аркцш	Аркцшів
Перевір.		Чепелюк О.О.					1	23
Реценз.						НУХТ ННІТІ ОХ-2-5М		
Н. Контр.								
Затверд.		.Гавва О.М.						

Для 3-ої моделі:

$$h = 0.025 \text{ м};$$

$$d_{\text{отв.вих.реш}} = 0,004 \text{ м};$$

$$n_{\text{пр}} = 220 \text{ об/хв, звідси } \omega = 23,02 \text{ рад/с}$$

$$n_{\text{р}} = 272 \text{ об/хв, звідси } \omega = 28,46 \text{ рад/с}$$

Для 4-ої моделі:

$$h = 0.035 \text{ м};$$

$$d_{\text{отв.вих.реш}} = 0,0025 \text{ м};$$

$$n_{\text{пр}} = 227 \text{ об/хв, звідси } \omega = 23,75 \text{ рад/с}$$

$$n_{\text{р}} = 300 \text{ об/хв, звідси } \omega = 31,4 \text{ рад/с}$$

І модель

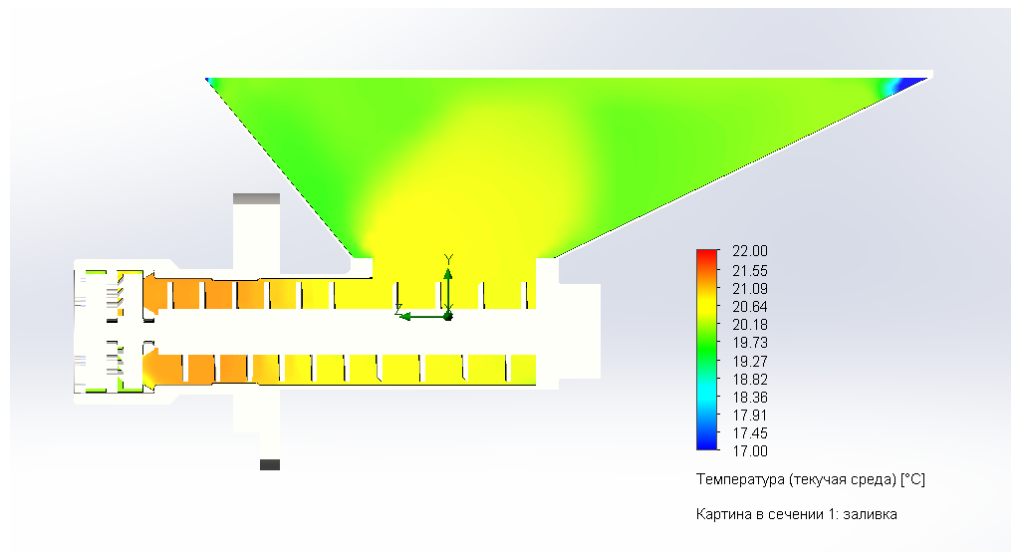


Рис.3.1. Зміна температури продукту в процесі перероблення на вовчку при кроці витків шнека $h=0,042$ (м) та діаметром отворів вихідної решітки $d_{\text{отв.вих.реш}} = 0,003$ (м)

					Результати досліджень	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

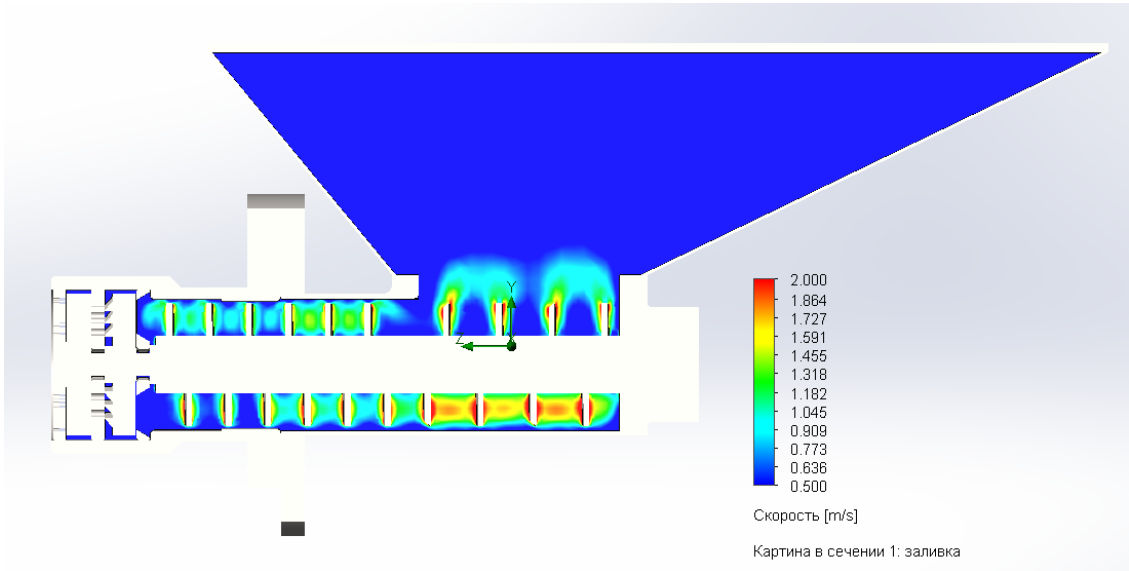


Рис. 3.2. Поле швидкостей в процесі перероблення на вовчку м'ясної сировини

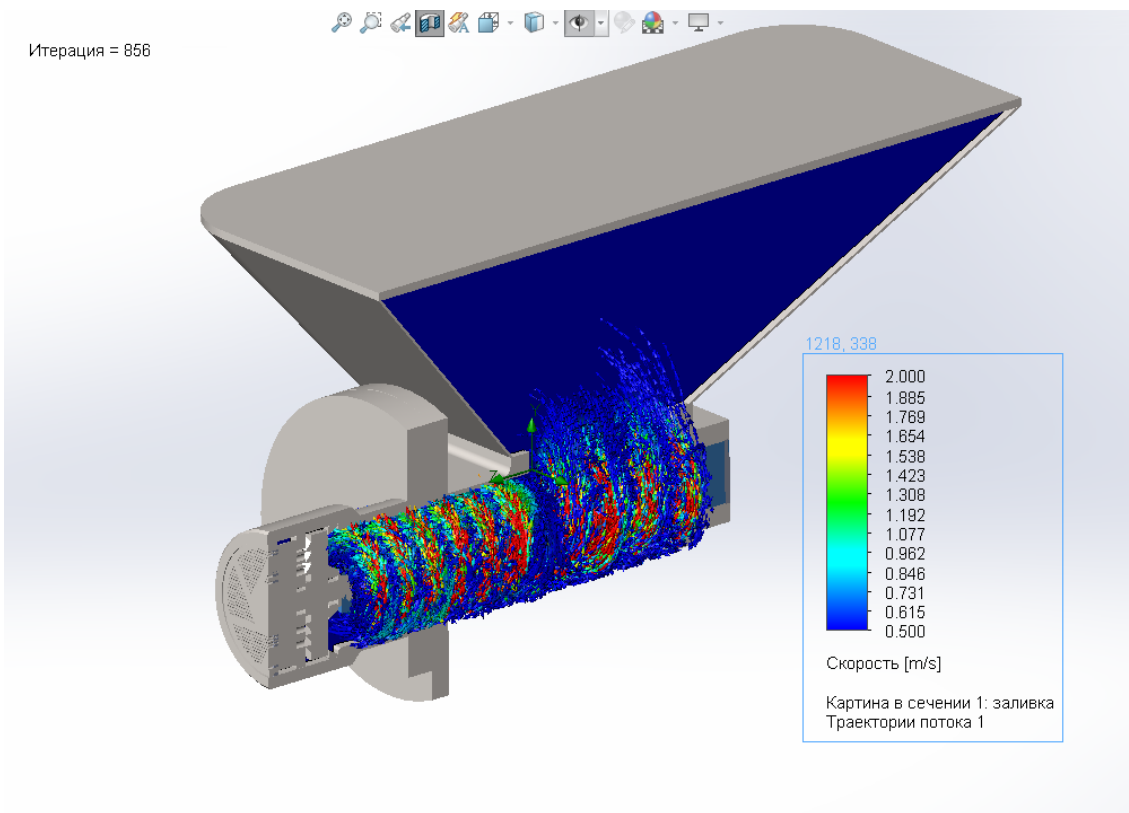


Рис. 3.3. Візуалізація зміни швидкості в обладнанні

					<i>Результати досліджень</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

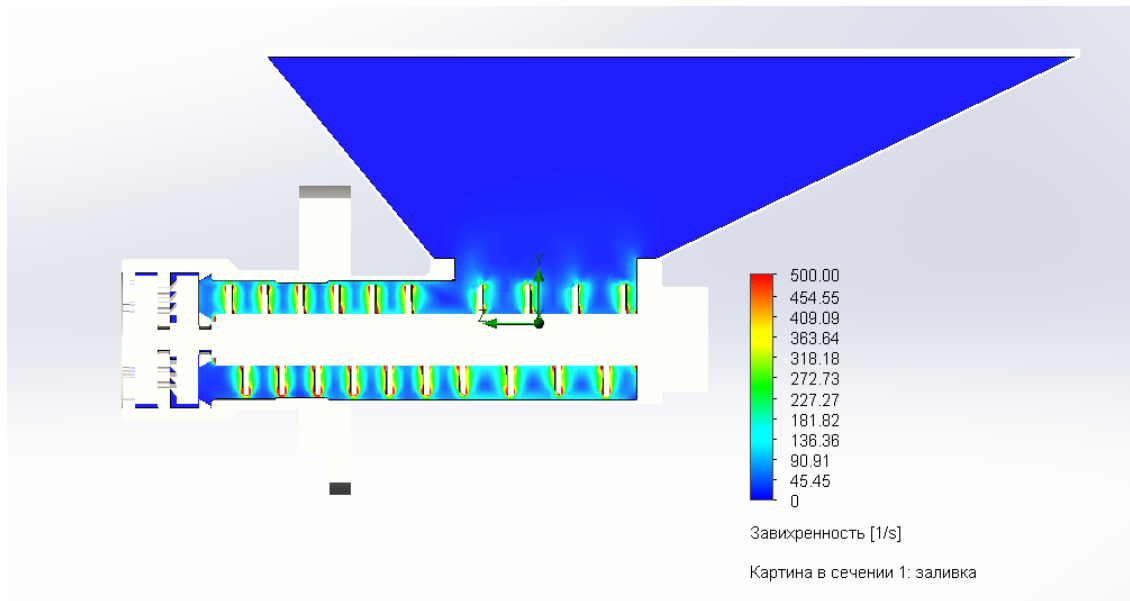


Рис. 3.4. Завихреність потоку

II модель

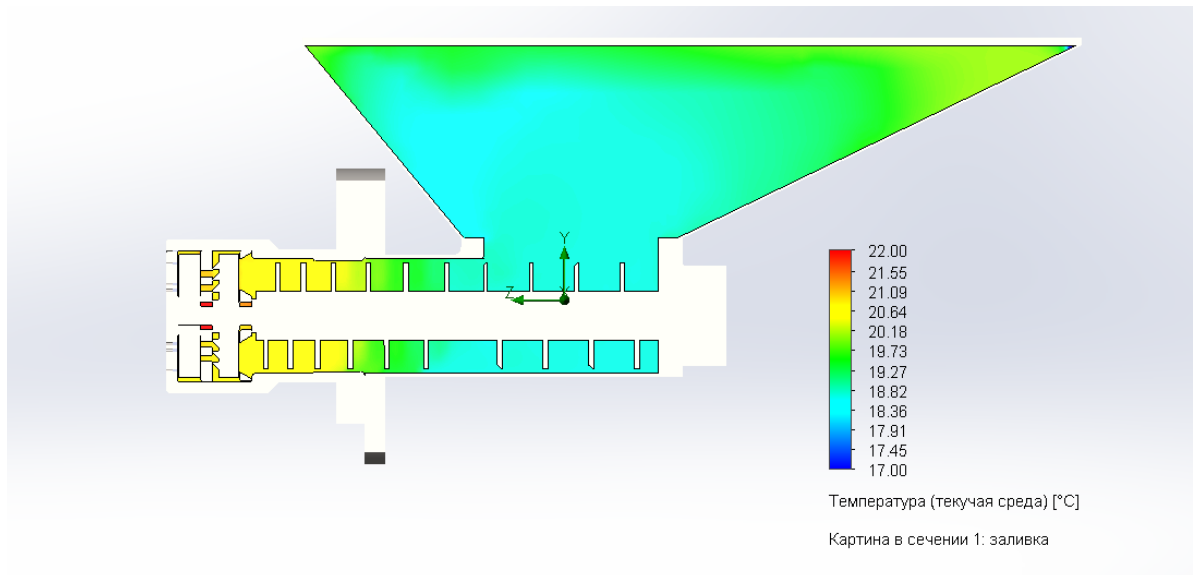


Рис.3.5 Зміна температури продукту в процесі перероблення на вовчку при кроці витків шнека $h=0,03$ (м) та діаметром отворів вихідної решітки $d_{\text{отв.вих.реш}} = 0,0035$ (м)

