

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Модернізація вузла нагнітання фаршу універсального шприца-
наповнювача U-159 Ideal

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи МОМ-61
спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва спеціальності)

Прунько І.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Вітенько Т.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Ворощук В.Я.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

Вітенько Т.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра обладнання харчових технологій

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ОХ

Вітенько Т.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« 17 » листопада 2023 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва спеціальності)

студенту Пруньку Івану Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Модернізація вузла нагнітання фаршу універсального шприца-наповнювача U-159 Ideal

Керівник роботи Вітенько Тетяна Миколаївна, д.т.н., професор

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

Затверджені наказом ректора від « 16 » листопада 2023 року № 4/7-1062.

2. Термін подання студентом завершеної роботи 20 грудня 2023 року

3. Вихідні дані до роботи Технічний паспорт та інструкції з експлуатації, монтажу та технічного обслуговування і ремонту шприца-наповнювача U-159 Ideal.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Анотація. Вступ. 1. Аналіз сучасного стану об'єкту дослідження, вибір і обґрунтування основних напрямків дослідження. 2. Методи та методика досліджень. 3. Розроблення нових проектно-технологічних і технічних вирішень вдосконалення об'єкта дослідження.

4. Числове дослідження шнека вузла нагнітання фаршу універсального шприца-наповнювача

U-159 Ideal. 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 5.1. Розроблення заходів з охорони праці і техніки безпеки. 5.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки

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

Універсальний шприц-наповнювач U-159 Ideal (1 л.ф.А1).

Розподільник універсального шприца-наповнювача U-159 Ideal (1 л.ф.А1).

Витіснювач універсального шприца-наповнювача U-159 Ideal (1 л.ф.А1).

Універсальний шприц-наповнювач U-159 Ideal. Структурна схема. (0,5 л.ф.А1).

Універсальний шприц-наповнювач U-159 Ideal. Кінематична схема. (0,5 л.ф.А1).

Постановка завдань на дослідження шнека вузла нагнітання фаршу універсального шприца-наповнювача U-159 Ideal (1 л.ф.А1)

Дослідження шнека вузла нагнітання фаршу універсального шприца-наповнювача U-159 Ideal при глибині квадратного шліца на торці 310 мм.(1 л.ф.А1).

Результати дослідження шнека вузла нагнітання фаршу універсального шприца-наповнювача U-159 Ideal при різних значеннях глибини квадратного шліца на торці (2 л.ф.А1).

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях</i>	<i>Кравець О.І. – к.т.н., доц. Стручок В.С. – ст. викл.</i>		
<i>Нормоконтроль</i>	<i>Ворошук В.Я. – к.т.н., доц.</i>		

7. Дата видачі завдання 17 листопада 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Анотація		
2	Вступ		
3	1. Аналіз сучасного стану об'єкту дослідження, вибір і обґрунтування основних напрямків дослідження		
4	2. Методи та методика досліджень		
5	3. Розроблення нових проектно-технологічних і технічних вирішень вдосконалення об'єкта дослідження.		
6	4. Числове дослідження шнека вузла нагнітання фаршу універсального шприца-наповнювача U-159 Ideal		
7	5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях		
8	5.1. Розроблення заходів з охорони праці і техніки безпеки		
9	5.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях		
10	Висновки		
11	Графічна частина		
12	Універсальний шприц-наповнювач U-159 Ideal (1 л.ф.А1).		
13	Розподільник універсального шприца-наповнювача U-159 Ideal (1 л.ф.А1).		
14	Витіснювач універсального шприца-наповнювача U-159 Ideal (1 л.ф.А1).		
15	Універсальний шприц-наповнювач U-159 Ideal. Структурна схема. (0,5 л.ф.А1).		
16	Універсальний шприц-наповнювач U-159 Ideal. Кінематична схема. (0,5 л.ф.А1).		
17	Постановка завдань на дослідження шнека вузла нагнітання фаршу універсального шприца-наповнювача U-159 Ideal (1 л.ф.А1)		
18	Дослідження шнека вузла нагнітання фаршу універсального шприца-наповнювача U-159 Ideal при глибині квадратного шліца на торці 310 мм.(1 л.ф.А1).		
19	Результати дослідження шнека вузла нагнітання фаршу універсального шприца-наповнювача U-159 Ideal при різних значеннях глибини квадратного шліца на торці (2 л.ф.А1).		