					Результати досліджень	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

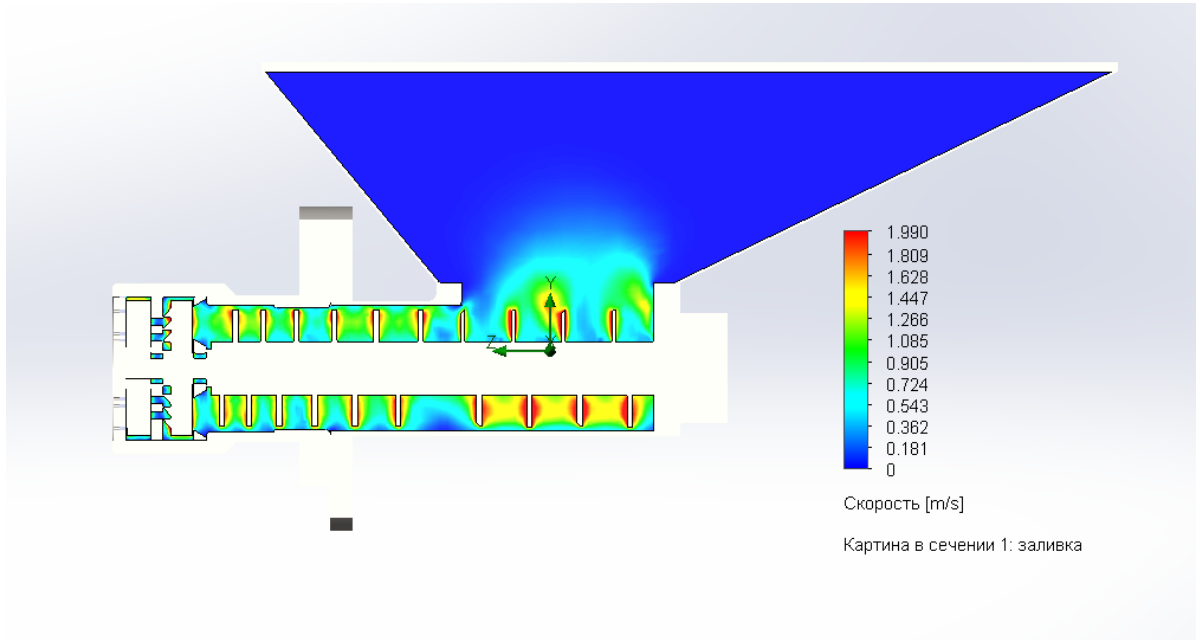


Рис.3.6. Поле швидкостей в процесі перероблення на вовчку м'ясної сировини

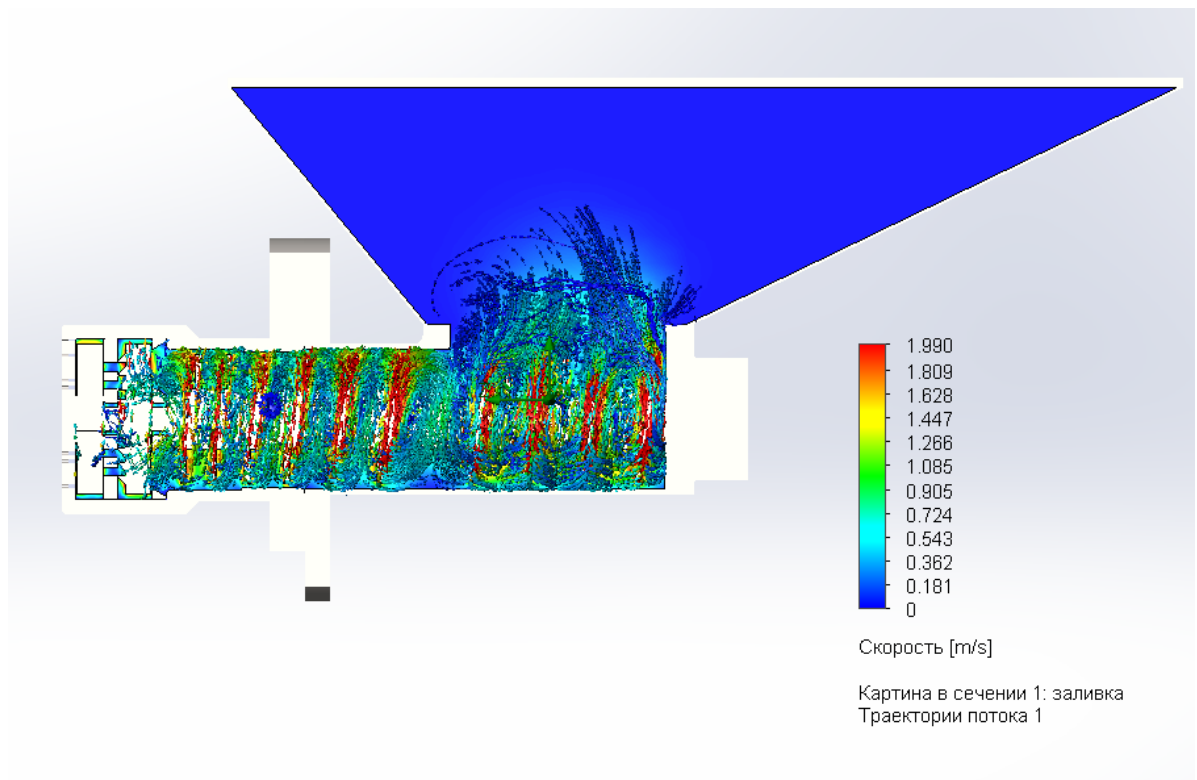


Рис.3.7. Візуалізація зміни швидкості в обладнанні

					<i>Результати досліджень</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

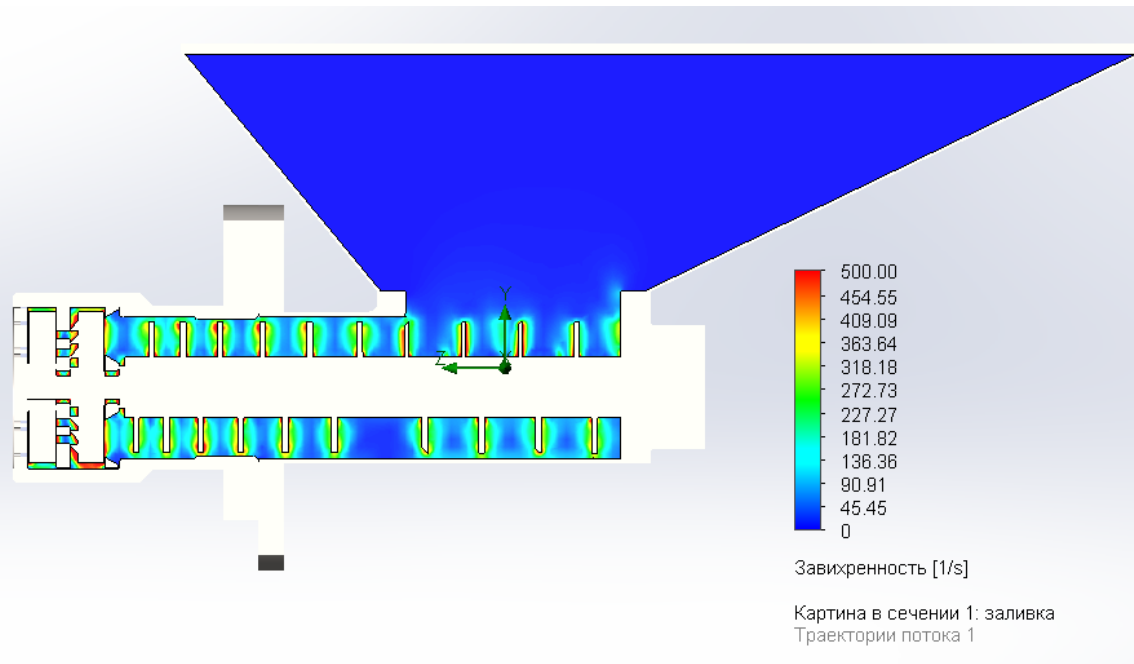


Рис.3.8. Завихреність потоку

III модель

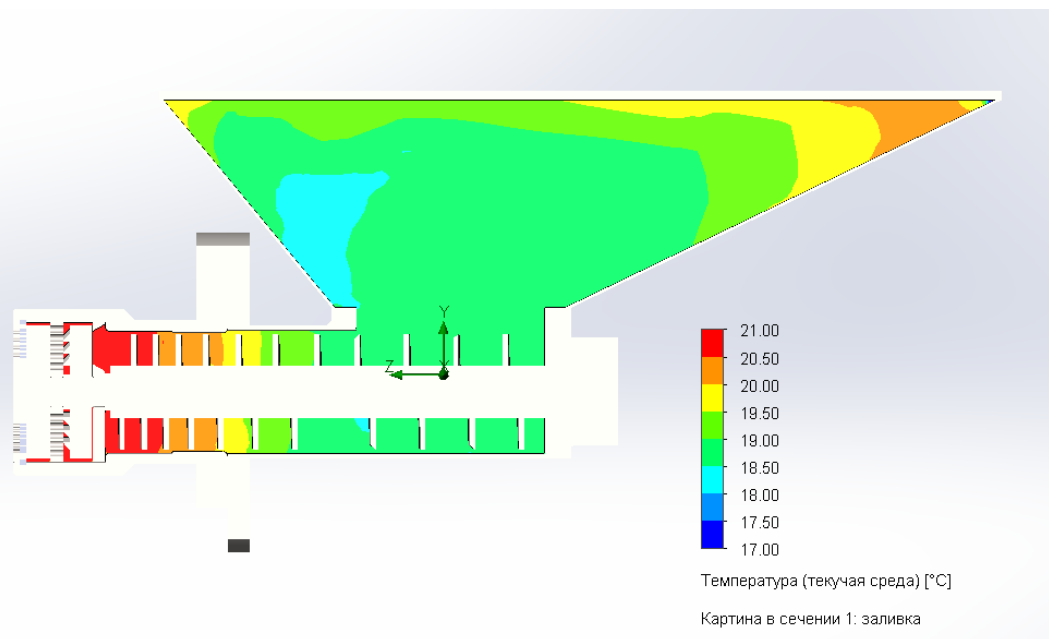


Рис.3.9. Зміна температури продукту в процесі перероблення на вовчку при кроці витків шнека $h=0,025$ (м) та діаметром отворів вихідної решітки $d_{\text{отв.вих.реш}} = 0,004$ (м)

					Результати досліджень	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

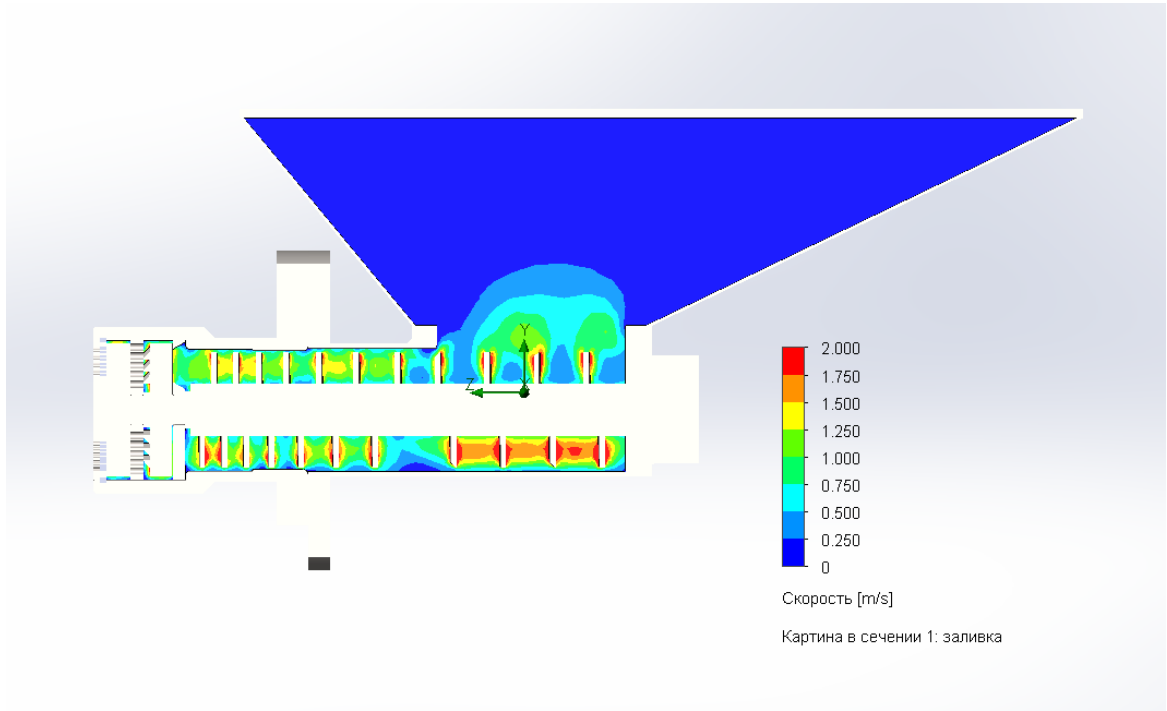


Рис.3.10. Поле швидкостей в процесі перероблення на вовчку м'ясної сировини

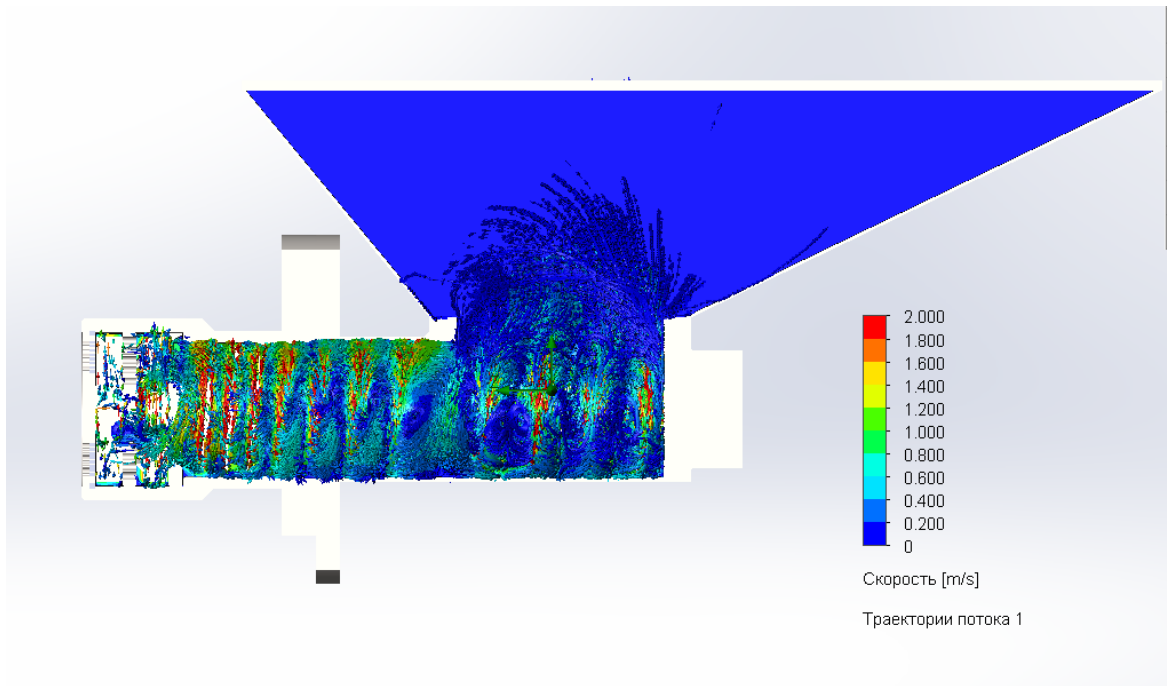


Рис.3.11. Візуалізація зміни швидкості в обладнанні

					<i>Результати досліджень</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

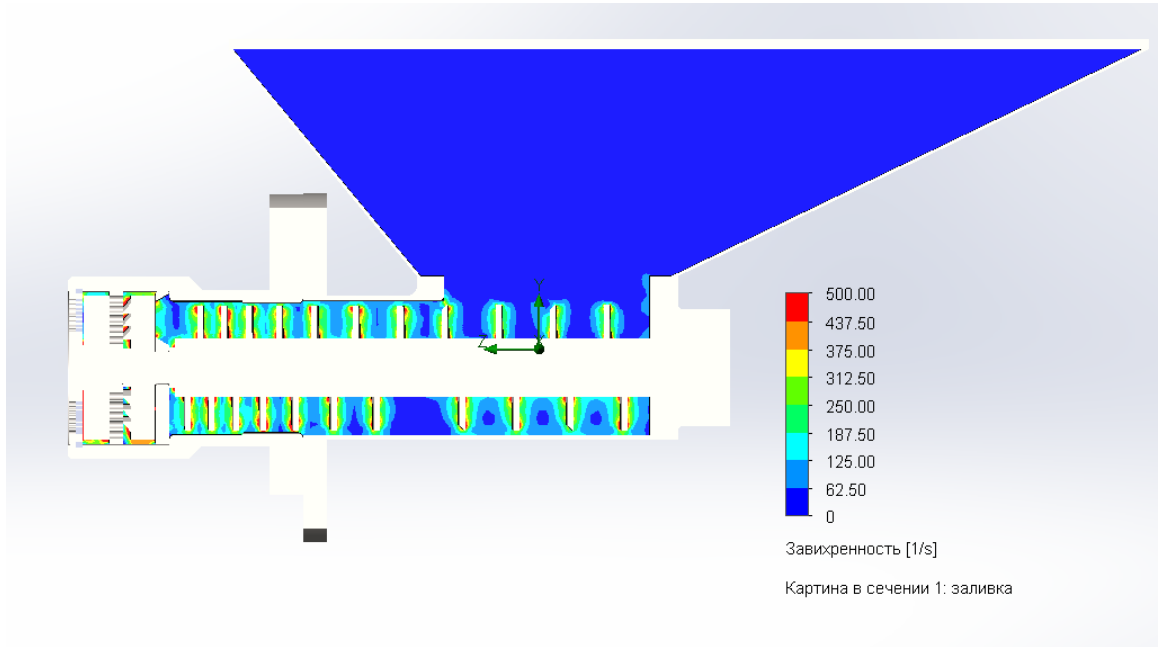


Рис.3.12. Завихреність потоку

IV модель

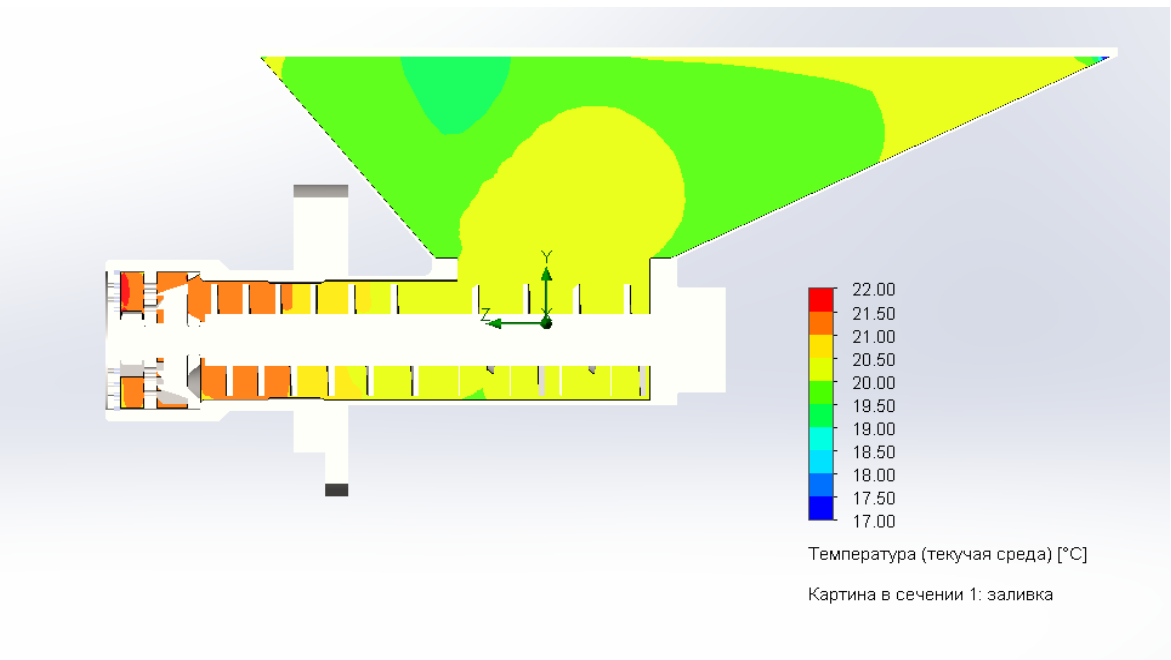


Рис.3.13. Зміна температури продукту в процесі перероблення на вовчку при кроці витків шнека $h=0,035$ (м) та діаметрі отворів вихідної решітки $d_{\text{отв.вих.реш}} = 0,0025$ (м)