Студент

(підпис)

Прунько І.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Вітенько Т.М.

(прізвище та ініціали)

Анотація

Автор кваліфікаційної роботи освітнього рівня «магістр» – Прунько Іван Володимирович

Тема кваліфікаційної роботи: Модернізація вузла нагнітання фаршу універсального шприца-наповнювача U-159 Ideal

Кваліфікаційна робота виконана у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя в 2023 році

Структура кваліфікаційної роботи складається із розрахунково пояснювальної записки об'ємом 81 сторінка (47 рисунків, 4 таблиці) та графічної частини обсягом 8 листів А1.

У даній кваліфікаційній роботі пропонуються технічні заходи з удосконалення узла нагнітання фаршу універсального шприца-наповнювача U-159 Ideal.

Для втілення вказаних заходів виконуються завдання:

аналіз обладнання для наповнення ковбасної продукції;

розробка конструкції шнеків витіснювача;

розрахунок режимів роботи витіснювача;

розрахунок спряжених з витіснювачем конструктивних елементів;

розробка заходів з експлуатації і технічного обслуговування шприця;

створення тривимірної моделі шнека екструдера з подальшим проведенням чисельних експериментів;

аналіз результатів отриманих в ході досліджень;

розробка заходів з безпечної експлуатації шприця.

розроблення заходів із безпеки у надзвичайних ситуаціях.

Ключові слова: шнек, шприц, нагнітання, напруження.

Abstract

Prunko I.V. Modernization of the filling unit for universal syringe filler U-159 Ideal . 133 “Industrial Machinery Engineering” – Ternopil Ivan Puluj National Technical University.-Ternopil, 2023.

The project consists of calculated explanatory note by capacity of 81 pages (47 pictures, 4 tables) and graphic part by capacity 8 sheets of paper A1 .

Diploma work proposes The thesis proposes technical measures to improve the mincemeat injection unit of the U-159 Ideal universal filler syringe.

To implement these measures, the following tasks are performed:

analysis of equipment for filling sausage products;

development of the design of displacer screws;

calculation of the displacer's operating modes;

calculation of structural elements connected to the expeller;

development of measures for the operation and maintenance of the syringe;

creation of a three-dimensional model of the extruder screw, followed by numerical experiments;

analysis of the results obtained during the research;

development of measures for safe operation of the syringe.

development of safety measures in emergency situations.

Keywords: screw, syringe, injection, stress.

Зміст

Анотація	4
Abstract	5
Зміст.....	6
Вступ.....	8
1. Аналіз сучасного стану об'єкту дослідження, вибір і обґрунтування основних напрямків дослідження.....	10
1.1. Огляд сучасних конструкції обладнання для здійснення шприцювання ковбас	10
1.2. Аналіз та короткий опис об'єкту дослідження.	22
1.3. Мета та задачі кваліфікаційної роботи.	24
2. Методи та методика досліджень.....	26
2.1. Аналіз і обґрунтування програмних рішень для здійснення комп'ютерних досліджень.....	26
2.2. Застосування SolidWorks Simulation для комп'ютерних досліджень.....	28
3. Розроблення нових проектно-технологічних і технічних вирішень вдосконалення об'єкта дослідження.	30
3.1. Вибір і обґрунтування технологічної схеми виробництва ковбасних виробів	30
3.1. Заходи з модернізації універсального вакуумного шприца U-159 Ideal	31
3.2. Розрахунок режимів роботи шприца.....	32
3.3. Розробка кінематичної схеми вакуум-шприца.....	35
3.5 Конструкторський розрахунок шнека витіснювача	37
3.6. Опис будови і принципу роботи вакуумного шприца	42

3.7.Заходи з монтажу, експлуатації і технічного обслуговування шприца.....	47
3.7.1. Особливості монтажу шприца	47
2.7.2. Технічний контроль, випробування та заходи з експлуатації шприца.....	48
4. Числове дослідження шнека вузла нагнітання фаршу універсального шприца-наповнювача U-159 Ideal	50
4.1. Постановка завдань дослідження	50
4.2. Результати моделювання шнека вузла нагнітання фаршу універсального шприца-наповнювача U-159 Ideal.	51
4.3. Аналіз результатів	62
Висновки	80
Перелік посилань.....	81
Специфікації	

Вступ

Останнім часом спостерігається запит споживачів на розширення різноманітності продуктів харчування. Ковбасні вироби, завдяки своєму широкому асортименту, можуть відповідати потребам різних категорій споживачів - від класичних до екзотичних смакових вподобань. Виробництво ковбасних виробів є важливою галуззю харчової промисловості, яка забезпечує робочі місця для багатьох людей. Такі підприємства створюють робочі місця для працівників у виробничих, технічних, управлінських та маркетингових нішах.

Крім того, зростає увага споживачів до якості та безпеки харчових продуктів. Виробництво ковбасних виробів повинно відповідати високим стандартам якості та гігієни для задоволення вимог споживачів. Нові технології у виробництві, використання натуральних інгредієнтів, а також розробка нових смакових комбінацій і асортименту сприяють збереженню і підвищенню інтересу споживачів до цього виду харчової продукції. Таким чином, виробництво ковбасних виробів залишається актуальною галуззю харчової промисловості, яка відповідає на потреби ринку та вимоги споживачів.

Актуальність вивчення та удосконалення дизайну і робочого процесу устаткування для виробництва ковбасних виробів, зокрема шприца-наповнювача U-159 Ideal, є основним завданням у науково-дослідницькій роботі магістра.

Для втілення заходів із модернізації виконуються завдання:

аналіз обладнання для наповнення ковбасної продукції;

розробка конструкції шнеків витіснювача;

розрахунок режимів роботи витіснювача;

розрахунок спряжених з витіснювачем конструктивних елементів;

розробка заходів з експлуатації і технічного обслуговування шприця;

створення тривимірної моделі шнека екструдера з подальшим проведенням чисельних експериментів;

аналіз результатів отриманих в ході досліджень;

розробка заходів з безпечної експлуатації шприця.

розроблення заходів із безпеки у надзвичайних ситуаціях.

Об'єкт дослідження. Об'єкт досліджень у даній роботі - напруження, переміщення і деформації, які виникають у шнеку витіснювача U-159 Ideal в процесі його роботи.

Предмет дослідження. Предмет дослідження – шнековий витіснювач U-159 Ideal.

Методи досліджень. Використано експериментальні, та теоретичні методи і методики проведення досліджень.

Наукова новизна. Запропоновано комп'ютерну тривимірну модель шнеку витіснювача U-159 Ideal для виконання комп'ютерних досліджень та здійснення необхідних розрахунків; визначено вплив глибини паза на величину напружень, а також деформації шнеку витіснювача U-159 Ideal під навантаженням з виходом не регресійні залежності.

Отримані в роботі результати можуть бути затребуваними при вдосконаленні чинних та розробленні нових конструктивних рішень щодо шнекових робочих органів.

Результати, представлені у магістерській роботі були показані на: 89 Міжнародній науковій конференції молодих учених, аспірантів і студентів "Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті", 3-7 квітня 2023 р.; VI Міжнародній студентській науково - технічній конференції "Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання", 27-28 квітня 2023 року; XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 6-7 грудня 2023 року.

Обсяг магістерської кваліфікаційної роботи складають п'ять частин пояснювальної записки, додатки та графічна частина обсягом 8 аркушів А1.

1. Аналіз сучасного стану об'єкту дослідження, вибір і обґрунтування основних напрямків дослідження

1.1. Огляд сучасних конструкцій обладнання для здійснення шприцювання ковбас

Механічний вплив на м'ясну сировину для надання їй необхідних форми і розмірів називають формуванням.