					<i>Результати досліджень</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

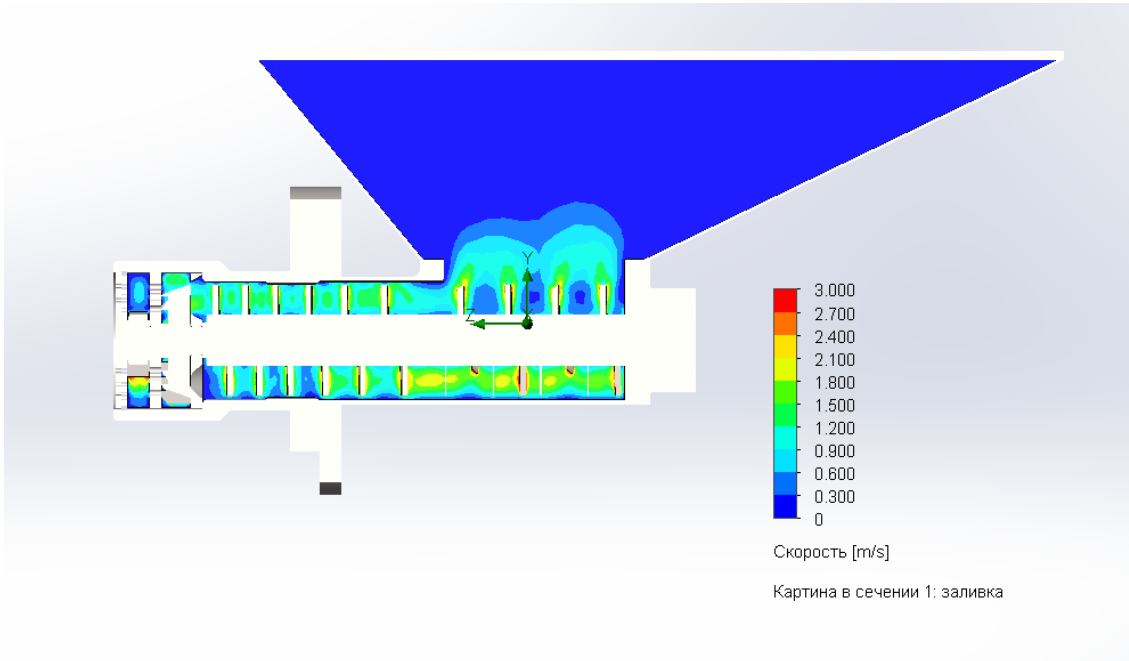


Рис.3.14. Поле швидкостей в процесі перероблення на вовчку м'ясної сировини

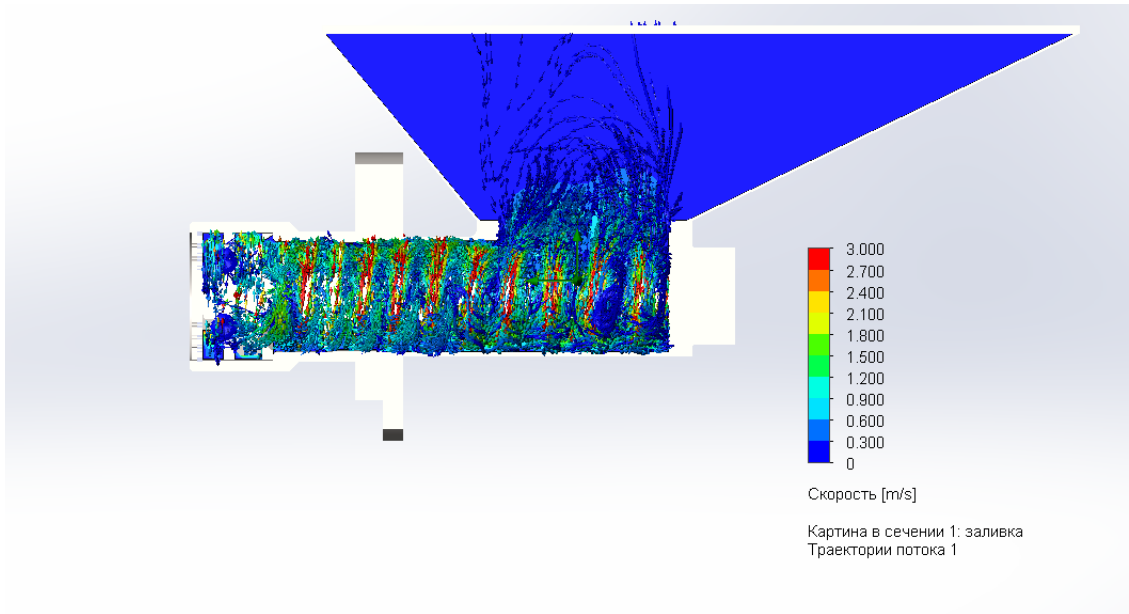


Рис.3.15. Візуалізація зміни швидкості в обладнанні

					<i>Результати досліджень</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

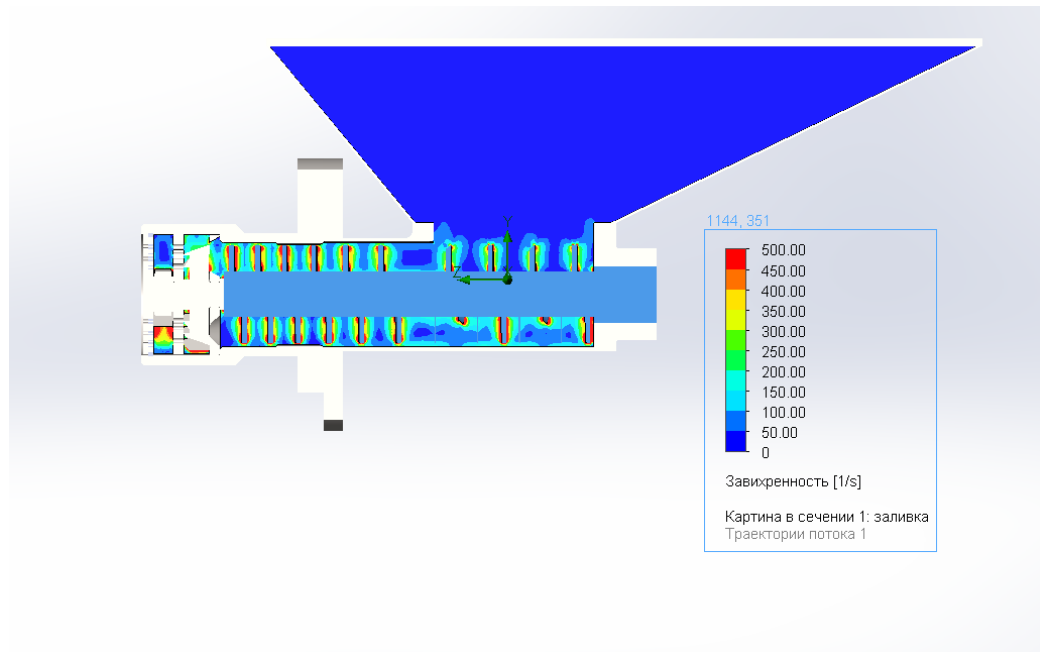


Рис.3.16. Завихреність потоку

Досліджуючи ефективність роботи вовчків, доцільно аналізувати розподіл швидкостей в зоні руху сировини, оскільки за цим показником можна визначити зони, де рух продукту уповільнюється, а також контролювати продуктивність. В магістерській роботі розглянуті швидкості руху м'ясної сировини по довжині подаючого (рис.3.17) і нагнітаючого шнеків (рис. 3.19).

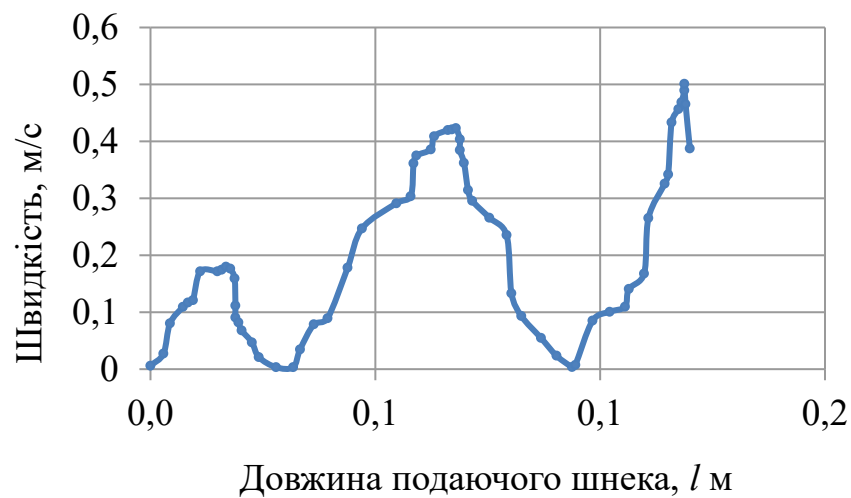


Рис.3.17 Зміна швидкості по довжині подаючого шнека

					Результати досліджень	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Вздовж подаючого шнека швидкість стрибкоподібно змінюється, набуваючи нульових значень в місцях перетину з витками нагнітаючого шнека. Максимальна швидкість на цій ділянці обладнання становить 0,5 м/с.

Незалежно від зміни геометрії шнека і решітки, а також частоти обертання шнека, закономірність зберігається (рис.3.18). Важливо забезпечити рівномірне стискання продукту без локальних перенавантажень. Цим критеріям найбільше відповідає досліджуваний варіант №2 (характеризується такими параметрами системи: співвідношення кроків витків шнека $h = 0,03$ м, діаметр отворів вихідної решітки $d_{\text{отв.вих.реш}} = 0,0035$ м, частота обертання нагнітального шнека $n = 270 \frac{\text{об}}{\text{с}}$.)

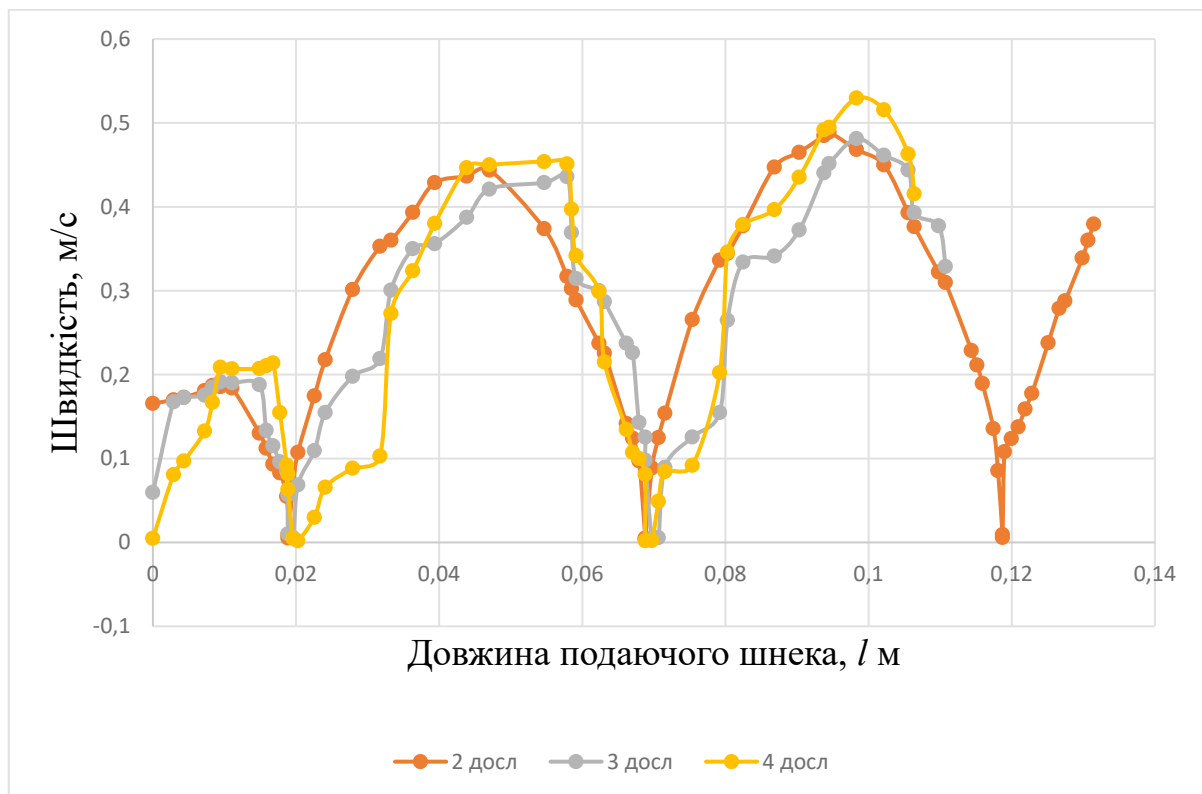


Рис. 3.18 Зміна швидкості по довжині подаючого шнеку

Подібний характер має залежність зміни швидкості і по довжині нагнітаючого шнека. Кількість витків там більша, тому більша і кількість

					Результати досліджень	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

стрибків на графіку. Мінімальні швидкості спостерігаються в місцях зачеплення шнеків, максимальні – у вузькому зазорі між витками і корпусом вовчка, змінюючись від 0,25 до 0,65 м/с. В ріжучому комплекті швидкість стабілізується на рівні 0,18 м/с. На виході з вовчка швидкість фаршу зменшується до 0,6 м/с.

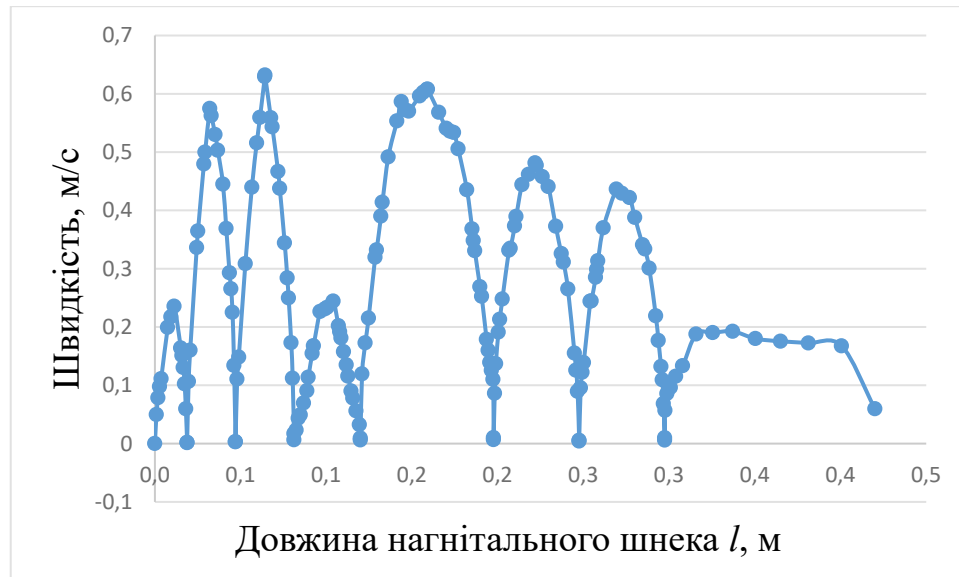


Рис. 3.19. Зміна швидкості по довжині нагнітального шнека

					Результати досліджень	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

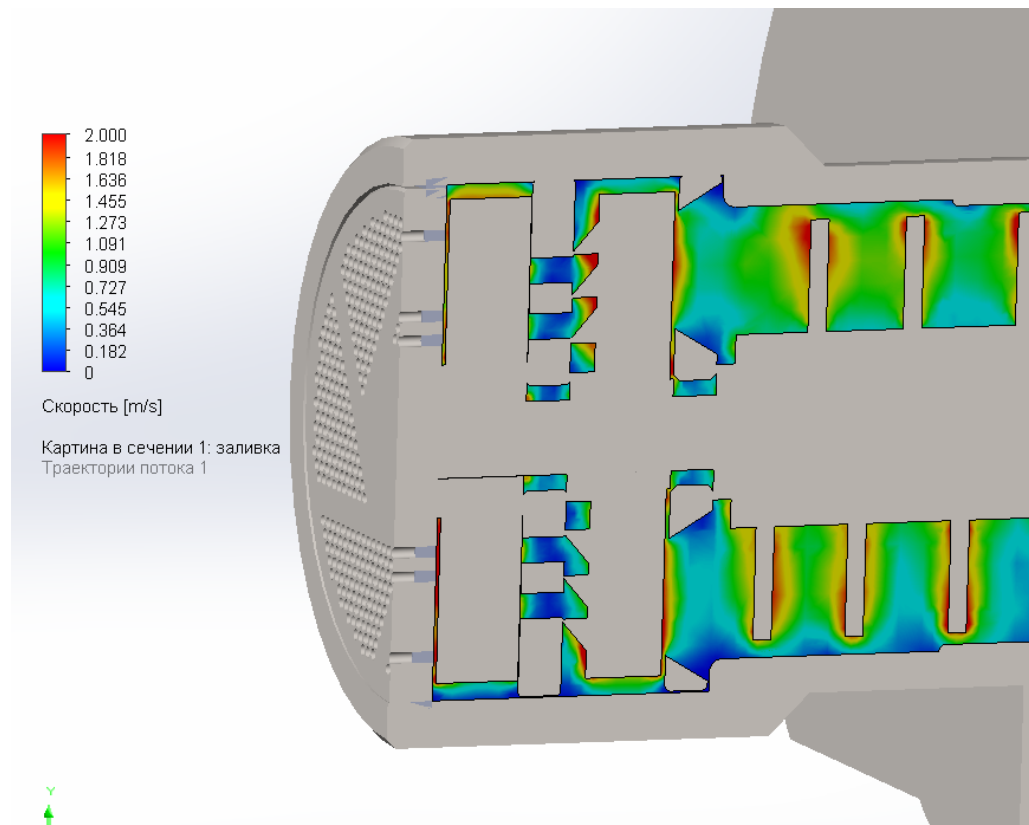


Рис. 3.20. Поле швидкостей у ріжучому комплекті

Рух м'ясної сировини між решітками і ножами характеризується збільшенням значень швидкості в ділянках звуження потоку до 2 м/с.

Найбільш навантаженими є деталі ріжучого комплекта, які регулярно перезаточуються. Тому важливо знати тиск, який діє на ці структурні елементи. Моделювання дає можливість встановити найбільш навантажені ділянки, якими є входи у кожену із трьох решіток, де надлишковий тиск становить 101,9 ...99,3 кПа (рис.3.21).