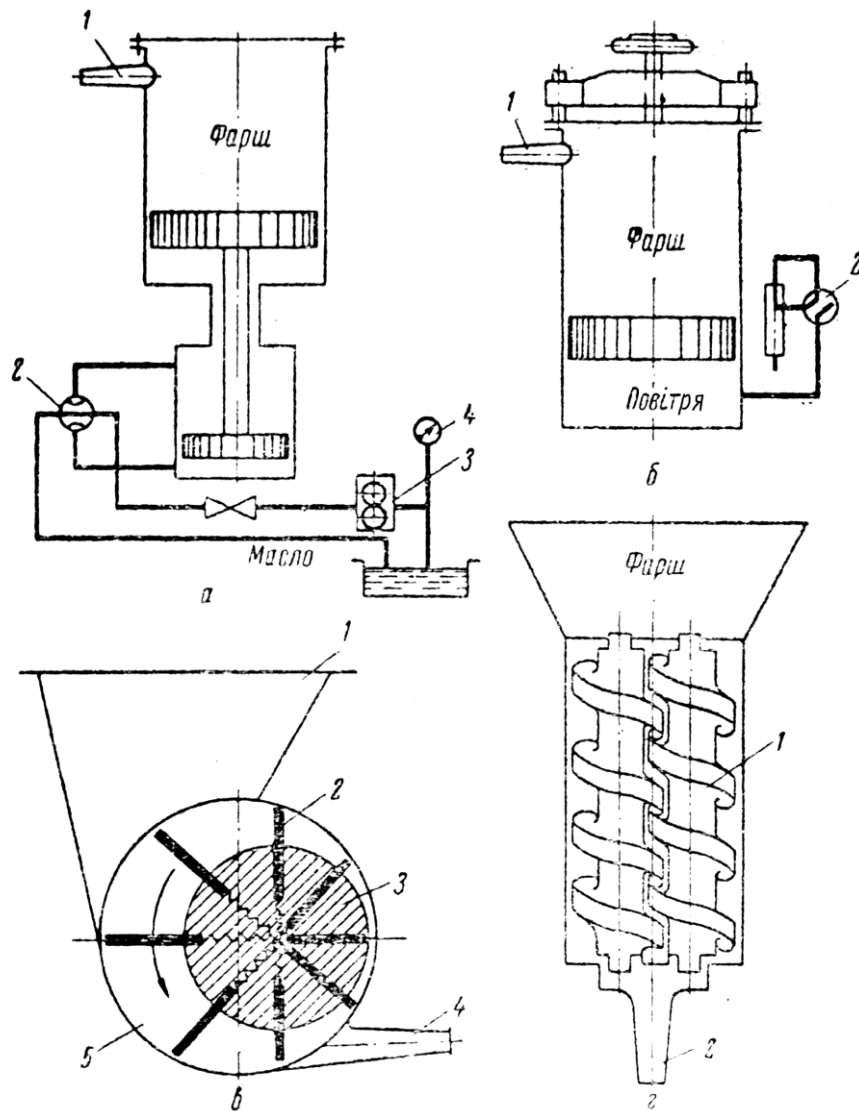


Рис. 1.1. Схема роботи шприців.

а – гідравлічного періодичної дії: 1 – цівка, 2 – кран, 3 – насос, 4 – манометр; б – пневматичного періодичної дії: 1 – цівка, 2 – кран, в – ротаційного лопатевого неперервної дії: 1 – бункер, 2 – лопаті, 3 – ротор, 4 – цівка, 5 – корпус; г – шнекового безперервної дії: 1 – шнеки, 2 – цівка.

Ця операція є однією з ключових у виробництві ковбас і кулінарних виробів, таких як котлети, пельмені, м'ясні хліби та інші. Виконання цієї операції визначає не лише кількість випущеної продукції, але й її якісні характеристики.

Устаткування для формування може бути різного типу: періодичної або безперервної дії, відкритого (де продукт взаємодіє з навколишнім середовищем) або закритого (вакуумного) типу.

Для наповнення ковбасної оболонки фаршем використовують шприци. За своєю конструкцією їх можна розділити на гідравлічні та пневматичні для роботи у режимі переривчастої дії та на механічні пристрої для неперервної роботи (рис. 1.1).