					Результати досліджень	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

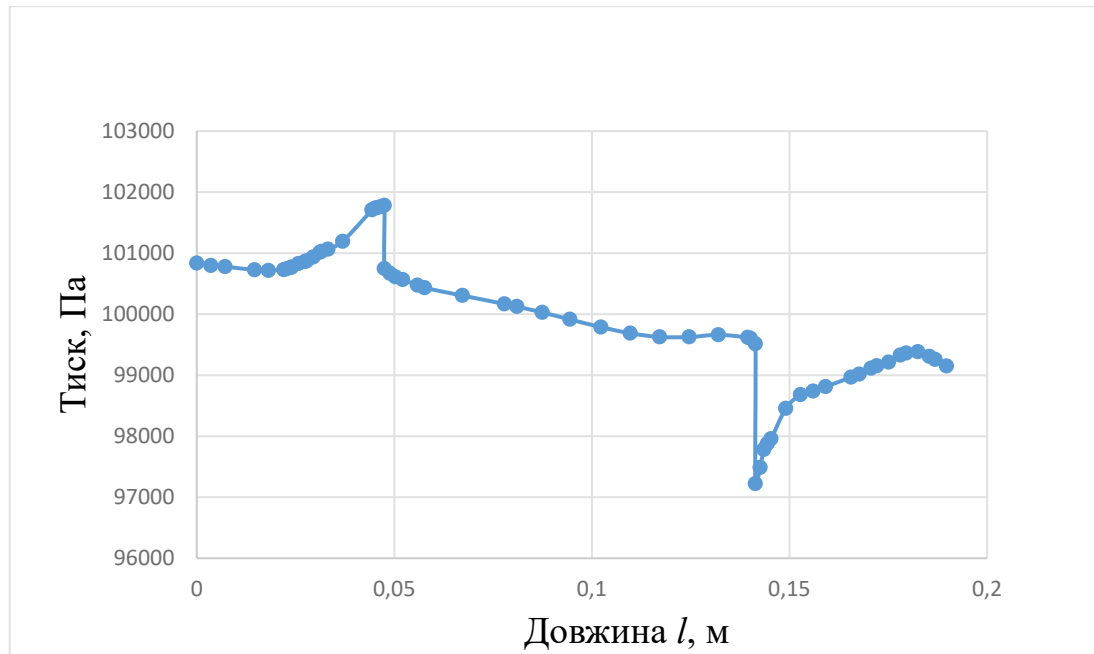


Рис. 3.21. Зміна тиску в поздовжньому перерізі ріжучого комплекта вовчка по діаметрі ріжучого вузла $\varnothing 183$ мм

При механічному обробленні м'ясної сировини відбувається її ущільнення, яке супроводжується перетворенням механічної енергії у теплову. При цьому стрибкоподібно змінюється температура від початкових $18,7$ °C на вході у вовчок до $19,8$ °C (зростає на $5,9\%$) на початку ріжучого комплекта (рис.3.22). Значення температури помітно зростає на останніх витках нагнітаючого шнека, які мають зменшений крок порівняно з попередніми.

					<i>Результати досліджень</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

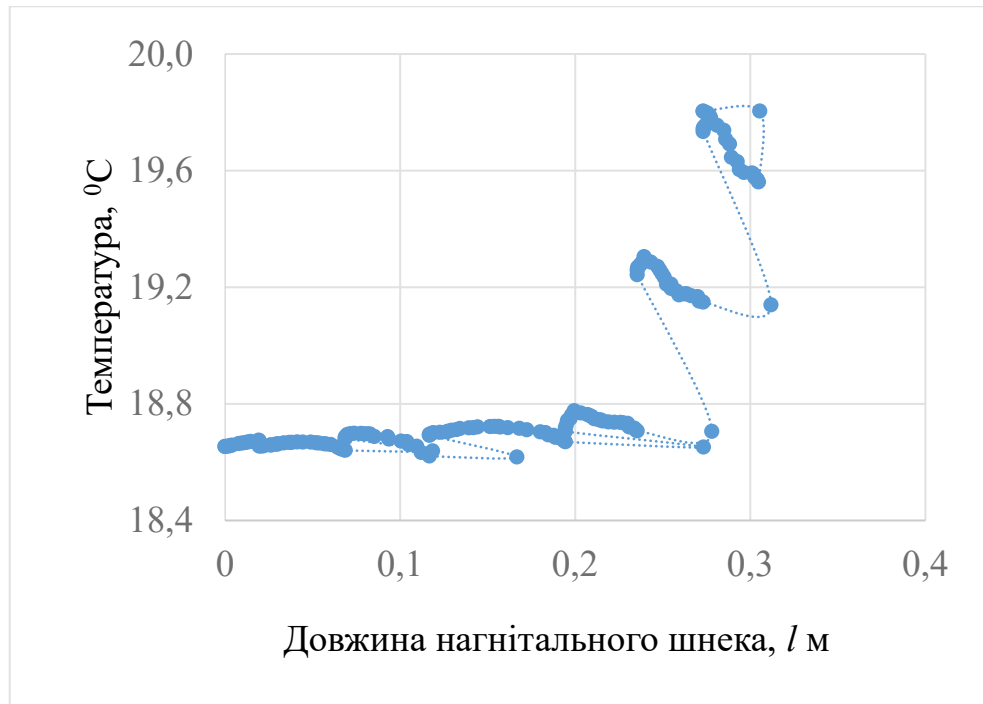


Рис. 3.22. Зміна температури по довжині нагнітального шнеку

Така закономірність характерна для всіх розглянутих варіантів (рис.3.23)

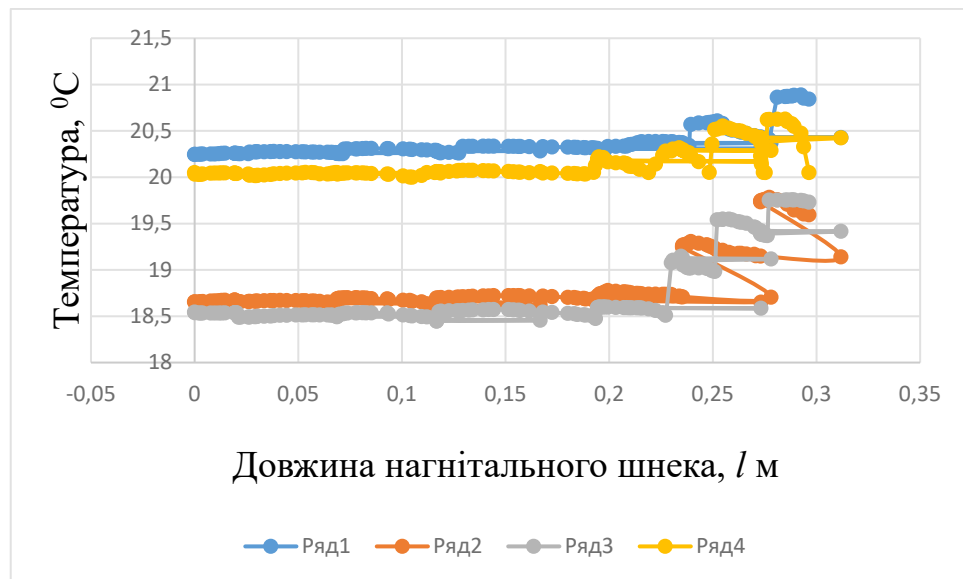


Рис.3.23 Зміна температури по довжині нагнітального шнеку

Наявність решіток і ножів у різальному вузлі призводять до утворення гідравлічного опору, який перешкоджає вільному витіканню сировини з

					Результати досліджень	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

робочого циліндра під дією тиску, створюваного нагнітальним шнеком. Внаслідок цього утворюються зворотні потоки сировини, які характеризують втрати продуктивності: крізь зазор між зовнішньою поверхнею витків шнека та внутрішньою поверхнею робочого циліндра; вздовж гвинтового каналу шнека поміж його витками (рис.3.24).

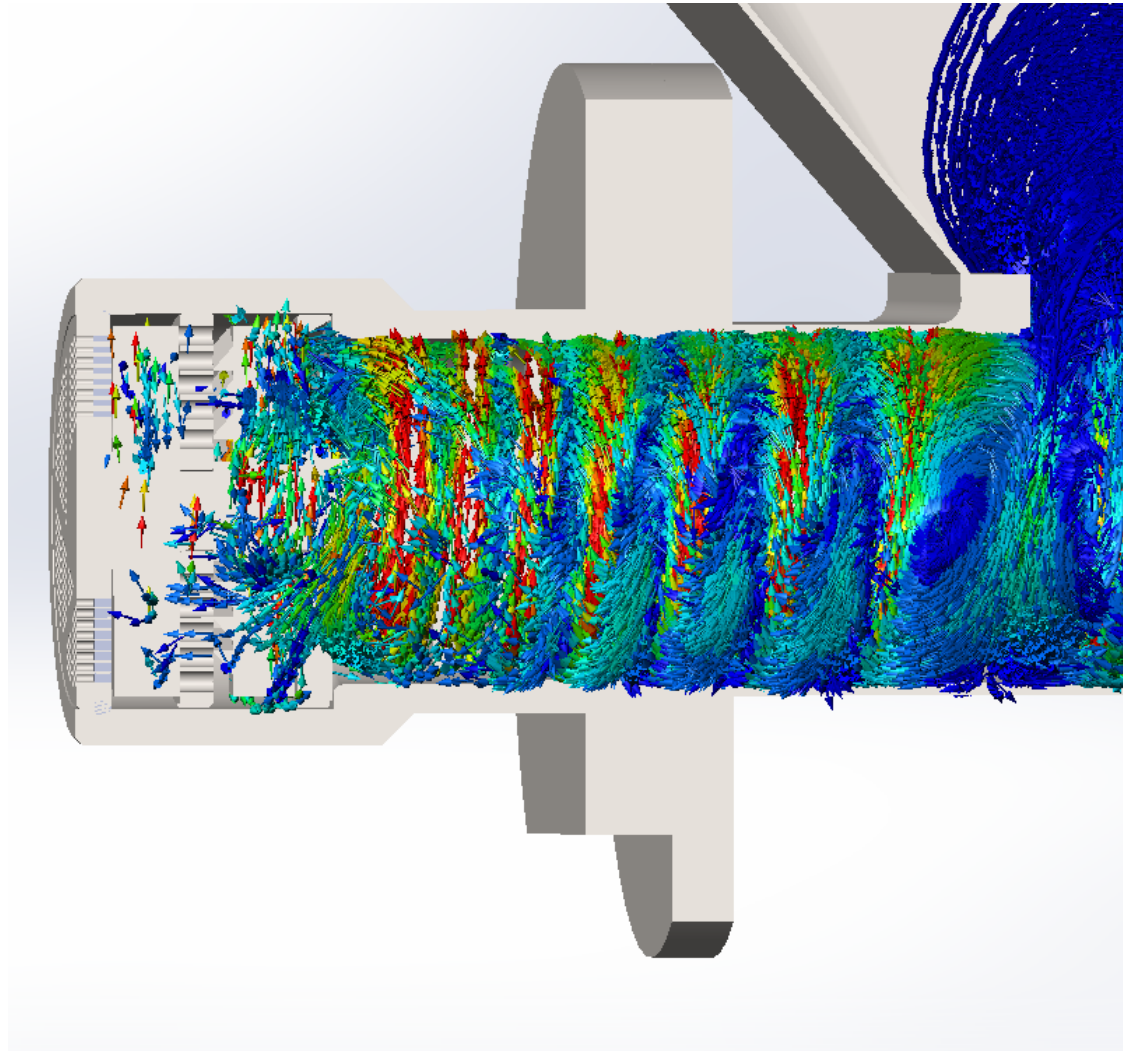


Рис. 3.24 Траекторія потоку біля і в ріжучому комплекті

3.2. Побудова критеріального рівняння процесу подрібнення у вовчку

При побудові критеріального рівняння, яке описує процес подрібнення сировини у вовчку, прийнято, що потрібна для роботи потужність двигуна

приводу $N \left(\frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}^3} \right)$ залежить від розмірів шматків м'яса b (м), діаметра решіток

					<i>Результати досліджень</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

d (м), частоти обертання шнеків n (c^{-1}), кроку між витками h (м), а також густини продукту ρ ($кг/м^3$).

Побудуємо матрицю розмірностей обраних параметрів:

$$[N] = [M^1 L^2 T^{-3}], \quad [b] = [M^0 L^1 T^0], \quad [h] = [M^0 L^1 T^0],$$

$$[n] = [M^0 L^0 T^{-1}], \quad [d] = [M^0 L^1 T^0], \quad [\rho] = [M^1 L^{-3} T^0]$$

$$|A| = \begin{vmatrix} 1 & 2 & -3 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & -3 & 0 \end{vmatrix}$$

і визначимо кількість і склад незалежних параметрів. Оскільки ранг матриці розмірностей дорівнює 3, то і кількість незалежних параметрів теж дорівнює трьом. Вважаємо, що ними є діаметр отворів решітки d , густина сировини ρ і частота обертання нагнітального шнека n .

З використанням другої теореми подібності й наслідків з неї, отримано критерії подібності $\pi_1 = N / (d^5 \cdot \rho \cdot n^3) = Eu$ (критерій Ейлера), $\pi_2 = h / (d^1 \cdot \rho^0 \cdot n^0) = \Gamma_1$, $\pi_3 = b / d = \Gamma_2$ та у загальному виді критеріальне рівняння для визначення витрати енергії на подрібнення м'ясної сировини:

$$Eu = C \cdot \Gamma_1^n \cdot \Gamma_2^k.$$

Числові значення коефіцієнта C і показників степенів n і k будуть визначені з урахуванням результатів обчислювальних експериментів.

Для досліджу 1

$$\Gamma_1 = \frac{h}{d_{\text{отв.вих.реш}}} = \frac{0,042}{0,003} = 14$$

де h – крок між витками, м;

					Результати досліджень	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

$d_{\text{отв.вих.реш}}$ – діаметр отворів вихідної решітки, м.

$$\Gamma_2 = \frac{b}{d_{\text{отв.вих.реш}}} = \frac{0,05}{0,003} = 16,66$$

де b – розміри шматків м'яса, м.

$$Eu = \frac{N}{d^5 \cdot \rho \cdot n^3} = \frac{p \cdot v}{d^5 \cdot \rho \cdot n^3} = \frac{310.512 \cdot 2.597}{0.003^5 \cdot 1070 \cdot 260^3} = 382 \cdot 10^8$$

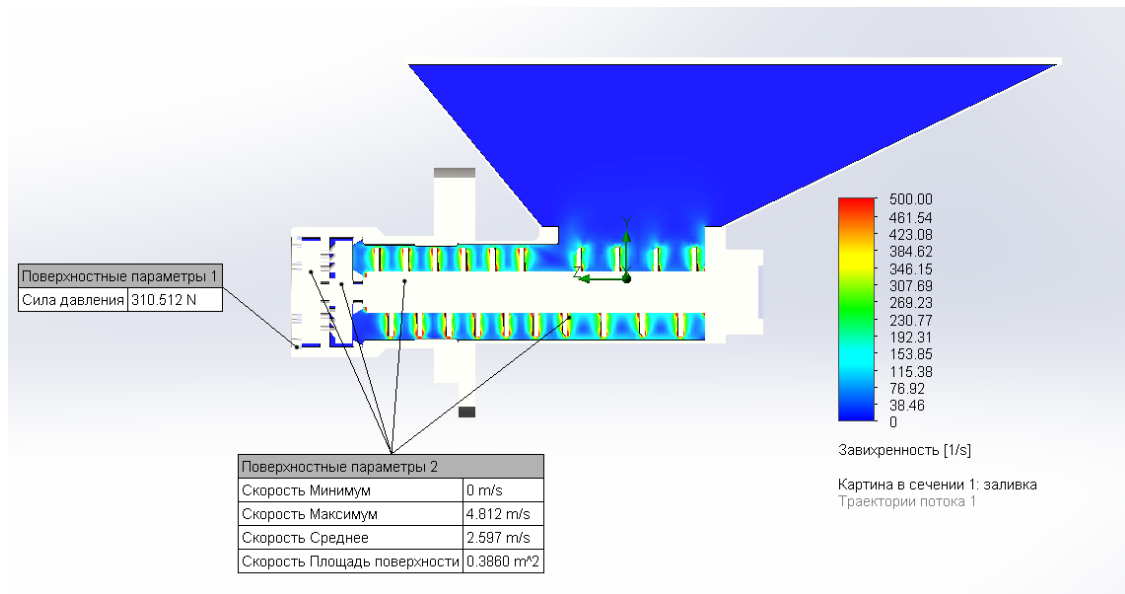
де p – опір тиску, Н;

v – швидкість обертання нагнітаючого шнеку і ріжучого вузла, м/с;

d – діаметр отворів вихідної решітки, м;

ρ – густина, кг/м³;

n – частота обертання нагнітаючого шнека; $\frac{\text{об}}{\text{с}}$.



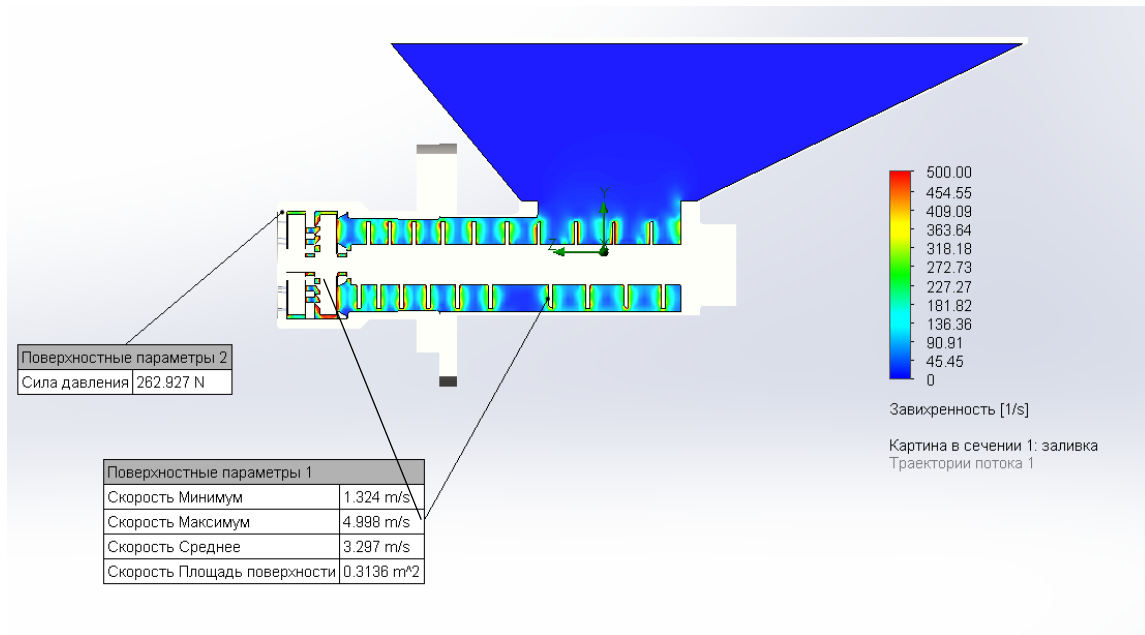
Для досліду 2

$$\Gamma_1 = \frac{h}{d_{\text{отв.вих.реш}}} = \frac{0,03}{0,0035} = 8,57$$

						Результати досліджень	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			18

$$\Gamma_2 = \frac{b}{d_{\text{отв.вих.реш}}} = \frac{0,05}{0,0035} = 14,28$$

$$Eu = \frac{N}{d^5 \cdot \rho \cdot n^3} = \frac{p \cdot v}{d^5 \cdot \rho \cdot n^3} = \frac{262,927 \cdot 3,297}{0,0035^5 \cdot 1070 \cdot 270^3} = 169 \cdot 10^8$$



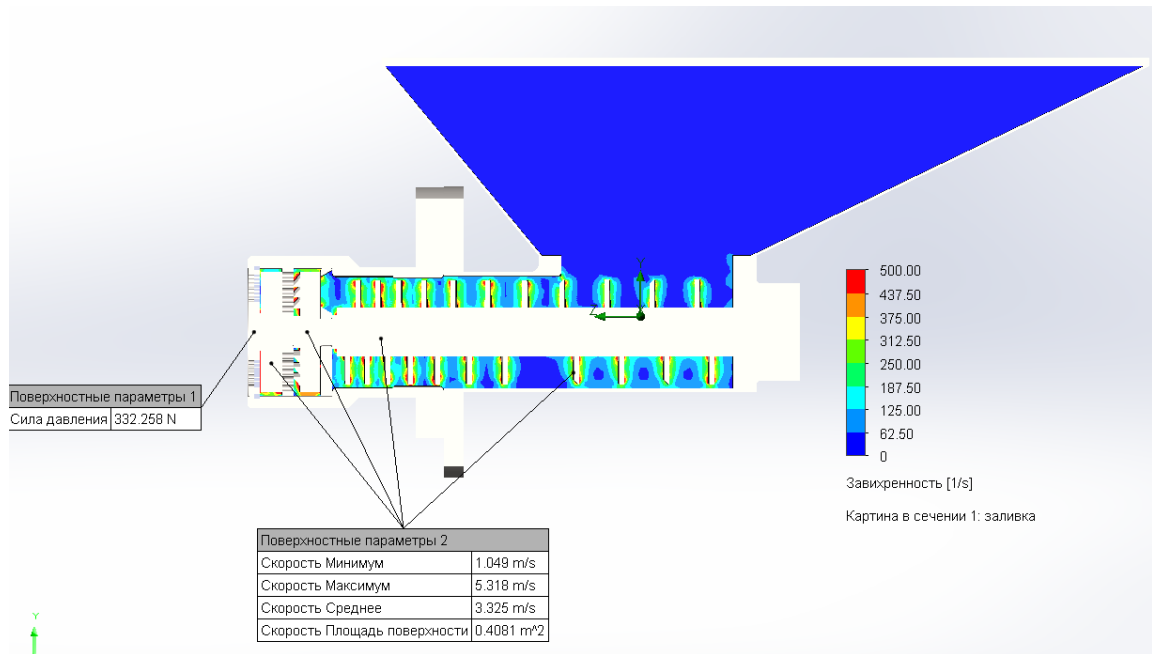
Для досліду 3

$$\Gamma_1 = \frac{h}{d_{\text{отв.вих.реш}}} = \frac{0,025}{0,004} = 6,25$$

$$\Gamma_2 = \frac{b}{d_{\text{отв.вих.реш}}} = \frac{0,05}{0,004} = 12,5$$

$$Eu = \frac{N}{d^5 \cdot \rho \cdot n^3} = \frac{p \cdot v}{d^5 \cdot \rho \cdot n^3} = \frac{332,258 \cdot 3,325}{0,004^5 \cdot 1070 \cdot 272^3} = 108 \cdot 10^8$$

					Результати досліджень	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

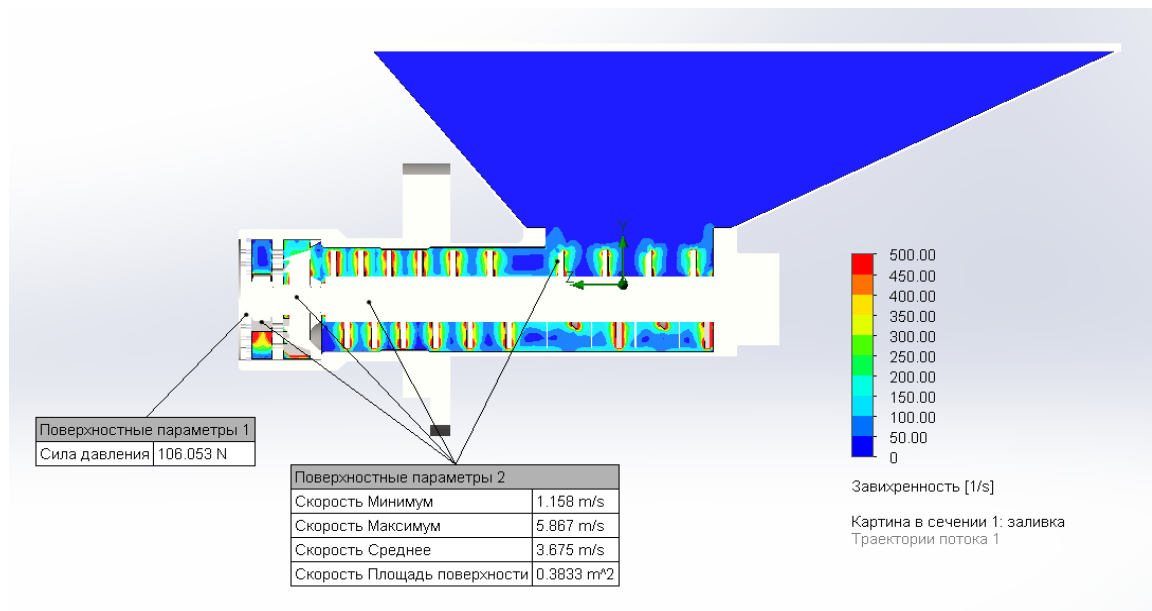


Для досліду 4

$$\Gamma_1 = \frac{h}{d_{\text{отв.вих.реш}}} = \frac{0,035}{0,0025} = 14$$

$$\Gamma_2 = \frac{b}{d_{\text{отв.вих.реш}}} = \frac{0,05}{0,0025} = 20$$

$$Eu = \frac{N}{d^5 \cdot \rho \cdot n^3} = \frac{p \cdot v}{d^5 \cdot \rho \cdot n^3} = \frac{106,053 \cdot 3,675}{0,0025^5 \cdot 1070 \cdot 300^3} = 298 \cdot 10^8$$



					Результати досліджень	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Розрахункові значення критеріїв рівняння:

Γ_1	Γ_2	$Eu \cdot 10^{-8}$
14	16,66	382
8,57	14,28	169
6,25	12,5	108
14	20	298

Для визначення значення коефіцієнта C та показників степені m та k прологарифмуємо отримане критеріальне рівняння і виконаємо подальші математичні перетворення для перетворення початкового рівняння на лінійне:

$$\ln Eu = \ln (c \cdot \Gamma_1^m \cdot \Gamma_2^k),$$

$$\ln Eu = \ln c + m \ln \Gamma_1 + k \ln \Gamma_2,$$

$$\ln Eu = \ln c + m \cdot \ln \Gamma_1 + k \cdot \ln \Gamma_2.$$

Позначивши $C = \ln(c)$, $X = \ln \Gamma_1$; $Y = \ln \Gamma_2$; $Z = \ln Eu$ маємо змогу записати рівняння в загальному вигляді:

$$Z = C + m \cdot X + k \cdot Y.$$

Використовуючи його, записуємо систему рівнянь, прологарифмувавши початкові дані:

$$\begin{cases} 2,64m + 2,81k + C = 24,37 \\ 2,15m + 2,66k + C = 23,55 \\ 1,83m + 2,52k + C = 23,11 \\ 2,64m + 3k + C = 24,12 \end{cases}$$

Щоб розв'язати цю систему за методом найменших квадратів, попередньо за формулами 2.1 визначаємо значення коефіцієнтів $[aa]$, $[ab]$ і т.д.:

					Результати досліджень	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

В результаті отримаємо систему трьох рівнянь з трьома невідомими:

$$\begin{cases} 21.91m + 25.67k + 9.26C = 220.94 \\ 25.67m + 30,32k + 10,99C = 261,7 \\ 9.26m + 10,99k + 4C = 95,15 \end{cases}$$

Вирішивши її, маємо $m=-3.12$; $k=25.609$ та $C=2.916$.

З урахуванням, що $c = e^C = 18.46$, запишемо критеріальне рівняння для визначення витрат потужності на подрібнення м'ясної сировини:

$$Eu = 18.46 \cdot \Gamma_1^{-3.12} \cdot \Gamma_2^{25.609}$$

3.3. Аналіз напружено-деформованого стану структурних складових вовчка

Провівши аналіз напружено-деформованого стану структурних складових вовчка, на які діє надлишковий тиск 101,9 кПа, видно, що найбільшій деформації піддається ріжучий вузол. Також у ножах і решітках виникають найбільші еквівалентні напруження.

Напруження по Мізесу в ріжучому комплекті становить $\max = 5.6$ МПа (рис. 3.25). Вони не перевищують гарничного напруження зсуву, тому такі умови роботи є прийнятними.

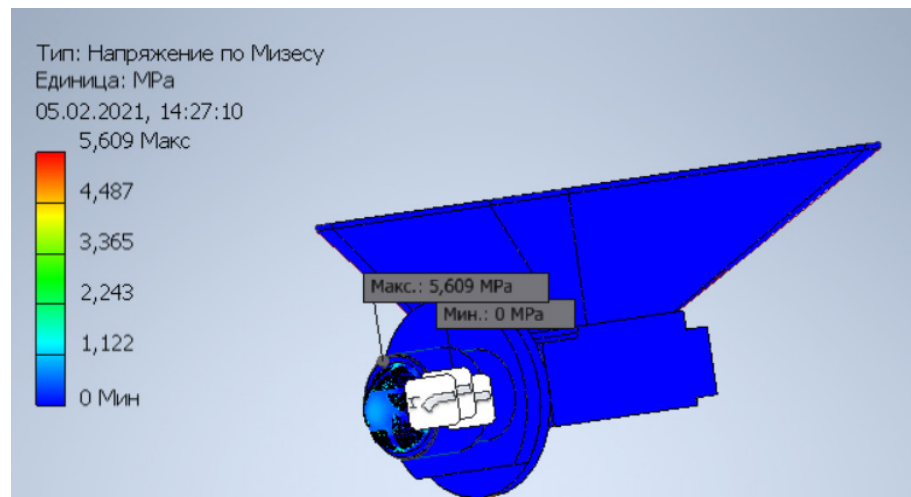


Рис.3.25 Напруження по Мізесу в ріжучому комплекті

					Результати досліджень	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

При дії зовнішніх сил в елементах конструкції виникають деформації і переміщення (рис.3.26, рис.3.27).

Максимальні зміщення виникають вздовж осі шнеків, і становлять всього 0,002499 мм. Еквівалентна деформація становить $2,59 \cdot 10^{-5}$.

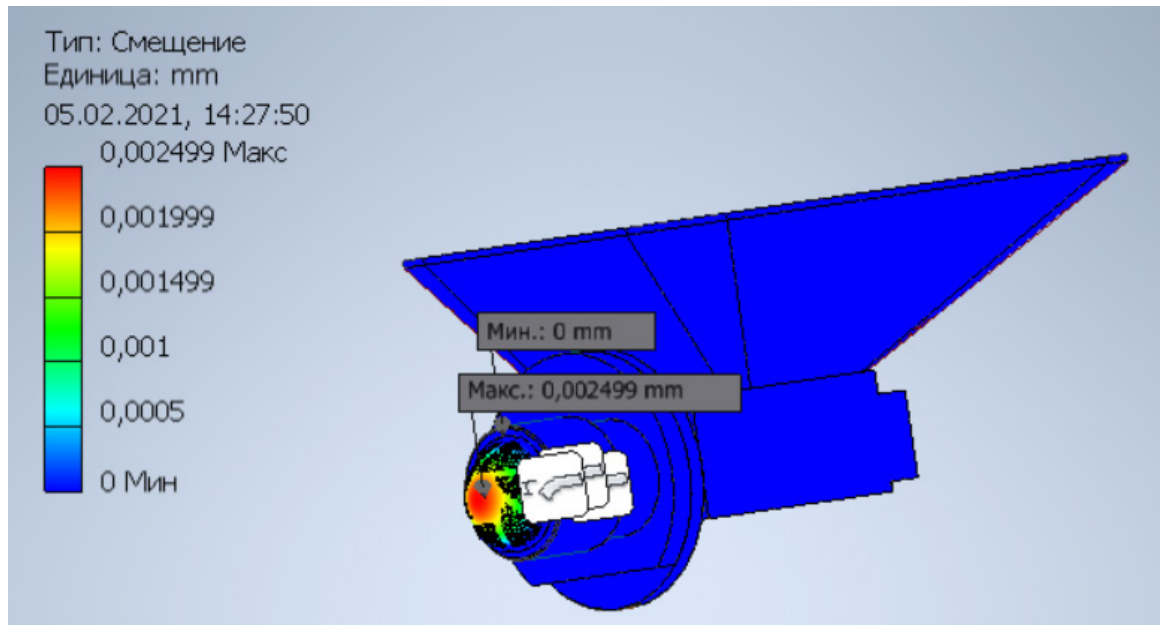


Рис.3.26 Зміщення ріжучого комплексу відносно осі z

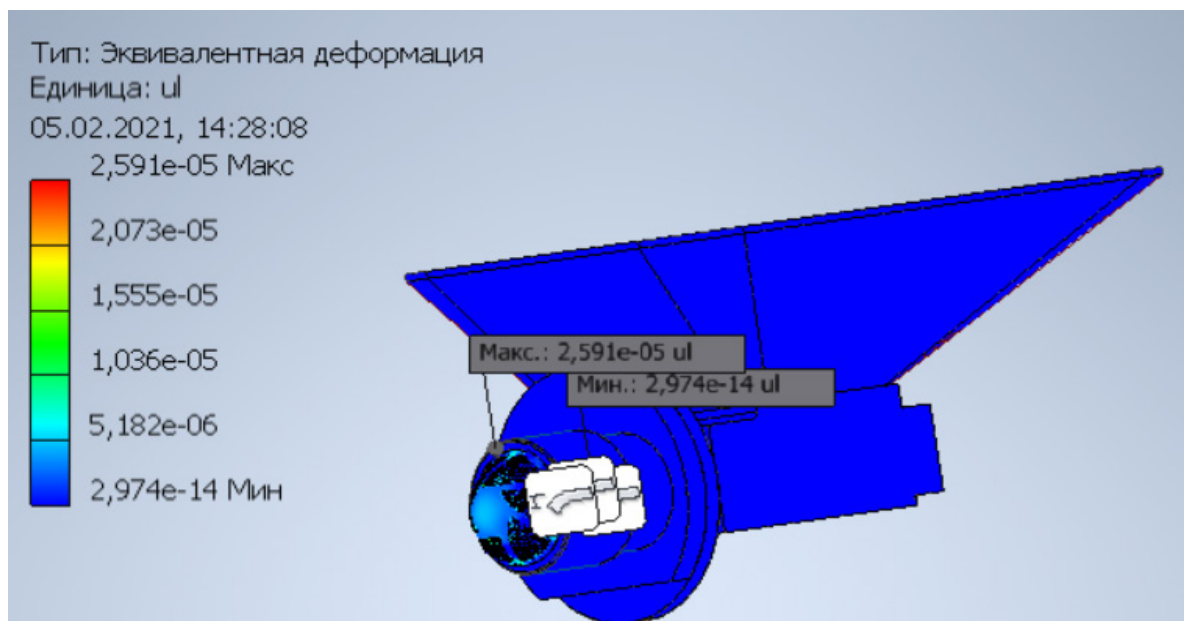


Рис.3.27 Еквівалентна деформація ріжучого комплексу

					<i>Результати досліджень</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

4.1. Технологічний розрахунок

Продуктивність вовчка розраховується по формулі:

$$M = \frac{\varphi \cdot F}{F_1} = \frac{0,8 \cdot 2151}{0,6} = 2868 \text{ кг / год}, \quad (4.1)$$

де φ – коефіцієнт використання ріжучої спроможності вовчка, ($\varphi = 0,9 - 1$);

F_1 – ріжуча поверхня, яку отримуємо при подрібненні одиниці маси продукції, $\text{м}^2/\text{кг}$ (залежить від діаметру отворів вихідної решітки: при $d = 2$ мм – $1,1 \dots 1,2$ $\text{м}^2/\text{кг}$; при $d = 3$ мм – $0,6 \dots 0,7$ $\text{м}^2/\text{кг}$); F – ріжуча спроможність ріжучого механізму вовчка, $\text{м}^2/\text{год}$.

$$F = 60 \frac{\pi D^2}{4} n (K_1 \varphi_1 + K_2 \varphi_2 + K_3 \varphi_3) =$$

$$60 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,160^2}{4} \cdot 260 (4 \cdot 0,8 + 4 \cdot 0,5 + 4 \cdot 0,4) = 2151 \text{ м}^2 / \text{год} \quad (4.2)$$

де $D = 160$ м – зовнішній діаметр решітки; $i = 1, 2, 3, 4$ – кількість ріжучих поверхонь механізму різання; $n = 260$ об/хв – частота обертання ножів; K_1, K_2, K_3 – кількість лез на ножах; $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ – коефіцієнт використання площі решітки під отвори для проходження м'яса (для приймальної решітки $\varphi = 0,8$; для проміжної решітки $\varphi = 0,5$; для вихідної решітки $\varphi = 0,4$).

Потужність основного двигуна приводу розраховується за формулою:

$$N = \frac{N_1 + N_2 + N_3}{\eta} = \frac{0,0023 + 2,76 + 8,3}{0,8} = 13,85 \text{ кВт} \quad (4.3)$$

					150554.МР.33.04.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата			
Розроб.		Христонько Н.В.			Літ.	Аркцш	Аркцшів
Перевір.		Чепелюк О.О.				1	9
Реценз.					Розділ 4. Розрахункова частина НУХТ ННІТІ ОХ-2-5М		
Н. Контр.							
Затверд.		.Гавва О.М.					

де N_1 – потужність, яка витрачається на подрібнення м'яса, кВт;

N_2 – потужність, необхідна щоб подолати тертя у механізмі різання, кВт;

N_3 – потужність, що необхідна для роботи шнека, кВт.

Потужність, яка витрачається на подрібнення м'яса, розраховуємо за формулою:

$$N_1 = \frac{a \cdot G_1 \cdot F_1}{1000} = \frac{5 \cdot 0,79 \cdot 0,6}{1000} = 0,0023 \text{ кВт}, \quad (4.4)$$

де a – питомі витрати енергії на подрібнення продукту, Дж/м² (для м'яса $a = 5 - 7 \text{ кДж} / \text{м}^2$);

$$G_1 = \frac{M}{3600} = \frac{2868}{3600} = 0,79 \text{ – секундна масова продуктивність вовчка, кг/с.}$$

Потужність, яка потрібна для подолання тертя у механізмі різання, розраховуємо за формулою:

$$N_2 = \frac{\mu \cdot p \cdot b \cdot z \cdot K \cdot \omega (D_1^2 - d_1^2)}{8 \cdot 1000} = \frac{0,3 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 4 \cdot 10^{-3} \cdot 4 \cdot 4 \cdot 26,86 \cdot (0,15^2 - 0,032^2)}{8 \cdot 1000} = 2,76 \text{ кВт}, \quad (4.5)$$

де μ – коефіцієнт тертя ковзання ножа по решітці ($\mu = 0,2 - 0,3$); p – питомий середній тиск на поверхні контакту ножа та решітки, Па ($p = 2 - 3 \text{ МПа}$); b – ширина площадки при контакті леза ножа і решітки, м ($b = 3 - 4 \text{ мм}$); $z = 4$ – кількість ріжучих площин механізму; $K = 4$ – кількість лез ножа; ω – кутова швидкість обертання ножа, 1/с; D_1, d_1 – діаметри ріжучих кромek ножа, зовнішній і внутрішній відповідно, м.

Потужність, яка потрібна для роботи шнека, розраховуємо за формулою:

$$N_3 = \frac{P_o (1 + \alpha) M_1}{1000} = \frac{8,7 \cdot 10^5 (1 + 0,7) \cdot 0,0073}{1000} = 8,3 \text{ кВт}, \quad (4.6)$$

					Розрахункова частина	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де α – коефіцієнт, який визначає витрати енергії на тертя продукту на стінки робочого циліндра і на поверхню шнека ($\alpha = 0,7 - 2$); M_1 – об'ємна секундна продуктивність, м³/с; P_o – тиск, який створюється шнеком для проходження сировини через решітки, Па.

$$P_o = \frac{4 \cdot Z_1 \cdot \tau}{d_{np}} = \frac{4 \cdot 3 \cdot 400}{0,0055} = 8,7 \cdot 10^5 \text{ Па}, \quad (4.7)$$

де $Z_1 = 3$ – число решіток; τ – напруження деформації зсуву, Н/м ($\tau = 0,3 - 0,4 \text{ кН/м}$); d_{np} – діаметр отворів решіток – приведений, м.

$$d_{np} = \frac{2d_n \cdot d_k}{d_n + d_k} = \frac{2 \cdot 0,038 \cdot 0,003}{0,038 + 0,003} = 0,0055 \text{ м}, \quad (4.8)$$

де d_n – діаметр отворів на приймальній решітці, м; d_k – діаметр отворів на кінцевій (вихідній) решітці, м.

4.2. Розрахунок кінематичний

Знаючи необхідну потужність $N_{\text{дв}} = 13,85 \text{ кВт}$ по за каталогом вибираємо електродвигун марки 4A160M6 з потужністю $N_{\text{дв}} = 15 \text{ кВт}$ та числом обертів $n_{\text{дв}} = 1000 \text{ об/хв}$.

Розраховуємо передаточне відношення числа приводу. Загальне передаточне відношення числа приводу робочого шнека.

$$i_{p.ш} = \frac{n_{\text{дв}}}{n_{p.ш}} = \frac{1000}{260} = 3,84 \quad (4.9)$$

Передаточне число приводу допоміжного шнека:

$$i_{д.ш} = \frac{n_{\text{дв}}}{n_{д.ш}} = \frac{1000}{120} = 8,33 \quad (4.10)$$

де $n_{д.ш}$ – кількість обертів допоміжного шнека.

					Розрахункова частина	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

Передаточне число I-го ступеня редуктора:

$$i_3' = \frac{i_{p.ш}}{i_{к.л}} = \frac{3,84}{2} = 1,92 \quad (4.11)$$

$i_{к.л}$ – передаточне число клинопасової передачі $i_{к.л} = 2$.

Передаточне число II-го ступеня редуктора:

$$i_3'' = \frac{i_{д.ш}}{i_{к.л} \cdot i_3'} = \frac{8,33}{2 \cdot 1,92} = 2,16 \quad (4.12)$$

Передаточне число редуктора:

$$i_p = i_3' \cdot i_3'' = 1,92 \cdot 2,16 = 4,14 \quad (4.13)$$

Розрахунок крутних моментів і кутових швидкостей

Розраховуємо крутні моменти на валах приводу

$$M_1 = \frac{9,55 \cdot N_{дв}}{n_{дв}} = \frac{9,55 \cdot 15 \cdot 10^3}{1000} = 0,143 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (4.14)$$

Визначаємо кутові швидкості на валу електродвигуна:

$$\omega_1 = \frac{\pi \cdot n_{дв}}{30} = \frac{3,14 \cdot 1000}{30} = 104,66 \text{ рад} / \text{с} \quad (4.15)$$

Крутні моменти на швидкохідному валу редуктора:

$$M_2 = M_1 \cdot i_{к.л} \cdot \eta_{кл} = 0,143 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 0,96 = 0,275 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (4.16)$$

$$\omega_2 = \frac{\pi \cdot n_2}{30} = \frac{3,14 \cdot 500}{30} = 52,33 \text{ рад} / \text{с} \quad (4.17)$$

де

$$n_2 = \frac{n_{дв}}{i_{к.л}} = \frac{1000}{2} = 500 \text{ об} / \text{хв} \quad (4.18)$$

Крутні моменти на проміжному валу редуктора:

					Розрахункова частина	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M_3 = M_2 \cdot i_3' \cdot \eta_3 = 0,275 \cdot 10^3 \cdot 1,92 \cdot 0,98 = 0,517 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (4.19)$$

де $\eta_3 = 0,98$ – ККД зубчастої пари.

$$\omega_3 = \frac{\pi \cdot n_3}{30} = \frac{3,14 \cdot 231,48}{30} = 24,22 \text{ рад} / \text{с} \quad (4.20)$$

$$n_3 = \frac{n_2}{i_3''} = \frac{500}{2,16} = 231,48 \text{ об} / \text{хв} \quad (4.21)$$

Крутні моменти на тихохідному валу редуктора:

$$M_3 = M_3 \cdot i_3' \cdot \eta_3 = 0,517 \cdot 10^3 \cdot 1,92 \cdot 0,98 = 0,97 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (4.22)$$

$$\omega_4 = \frac{\pi \cdot n_4}{30} = \frac{3,14 \cdot 107,16}{30} = 11,21 \text{ рад} / \text{с} \quad (4.23)$$

$$n_4 = \frac{n_3}{i_3''} = \frac{231,48}{2,16} = 107,16 \text{ об} / \text{хв} \quad (4.24)$$

де

4.3. Розрахунок механічний

Розрахунок клинопасової передачі

Визначаємо переріз клинового ремня. При номінальному крутному моменті $M_1 = 0,143 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м}$ і кутовій швидкості $\omega_1 = 104,66 \text{ рад} / \text{с}$. Рекомендовано вибирати переріз із площею поперечного перерізу $F = 81 \text{ мм}^2$. Обираємо діаметр ведучого шківів, $d_1 = 145 \text{ мм}$.

Швидкість руху ремня:

$$V = \frac{\omega_1 \cdot d_1}{2 \cdot 1000} = \frac{104,66 \cdot 145}{2 \cdot 1000} = 7,58 \text{ м} / \text{с} \quad (4.25)$$

Визначаємо діаметр веденого шківів:

$$d_2 = d_1 \cdot i_{кл} = 145 \cdot 2 = 290 \text{ мм} \quad (4.26)$$

Мінімальна та максимальна міжцентрові відстані:

$$a_{\min} = 0,55(d_1 + d_2) + h = 0,55(145 + 290) + 10 = 249,25 \text{ мм} \quad (4.27)$$

					Розрахункова частина	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

$$a_{\max} = 2(d_1 + d_2) = 2(145 + 290) = 870 \text{ мм} \quad (4.28)$$

Приймаємо $a = 440$ мм.

Довжина ременя:

$$L = 2a + \frac{\pi}{2}(d_1 + d_2) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4a} = 2 \times 440 + \frac{3,14}{2}(145 + 290) + \frac{(290 - 145)^2}{4 \times 440} = 1586,84 \text{ мм} \quad (4.29)$$

Найближче стандартне значення 1500 мм.

Визначаємо кінцеве значення міжцентрової відстані:

$$a = 0,25 \left((L - \Delta_1) + \sqrt{(L - \Delta_1)^2 - 8\Delta_2} \right)$$

$$a = 0,25 \left((1500 - 682,95) + \sqrt{(1500 - 682,95)^2 - 8 \times 5256,25} \right) = 401,98 \text{ мм} \quad (4.30)$$

де $\Delta_1 = 0,5\pi(d_2 + d_1) = 0,5 \times 3,14(290 + 145) = 682,95 \text{ мм}$

$$\Delta_2 = 0,25(d_1 - d_2)^2 = 0,25 \times (290 - 145)^2 = 5256,25 \text{ мм}$$

Передбачаємо зменшення міжцентрової відстані для одягання ременя на шків:

$$a = 0,01 \cdot L = 0,01 \cdot 1500 = 15 \text{ мм} \quad (4.31)$$

і збільшуємо його для натяга ременя:

$$a = 0,25 \cdot L = 0,25 \cdot 1500 = 37,5 \text{ мм} \quad (4.32)$$

Остаточно приймаємо вихідну потужність, передану одним ременем:

$$P_o = 2,71 \text{ кВт}$$

Визначаємо кількість ременів передачі:

$$z = \frac{P}{[p]} \quad (4.33)$$

де $[p]$ – допустима потужність на один клинопасовий ремінь,

					Розрахункова частина	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

$$[p] = P_0 \cdot C_a \cdot C_p \quad (4.34)$$

C_a – коефіцієнт, який враховує вплив кута обхвату на тягову здатність:

$$a = 180 - \frac{60(d_1 - d_2)}{a} = 180 - \frac{60(290 - 145)}{401,98} = 160^\circ \quad (4.35)$$

Остаточню кут обхвату становить: $C_a=0,95$.

Таблиця 4.1

Коефіцієнт кута обхвату C_a

Кут обхват α, α_1	180	170	160	150	140	130	120	110	100	90
C_a	1,0	0,98	0,95	0,92	0,89	0,86	0,82	0,78	0,73	0,68

C_p – коефіцієнт режиму роботи при $V=7,58$ м/с, $C_p=0.91$.

Таблиця 4.2

 C_p – коефіцієнт динамічності та режиму роботи

Режим роботи	Характер навантаження	Електродвигун змінного струму загальнопромислового використання		
		Кількість змін роботи паса		
		1	2	3
Легкий	Спокійний. Максимальне короткодійоче навантаження до 120% від номінального	1,0	0,91	0,71
Середній	Помірні коливальні навантаження. Максимальне короткодійоче навантаження до 150% від номінального	0,91	0,83	0,67
Важкий	Значні коливальні навантаження. Максимальне короткодійоче навантаження до 200% від номінального	0,83	0,77	0,63

					Розрахункова частина	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

Тоді $[p] = 2,71 \cdot 0,95 \cdot 0,91 = 2,34$ кВт.

Кількість ременів: $z = \frac{15}{2,34} = 6,4$ шт

Кількість ременів приймаємо $z = 6$ шт.

Сила початкового натягу одного клинового ременя:

$$T_0 = \frac{780 \cdot P}{V \cdot C_a \cdot C_p \cdot z} + q \cdot V^2 = \frac{780 \cdot 15}{7,58 \cdot 0,95 \cdot 0,91 \cdot 6} + 0,10 \cdot 7,58^2 = 303H \quad (4.36)$$

де $q = 0,10$ кг/м – маса 1-го м довжини ременя

Сила, яка діє на вали:

$$Q = 2T_0 \cdot z \cdot \sin \frac{\alpha}{2} = 2 \cdot 303 \cdot 6 \cdot \sin \frac{160}{2} = 3580H \quad (4.37)$$

Попередній розрахунок валів редуктора

Розрахунок проводимо на крутіння для зниження допустимого напруження

Розрахунок швидкохідного валу редуктора:

$$d_2 = \sqrt[3]{\frac{16M_2}{\pi[\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 275 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 25}} = 38,27 \text{ мм} \quad (4.38)$$

де $[\tau] = 25$ Н / мм² – це допустиме напруження.

$M_2 = 275 \cdot 10^3$ Н / мм.

Діаметр підшипника вибираємо $d_{n2} = 40$ мм.

					Розрахункова частина	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розраховуємо проміжний вал редуктора:

$$d_3 = \sqrt[3]{\frac{16M_3}{\pi[\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 517 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 25}} = 47,23 \text{ мм} \quad (4.39)$$

Діаметр під підшипники приймаємо $d_{n3} = 50$ мм

Розраховуємо тихохідний вал редуктора:

$$d_4 = \sqrt[3]{\frac{16M_4}{\pi[\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 970 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 25}} = 58,25 \text{ мм} \quad (4.40)$$

Приймаємо $d_4 = 58$ мм.

Діаметр під підшипники приймаємо $d_{n4} = 60$ мм.

Діаметри інших ділянок валів визначаємо виходячи з конструктивних міркувань.

					<i>Розрахункова частина</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

РОЗДІЛ 5. ВИБІР КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Матеріали, які використовуються при конструюванні обладнання на харчових виробництвах, повинні задовольняти відповідним специфічним вимогам. Матеріали, що контактують з продуктом, за умов належної експлуатації повинні бути інертними, як по відношенню до продукту, так і до дезінфектантів. Повинні бути нетоксичними, механічно стабільними, стійкими до корозії, при цьому на чистоту оброблення поверхні не повинен здійснюватись негативний вплив за належної експлуатації. Матеріали, які не контактують з продуктом, мають бути механічно стабільними, з достатньою чистотою оброблення поверхні і легко очищуватись.

В місцях прямого контакту з продуктом повинні використовуватись тільки нетоксичні матеріали, оскільки наявність у харчових продуктах токсичних елементів неприпустима.

При контакті матеріалів із харчовими продуктами висуваються відповідні вимоги:

- повинні мати достатню міцність в широкому діапазоні температур;
- повинні бути міцними та мати прийнятний строк служби;
- повинні бути нетоксичними, не абсорбуватись, не руйнуватись;
- бути стійкі до обломовання, розстріскування, руйнування корозією та стирання;
- легко очищуватись та мати здатність набувати задану форму.

При виборі матеріалу для виготовлення деталі, потрібно чітко знати властивості металів та неметалевих конструкцій матеріалів, а також залежність властивостей від структури і обробки, методів та складу.

					150554.MP.33.05.ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Розділ 5. Вибір конструкційних матеріалів	<i>Літ.</i>	<i>Арқцш</i>	<i>Арқцшів</i>
<i>Розроб.</i>		Христонько Н.В.					1	2
<i>Перевір.</i>		Чепелок О.О.						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		Гавва О.М.						
						НУХТ ННІТІ ОХ-2-5М		

У харчовій промисловості широкого застосування набули машини та апарати, які виготовляються із корозійностійких матеріалів. Це суттєво підвищує довговічність машин та апаратів, які працюють із агресивними середовищами, а також покращує очищення та миття після робочого циклу.

Сплави на основі нікелю мають підвищені корозійно- і жаростійкість, особливі електричні і магнітні властивості, жароміцність тощо. Нікель – метал сріблясто-білого кольору, дуже твердий, добре полірується, притягується магнітом, є одним із найважливіших промислових металів, має високі міцність, пластичність, високу хімічну стійкість та інші властивості.

Бункер вовчка К7-ФВП-160 виготовляють із корозійностійкого сплаву нікелю 12Х18Н9Т або із 12Х18Н10Т. Вони досить схожі між собою за властивостями: фізичними, хімічними та відрізняються лише вмістом нікелю у відсотках. Для 12Х18Н9Т– 9 %, а для 12Х18Н10Т – 10 %.

Шнек доцільно також виготовляти з матеріалу на основі сплаву нікелю. Він характеризується високою міцністю, тому виготовлені з нього деталі будуть досить міцними.

Палець шнека виготовлений із корозійностійкої сталі 40Х13, що характеризується високою міцністю та жорсткістю.

					<i>Вибір конструкційних матеріалів</i>	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 6. ВИМОГИ ДО МОНТАЖУ, РЕМОНТУ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВОВЧКА

6.1. Монтаж

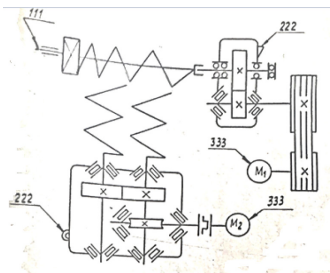
Вовчок транспортують у зібраному вигляді. Його рекомендується встановлювати в добре освітлювальному місці м'ясопереробного цеху. Потрібно також передбачити наявність гарячої води в цеху для санітарної обробки вовчка кожної зміни.

Встановлюють вовчок на фундамент та закріплюють 4-ма фундаментними болтами МП-2-200 і ФМП-2-120-М16; МП-1-160-М18; МП-82-М12 і МП-1-120.

Перед здійсненням випробувань на холостому ходу відкривають задній щиток, відвертають спускну пробку та виливають залишки масла з редуктора. Згідно з картою змащення проводять заливку масла в редуктор і змащення механізму різання. Щоб перевірити правильність напрямку обертання механізмів, клинові паси знімають. Якщо дивитись зі сторони шківів при знятому щитку зі сторони станини, напрям обертання шківів електродвигуна повинен бути проти годинникової стрілки. Перед випробуванням на холостому ходу надягають клинові ремені і регулюють їх натяг.

Клинопасові ремені надягають перед випробуванням на холостому ходу і регулюють їх натяг.

Карта змащення вовчка



					150554.МР.33.06.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Христонько Н.В.			Літ.	Аркцш	Аркців
Перевір.		Чепелюк О.О.				1	6
Реценз.					НУХТ ННІТІ ОХ-2-5М		
Н. Контр.							
Затверд.		Гавва О.М.					
					Розділ 6. Вимоги до монтажу, ремонту та експлуатації вовчка		

Масило	Харчовий жир	Масило ИГП-У 38- 10. 1413-78	Солідол Ж ГОСТ 1033-79
Позначення	1	2	3
Спосіб змащення	Набивка	Заливка	Шприцювання
Позначення	1	2	3
Періодичність змащення	1 раз на зміну	1 раз на місяць	Один раз на шість місяців
Позначення	1	2	3

6.2. Експлуатація

Щоб почати роботу вовчка, спочатку переконуються у відсутності сторонніх предметів у завантажувальній чаші та правильності напрямку обертання шнеків.

Спочатку завантажують зовсім невелику кількість м'яса, вмикають електродвигун і витримують пусковий момент (до 1 хв.), поки шнеки наберуть номінальну швидкість обертання.

При експлуатації машини слідкують за тим, щоб в процесі завантаження сировини в чашу в неї разом з м'ясом не попадали металеві і дерев'яні предмети, що може призвести до поломки шнеків.

Під час нормальної подачі продукту, що подрібнюється, в чашу, роботу різального механізму налаштовують гайкою. Найбільшу увагу приділяють регулюванню ножових механізмів: якщо засильно затягнути гайку, то двосторонній ніж заклинюється між площинами двох решіток, що з одного боку, окрім поломки ножів, також може викликати поломку механізмів машини, а з іншої – зазор між лезами хрестоподібного ножа та площинами решіток погіршує умови різання і збільшує потужність використання. Леза хрестоподібних

					Вимоги до монтажу, ремонту та експлуатації вовчка	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

двосторонніх ножів проточують по передніх гранях. Леза ножів повинні щільно прилягати до площин ножових решіток, та між ними не повинно бути ніяких щілин. Уникають холостих ходів, так як робота на «сухих» ножах призводить до їх передчасного затуплення (змащення ножових механізмів під час роботи машини здійснюється перероблюваним продуктом).

В чашу завантажують м'ясо рівномірно, і це подовжує строк служби вовчка. При повному завантаженні машини м'ясом не повинно допускатися її зупинок.

Всі частини поверхні тертя та редуктор змащують відповідно до карти змащення.

Несправності, причини та способи усунення при експлуатації вовчка

Несправність	Причина	Спосіб усунення
Електродвигун нагрівається та з часом зупиняється	Недостатня потужність електродвигуна, занадто велика частота обертання та подача м'яса	Замінити електродвигун, зменшити частоту обертів за рахунок заміни шківів, зменшити подачу м'яса
Шнек погано подає м'ясо і воно виштовхується	Занадто великий зазор між шнеком та внутрішньою стінкою робочого циліндру або невелика пропускна спроможність ріжучого	Наварити або ж напаяти витки шнека або встановити нові ребра в робочий циліндр так, щоб зазор був не менше 0,3 – 0,4 мм, замінити ножі, сітки та збільшити їх набір

									Арк.
									3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Вимоги до монтажу, ремонту та експлуатації вовчка</i>				

	механізму порівняно з подачею шнека	
Продукт погано подрібнюється, м'ясо мнеться та сильно нагрівається	Неправильно зібраний механізм різання	Розібрати ріжучий механізм, перевірити та усунути дефекти збирання
	Затупилися ножі і зношені решітки	Заточити ножі і відшліфувати решітки
	Решітки забилися продуктами, жилками та плівками	Розібрати ріжучий механізм, прочистити решітку від продукту
Потрапляння мастила в циліндр	Несправний сальник вала шнека	Розібрати сальник, замінити ущільнення
Вовчок не дає потрібної продуктивності	Недостатній натяг передачі або ж обірвалися окремі паси	Зняти кожух, перевірити цілісність та натяг пасів, замінити паси, які лопнули

6.3. Пуск та наладка

У процесі наладки проводять ревізію (ножовий механізм і робочий шнек з циліндра витягають з допомогою гачка, що транспортується з машиною) та санітарну обробку машини. Шийки шнеків і ріжучий механізм при складанні

					Вимоги до монтажу, ремонту та експлуатації вовчка	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

змащуються харчовим жиром. Коли завантажують в чашу сировину, стежать, щоб разом із м'ясом в машину не потрапляли кістки та інші предмети. Потім ретельно контролюють роботу ріжучого механізму.

6.4. Ремонт

Капітальний ремонт розпочинають із повного розбирання, очищення чавунного корпусу від фарб та бруду, щоб визначити наявність тріщин в елементах корпусу та знімних деталях. Після виймають шнек, від'єднують робочий циліндр, гайку та повністю розбирають редуктор. Деталі, які зносились в редукторі, відновлюють або замінюють (шестерні і підшипники).

Під час ремонту робочого шнека досить часто хвостовик не відновлюють, а просто замінюють новим. Від досить частого затягування гайки зношується різьба на знімному робочому циліндрі. В такому випадку різбову частину циліндра проточують, після цього на неї напресовують втулку, яка стопориться до проточеного циліндра 2-ма шпильками. На зовнішній поверхні напресованої втулки нарізають нову різьбу. Також аналогічно відновлюють різьбу на чавунній гайці при її поганому стані. Тріщини гайки заплавляють електрозварюванням або напресовують сталеві кільця в нагрітому стані до температури 1000°C.

Механізмами, які найбільш швидко зношуються, є решітки та двосторонні хрестовидні ножі. Характерним зносом хрестовидного ножа є затуплення ріжучої кромки. Для решітки – виробка металу решітки, мікротріщини, корозія. На плоскошліфувальному верстаті відновлюють ріжучу здатність решітки і хрестовидних ножів заточуванням. Ріжучий комплект замінюють в середньому через 2 дні, але в цілому термін експлуатації комплекту 3 – 4 місяці.

Характерними видами зношення шнеків є вироблення металу по периферії шнеку; вибоїни, виїмки на гвинтових лопастях шнеку внаслідок потрапляння у вовчок сторонніх предметів; виробітка металу в зоні встановлення хрестовидних ножів та на хвостовику шнека.

					<i>Вимоги до монтажу, ремонту та експлуатації вовчка</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

При збиранні на станину монтують корпус шнеків, редуктор, шнеки, завантажувальну чашу, жолоб і електродвигун. Закріплюють шків та встановлюють приводні ремені, а також регулюють їх натяг. Потім встановлюють комплект ріжучого інструменту, накручують гайку та випробують легкість обертання валів.

Дефекти, які були виявлені, усувають, вовчок підключають до електромережі, проводять випробовування на холостому ході і під навантаженням. Відновлюють всі лакофарбові покриття.

					<i>Вимоги до монтажу, ремонту та експлуатації вовчка</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

РОЗДІЛ 7. ОХОРОНА ПРАЦІ

7.1. Вимоги безпеки до конструкцій вовчків

Так як й інше м'ясорізальне обладнання, м'ясорубки і вовчки є об'єктами підвищеної небезпеки для операторів та інших працівників, які здійснюють техобслуговування цих машин.

Тому дуже важливо знати і дотримуватись всіх вимог безпеки і при розборці конструкцій м'ясорубок та вовчків, і при монтажі й введенні в експлуатацію, а також безпосередньо під час виконання виробничих операцій.

Дуже важливий аспект при використанні м'ясорубок і вовчків – це необхідне повне і усвідомлене виконання вимог гігієни і виробничої санітарії. Будь-які мінімальні відхилення від санітарних правил поведження з термічно необробленою м'ясною сировиною, а також правил миття і дезінфекції устаткування, є небезпечними не лише для життя і здоров'я робітників підприємств, але і для споживачів м'ясної продукції, яка випускається на цих підприємствах.

Стандарт Європейського комітету із стандартизації EN 12331:2003 «Food processing machinery — Mincing machines — Safety and hygiene requirements» (Устаткування для виробництва харчових продуктів — машини для подрібнення у фарш — Вимоги безпеки і гігієни) є прикладом новизни міжнародного стандарту, який регламентує безпеку праці і санітарні вимоги в м'ясній промисловості.

Положення цього стандарту EN 12331:2003 розповсюджуються на подрібнювачі, що використовують для приготування фаршу у виробничих приміщеннях малих підприємств і підприємств громадського харчування, в

					150554.MP.33.07.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата				
Розроб.		Христонько Н.В.			Розділ 7. Охорона праці	Літ.	Аркцш	Аркцшів
Перевір.		Чепелюк О.О.					1	11
Реценз.						НУХТ ННІТІ ОХ-2-5М		
Н. Контр.								
Затверд.		Гавва О.М.						

спеціалізованих ковбасних цехах і на великих промислових підприємствах, а також до наступних 4-ох типів машин:

- 1) до м'ясорубок з сировинним лотком, горловиною подачі діаметром до 52 мм і штовхачем,
- 2) до таких же машин з горловиною подачі діаметром понад 52 мм,
- 3) до вовчків із сировинним бункером, з подавальним шнеком, з кришкою і (необов'язково) з подавальним шнеком;
- 4) до вовчків із сировинним бункером, із подавальним шнеком, з кришкою (необов'язково), з подавальним шнеком (необов'язково) та із завантажувальним пристроєм безперервної або періодичної дії.

Автори стандарту склали докладний перелік зон, де життя та здоров'я персоналу, який експлуатує і обслуговує вовчки, наражається на небезпеку.

В травмуванні рук і пальців небезпечним для працівників є шнек під завантажувальною горловиною (зона 1) і шнек під завантажувальним бункером (зона 2). Пальці можуть зазнати травми в зоні 3, де фарш вивантажується з машини. Можливе травмування рук і ніг в зоні 4, під час виконання робіт по встановленню і зняттю ріжучого комплекту і робочого шнека. Джерелом травм рук і пальців можуть бути приводи робочого і подавального шнеків (зона 5). Такі ж травми можна отримати в зоні 6 при випадковому або навмисному закриванні кришки. Якщо вовчок обладнаний завантажувальним пристроєм, небезпечною є зона 7 під вантажною місткістю, де травми тіла можна отримати під час штатного або аварійного її опускання. Пальці і руки працівників можуть бути травмовані в зоні 8 при попаданні між рухомими і нерухомими частинами підйомно-опускного механізму, в зоні 9 при контакті з елементами приводу вказаного механізму (шківами, ланцюгами, тросами тощо), а також в зоні 10 розвантаження вантажної місткості. Механічні травми можливі також в разі руйнування або перекидання машини.

					<i>Охорона праці</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

аспектом є наявність пластини-обмежувача. І пластина-обмежувач, і сировинний лоток можуть виконуватися як стаціонарними, так і знімними.

Якщо вказані вузли виконані в знімному варіанті, повинна бути передбачена система зупинки робочого шнека протягом 2 с (на холостому ході) при спробі їхнього демонтажу. На рис. 7.2 і 7.3 показані конструктивні схеми завантажувальної горловини із вказаними відстанями, що дають можливість безпечно працювати персоналу в зоні 1.

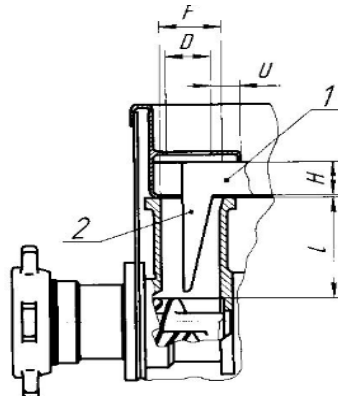


Рис 7.2. Безпечна конструкція для завантажувальної горловини:

1 – середня частина руки; 2 – палець; $H < 40$ мм; $U > 40$ мм; $F < 85$ мм;
 $L > 120$ мм; $D < 52$ мм.

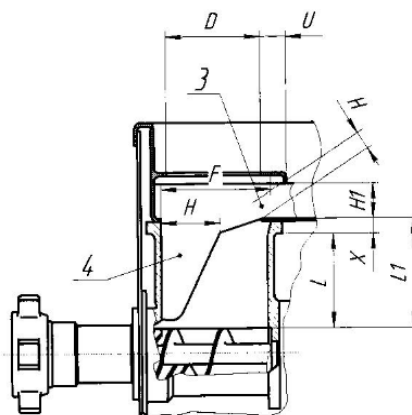


Рис. 7.3. Безпечна конструкція для завантажувальної горловини:
 3) – передпліччя; 4) – кисть руки; $H = 40$ мм; $H_1 < 120$ мм; $L > 230$ мм; $F < 200$ мм
 $U > 40$ мм; $D < 52$ мм.

					<i>Охорона праці</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

Для гарантування безпеки в зоні 2 сировинний бункер (рис. 7.4 і 7.5) за стандартом передбачається виконувати закритим або ж забезпечувати кришкою. При відкриванні кришки на 50 мм, повинен вмикатись сигнал для зупинки робочого шнека (протягом 4 с – при роботі без продукту).

Якщо ж бункер виконаний відкритим, а кришка не передбачається, через деякі особливості технологічного процесу (наприклад, як при безперервній роботі), конструкція вовчка повинна перешкоджати доступу оператора до сировинного бункера при працюючому механізмі. При спробі оператора піднятися до бункера по сходах або на платформу обслуговування, робота шнека в бункері повинна припинитися протягом 4 с (на холостому ході) після спрацьовування датчика.

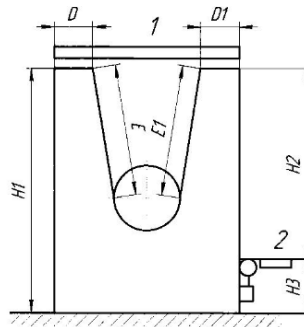


Рис. 7.4. Безпечна конструкція для вовчка із відкритим бункером, механічною планкою-блокувальником, світловим бар'єром та щаблем, що має блокування: 1 – механічна планка-блокувальник; 2 – щабель, що має блокування; $H_1 > 1600$ мм; $H_2 > 1100$ мм; $H_3 > 500$ мм із проміжним щаблем; $H_1 + H_2 + D_1 + E_1 > 40$ мм; $H_1 + D_1 + E > 2250$ мм;

					<i>Охорона праці</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

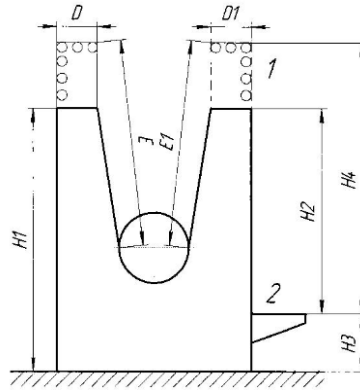


Рис. 7.5. Безпечна конструкція для вовчка із відкритим бункером, нерухомим щаблем та захисною решіткою: 1 – знімна захисна решітка або світловий бар'єр; 2 – нерухомий щабель; $H1 > 1600$ мм; $H2 > 1100$ мм; $H3 > 500$ мм із проміжним щаблем; $H4 > 1600$ мм; $H4 + D1 + E1 > 2250$ мм; $H1 + D + E > 2250$ мм;

Щоб неможливо було піднятися до зони небезпеки поблизу бункера, зовнішні елементи конструкції вовчка повинні бути гладенькими. В конструкції вовчка без кришки повинні бути передбачені такі елементи захисту:

- 1) натискна планка-блокувальник;
- 2) захисна решітка або світловий бар'єр, дія на яких повинна супроводжуватись відключенням шнека в бункері протягом 3 с (у вовчках з діаметром решітки до 164 мм) або протягом 4 с (у вовчках з діаметром решітки понад 160 мм).

Для захисту працівників, що працюють в зоні небезпеки 3, місце для вивантаження фаршу має бути забезпечене захисним кожухом або захисною решіткою (рис. 7.6). Захисну решітку встановлюють після вихідної решітки ріжучого комплекту вовчка, при цьому її форма повинна бути такою, щоб ніяка інша решітка не могла б бути встановлена на її місці. Діаметр отворів захисної решітки не повинен бути більше 8 мм, а її товщина не менше 5 мм. Захисний кожух на вивантаженні повинен бути обов'язковим, якщо діаметр отворів вихідної решітки вовчка не менше 8 мм. Він повинен бути забезпечений

					<i>Охорона праці</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

блокуванням, яке забезпечує зупинку шнека протягом 2 с після зсуву кожуху з позиції «закрито» на 50 мм.

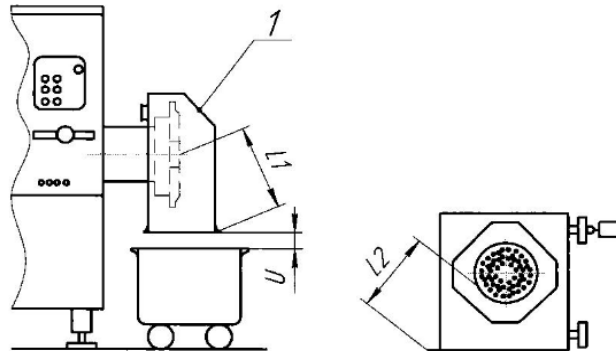


Рис. 7.6. Захисний кожух для вивантаження фаршу з вовчка: 1 – захисний кожух; D – діаметр отворів останньої решітки комплекту різання, мм; $L1 > 1,8D$ мм; $U < 50$ мм ; $L2 > 1,2D$

При виконання робіт по зніманню, при установці робочого шнека і комплекту різання (зона 4) вовчки з решіткою діаметром більше 160 мм для безпеки повинні бути забезпечені спеціальними знімачами, а витягання комплекту різання з горловини вовчка з решіткою меншого діаметру може здійснюватись за допомогою кліщів.

Щоб обмежити доступ до елементів приводу вовчка (зона 5), застосовують кришки і огорожі. Якщо ж ці елементи знімні, повинна бути передбачена система блокування приводу при спробі відкриття.

Кришка сировинного бункера (зона небезпеки 6) відкривається і закривається з допомогою спеціального приводу. При ручному варіанті вузол має бути забезпечений противагою або пружинним механізмом, що запобігатиме її мимовільному закриванню. Зусилля, яке витрачається на відкриття/закривання кришки, не повинно перевищувати 250 Н. Використовуючи кришки зі спеціальним приводом, рух повинен припинятися при збої в роботі механізму. При опусканні кришки до відмітки 200 мм від верхнього краю бункера швидкість механічного закривання не повинна бути більшою за 50 мм/с. Також для

					Охорона праці	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

підйомних завантажувальних пристроїв (зони 7-10) встановлені свої правила безпеки за стандартом. Ці правила включають в себе захист від перевантаження, захист від випадкового падіння візка або контейнера, необхідність застосування захисних огорож рухомих частин та ін. Якщо відстань від підлоги до верхнього краю сировинного бункера перевищує 1400 мм, то наявність завантажувальних пристроїв необхідна.

Правила електробезпеки, які обов'язкові для виконання при розробці конструкцій вовчків, повністю типові для м'ясопереробного устаткування і включають положення про наявність аварійної кнопки «СТОП» і захисних кожухів, які оберігають елементи системи контролю та управління від потрапляння вологи при митті. Також обов'язковою є наявність кнопок включення і виключення безпосередньо на корпусі машини в зоні роботи оператора.

До ергономічних вимог, що встановлені стандартом, відносять наявність пристосувань (рис.7.7), які полегшують установку та транспортування робочого шнека і елементів комплекту різання у випадку, коли маса вказаних вузлів та деталей перевищує 25 кг.

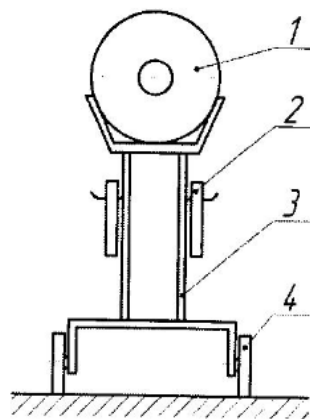


Рис. 7.7. Пристрій для транспортування робочих органів вовчка:
1) – шнек; 2) – ножі та решітки; 3) – візок; 4) – колеса візка із гальмівними пристосуваннями

					<i>Охорона праці</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Конструкція вовчка повинна забезпечувати легкість і зручність очищення та санітарної обробки. Всі вимоги до поверхонь та конструктивних елементів машини залежать від того, до якої зони (харчової, проміжної або нехарчової) відносяться конкретні деталі і вузли (рис. 6.8). В харчову зону входять поверхні, які контактують з харчовим продуктом в процесі роботи, і також поверхні, на яких частина продукту може торкнутися, а потім приєднатися до основної його маси.

Щодо зони харчових продуктів висуваються підвищені вимоги до радіусів згинів і зачистки зварних швів та профілів канавок. Чистота обробки всіх поверхонь не повинна бути нижче $Ra = 2,5$, а за наявності технічної можливості – не нижче $Ra = 1,6$. Поверхні харчової зони виконують з металів і неметалічних матеріалів, які дозволені до контакту з харчовим середовищем.

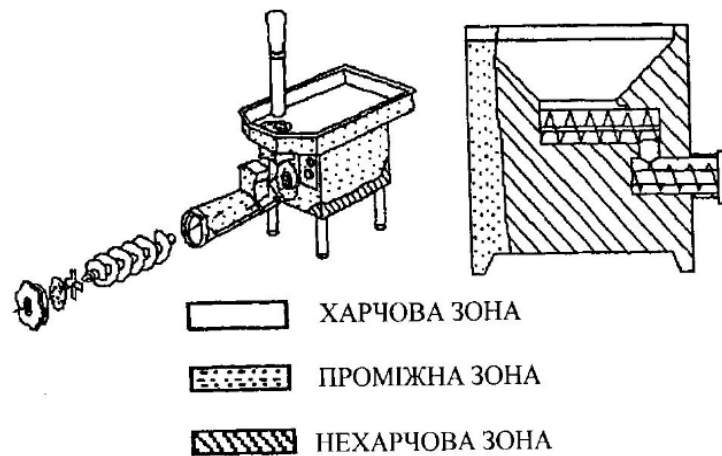


Рис. 7.8. Конструктивні зони вовчка

Харчова зона:

- внутрішні поверхні сировинного лотка;
- пластина-обмежувач;
- внутрішня частина завантажувальної горловини;

					<i>Охорона праці</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

- внутрішня частина і краї сировинного бункера;
- внутрішня поверхня кришки;
- живлячий шнек;
- внутрішня поверхня горловини;
- ніж;
- робочий шнек;
- приймальна решітка;
- ріжуча решітка;
- затискна гайка;
- кришка бункеру – усередині і зовні;
- електричний датчик системи захисту;
- закритий захисний кожух – усередині;
- захисна решітка;
- захисний кожух з лозин або перфорованого листа – усередині та зовні;
- штовхач.

Слід враховувати також і вимоги до поверхонь проміжної зони (або зони бризок). На поверхні цієї зони харчовий продукт може потрапити при розбризкуванні в процесі обробки або організувати потік, який більше не повертається до основного потоку продукту.

До проміжної зони відносяться такі вузли та деталі вовчків: корпус машини – зовні; горловина – зовні; кришка – зовні (в закритому стані); захисний кожух – зовні (в закритому стані); транспортувальний візок.

					<i>Охорона праці</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Поверхні нехарчової зони не мають контакту з харчовим продуктом, але вони також мають бути, якщо це можливо, гладенькими, і також при їх конструюванні потрібно уникати канавок, кутів, отворів, з'єднань. Внутрішні порожнини, які відносяться до нехарчової зони, повинні бути досить великими, щоб мати можливість їх очищення і, при необхідності, дезінфекції.

Нехарчова зона складається з таких вузлів і деталей: щабель; платформа; підйомник; перекидач; а також всі інші поверхні.

Слід зазначити те, що європейський стандарт EN 12331:2003 «Устаткування для виробництва харчових продуктів – Машини для подрібнення у фарш – Вимоги безпеки і гігієни» не стоїть на місці, а постійно доповнюється і удосконалюється.

У 2010 р. до цього нормативного документа були внесені зміни, що в тій чи іншій мірі торкнулися всіх його розділів, і, згідно прийнятої Європейським комітетом зі стандартизації CEN системи позначень, стандарт до внесення чергових змін позначається EN 12331:2003+A2:2010.

					<i>Охорона праці</i>	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

1. Створення адекватних математичних та імітаційних моделей процесів подрібнення у вовчку потребує урахування структурно-механічних властивостей м'ясної сировини. Доцільно використовувати залежність Гершеля – Балклі:

$$\tau = 27 + 13,7 \cdot \dot{\gamma}^{0,7}, \text{Н/м}^2$$

2. Для забезпечення рівномірного стискання продукту без локальних перенавантажень доцільно використовувати вовчок з такими параметрами системи: $h = 0,03$ м, діаметр отворів вихідної решітки $d_{\text{отв.вих.реш}} = 0,0035$ м, частота обертання нагнітального шнека $n = 270 \frac{\text{об}}{\text{с}}$. При цьому швидкість фаршу на виході із вовчка зменшується до 0,6 м/с, тиск 101,9 ... 99,3 кПа.

3. Внаслідок дисипації механічної енергії при нагнітанні шнеками м'ясної сировини і її проходженні через ріжучий комплект спостерігається зростання температури сировини на 5,9%, до 19,8 °С.

4. Критеріальне рівняння для визначення витрат потужності на подрібнення м'ясної сировини:

$$Eu = 18,46 \cdot \Gamma_1^{-3,12} \cdot \Gamma_2^{25,609},$$

де Eu – критерій Ейлера, $\Gamma_1 = \frac{h}{d_{\text{отв.вих.реш}}}$, $\Gamma_2 = \frac{b}{d_{\text{отв.вих.реш}}}$ – симплекси

геометричної подібності.

5. В аналізі напружено-деформованого стану структурних складових ріжучого комплексу було визначено напруження по Мізесу, яке становить $\max = 5,6$ МПа, максимальні зміщення виникають вздовж осі шнеків, і становлять всього 0,002499 мм, еквівалентна деформація $2,59 \cdot 10^{-5}$.

					150554.МР.33.00.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата	Висновки НУХТ ННІТІ ОХ-2-5М		
Розроб.		Христонько Н.В.					
Перевір.		Чепелюк О.О.					
Реценз.							
Н. Контр.							
Затверд.		Гавва О.М.			Літ.	Аркцш	Аркцшів
						1	2

Наявність ріжучих кромek на ділянках витків приймального і робочого шнеків, розміщених під завантажувальним бункером, дає можливість забезпечити попереднє подрібнення м'яної сировини. В результаті зменшуються навантаження на ріжучий механізм і привод вовчка, покращують умови роботи деталей механізму різання і зменшуються втрати м'ясного соку.

					<i>Висновки</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бергер А.Д. Сучасні тенденції розвитку м'ясопереробної галузі України. *Інтелект XXI*. 2017. №1. С.
2. Wild, J. L. Grinding Time and Pressure Developed in Beef and Pork: Effects of Temperature and Fat / J.L. Wild, J. G. Sebranek, D.G. Olson // *Journal of food science*. – 1991. – Volume56, Issue5. – Pages 1171-1175.
3. Modelling of mincing processes by determination of meat cutting properties through the analysis of Warner Bratzler curve / W. Schnackel, J. Krickmeier, Oktaviani, W. Pongjanyanukul, D. Schnackel // *Tagungsband 57th International Congress of Meat Science and Technology*. Ghent, 2011. – P. 268.
4. Основи наукових досліджень та інженерної творчості: Навч. посібник для студентів напрямів підготовки 144 «Теплоенергетика» // Черноусенко О.Ю., Чепелюк О.О., Риндюк Д.В. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2016. – 270 с.].
5. Ивашов В. И. Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности / В. И. Ивашов, 2007. – 464 с.
6. Батраченко О. В. Підвищення ефективності роботи та довговічності м'ясорізальних машин: дис. канд. ... техн. наук: 05.18.12 / Батраченко О. В. – Вінниця, 2014. – 284 с.
7. Чубик И. А. Справочник по теплофизическим характеристикам пищевых продуктов и полуфабрикатов / И. А. Чубик, А. М. Маслов., 1970. – 185 с.
8. Теличкун В. І. Технологічні комплекси харчових виробництв: Навчальний посібник / В. І. Теличкун, О. М. Гавва, Ю. С. Теличкун, О. О. Губеня, М. Г. Десик, О. М. Чепелюк. – Київ: Видавництво «Сталь», 2017. – 456 с.

						150554.МР.33.00.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Список використаної літератури	Літ.	Аркцш	Аркцшів
Розроб.		Христонько Н.В.				1	3	
Перевір.		Чепелюк О.О.						
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.		Гавва О.М.				НУХТ ННІТІ ОХ-2-5М		

9. Гулий І. С. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості. / І. С. Гулий, М. М. Пушанко, Л. О. Орлов [та інш.] – Вінниця: Нова книга, 2001. – 576 с.
10. Кузнецов В. А. Технология переработки мяса и других продуктов убоа животных / В. А. Кузнецов, Я. П. Шлипаков. – Москва: Колос, 1975.–192 с.
11. Бабанов І. Г. Монтаж, ремонт та експлуатація обладнання: Практикум / І. Г. Бабанов, В. М. Таран, О. І. Бабанова. — К. : НУХТ, 2013. — 66 с.
12. Бабанов І. Г. Монтаж, ремонт та експлуатація обладнання. Частина II ремонт технологічного обладнання: Курс лекцій / І. Г. Бабанов, В. М. Таран, С. Д. Беседа, О. І. Бабанова – К.: НУХТ; 2010. —118 с.
13. Бабанов І. Г. Монтаж, ремонт та експлуатація обладнання. Частина III експлуатація технологічного обладнання: Курс лекцій/ І. Г. Бабанов, В. М. Таран, С. Д. Беседа, О. І. Бабанова. — К.: НУХТ, 2012. — 119 с.
14. Шашилова Л. Н. Охрана труда на мясоперерабатывающих предприятиях / Л. Н. Шашилова. – М.: Агропромиздат, 1986. – 183 с.
15. Гальперин Д. М. Монтаж, наладка, эксплуатация и ремонт оборудования / Д. М. Гальперин, В. М. Горбатов. – М.: Пищевая промышленность, 1975. – 576 с.
16. Бредихин С. А. Технологічне обладнання м'ясокомбінатів / С. А. Бредіхін, Ю. В. Космодем'янський, Л. Л. Нікіфоров. – М.: Колос, 2000. – 392 с.
17. Бібліотека програмного забезпечення Компас 3Д V15, АСКОН, Solid Works, Autodesk Inventor.
18. Фалеев Г. А. Оборудование предприятий мясной промышленности / Г. А. Фалеев. - М.: Пищевая промышленность, 1966. – 483 с.
19. Купчик М. П. Основи охорони праці / М. П. Купчик, М. П. Гандзюк, І. Ф. Степанець. – К.: Основа, 2000. – 416 с.

					<i>Список використаної літератури</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

20. Стандарт EN 12331:2003. Устаткування для виробництва харчових продуктів – машини для подрібнення у фарш – Вимоги безпеки і гігієни. – Вид. офіц. – [Чинний від 01.01.2012]. 47 с.

21. Харламов С. В. Практикум по расчету и конструированию машин и аппаратов пищевых производств. / С. В. Харламов – Ленинград: ВО Агропромиздат, 1991. – 256 с.

22. Мирончук В. Г. Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості. / В. Г. Мирончук, Л. О. Орлов, А. І. Українець [та інш.] – Вінниця: Нова книга, 2004. – 288 с.

23. Некоз, О. І. Особливості гідродинаміки м'ясної сировини при її подачі шнеком вовчка / О.І. Некоз, Н.В.Філімонова, О.В.Батраченко // Вісник Хмельницького національного університету. – Хмельницький: ХНУ, 2017. – № 6. – С.37-42.

24. Haack E., Schnäckel W., Haack O. Optimal Fördern und Zerkleinern – Grundlagen und Vorgänge bei der Fleischbearbeitung mit Maschinen der Wolfstechnologie – 3. Teil // Fleischwirtschaft. 2003. № 6. P. 41–47.

					<i>Список використаної літератури</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3