Рис. 1.2. Шприц ЯЗ-ФШП

Шприц ЯЗ-ФШП призначений для набивання фаршем ковбасних виробів під час виробництва варених і напівкопчених ковбас, сосисок і сардельок на підприємствах м'ясної промисловості малої та середньої потужності, а також на підприємствах харчової промисловості та в системі споживання кооперації.

Фарш вручну завантажують у корпус. Заздалегідь приготовлену оболонку для ковбасних виробів вручну надягають на цівку. Після закриття корпусу кришкою при натисканні ногою на педаль вмикається привід шприца. Поршень починає підніматися, витісняючи фарш через отвір кришки в цівку, де відбувається набивання оболонки фаршем.

Технічна характеристика шприца ЯЗ-ФШП

Місткість циліндра (робоча), м ³ (л)	0,03 (30)
Встановлена потужність	1,5
Габаритні розміри, мм	730x820x1300
Маса, кг	250

Шприц "ОПТИ 2000" призначений для роботи в ручному, напівавтоматичному й автоматичному режимах під час набивання м'ясного фаршу в штучні або натуральні оболонки.

Технічні характеристики шприца "ОПТИ 2000"

Марка шприца	Опти
Технічна продуктивність, кг/год	2000
Діапазон регулювання швидкості обертання гвинтів витіснювача, хв ⁻¹	30-750
Діапазон регулювання маси дози, г	100-60000
Діапазон регулювання паузи між дозами, с	0,1-99,9
Максимальна кількість доз	60000
Місткість бункера, м ³	0,3
Висота (по бункеру), мм	1810
Маса, кг	560



Рис. 1.3. Шприц ЯЗ-ФШК

Шприц ЯЗ-ФШК призначений для набивання оболонки під час виробництва варених, копчених, напівкопчених ковбас, сосисок і сардельок на м'ясопереробних підприємствах.

Складається з приймального бункера, що перекидається, корпусу робочого органу зі встановленим у ньому шнеком, підшипникового вузла, клиноремінної передачі та двигуна. Двигун і підшипниковий вузол встановлені на рамі з віброопорами і закриті кожухом з непроникними ущільненнями.

Фарш завантажують у приймальний бункер, оболонку надягають на цівку вручну, натисканням ноги на педаль вмикають привід шнека - починається подавання повітря в корпус робочого органу. Фарш під дією власної маси, під впливом конструкції бункера і дією вакуумметричного тиску надходить у корпус робочого органу і шнеком переміщається до цівки, в оболонку. Шприц приводиться в дію ногою педаллю, встановленою в зручному для оператора місці.

Технічні характеристики шприца ЯЗ-ФШК

Продуктивність під час набивання варених ковбас (діаметр оболонки 100 мм), кг/год	3000
Встановлена потужність, кВт	8,0
Тиск у вакуум-системі, МПа	0,06...-0,03
Габаритні розміри, мм	1080x1320x1400
Маса, кг	310



Рис. 1.4. Шприц вакуумний ИПКС-047П

Призначений для порційного наповнення гофрованих оболонок неструктурним фаршем під час виробництва сосисок, сардельок, інших ковбасних виробів та їхнього перекручування в безперервному ланцюзі.

Технічні характеристики шприца вакуумного ИПКС-047П

Продуктивність номінальна з виробництва сосисок, кг/год	200
Маса сосисок, г	30
Абсолютна похибка дози (не більше), г	2
Місткість бункера, л	120
Робочий тиск продукту, що подається, кгс/см ²	6
Граничний залишковий тиск кгс/см ²	-0,9
Частота обертання ротора, хв ⁻¹	40-140
Число лопаток ротора	12
Встановлена потужність, кВт	1,3
Габаритні розміри, мм	1250x700x1700
Маса, кг	250

Шприц вакуумний з перекрутом 221ФН150-03 призначений для наповнення різних ковбасних оболонок фаршем під час виробництва варених і напівкопчених ковбас, сосисок, сардельок.

Гвинтовий витискач із безззорними шнеками максимально зберігає структуру фаршу. Приготування високоякісних ковбасних виробів рекомендується вести з використанням вакуумних технологій. Є вбудована система перекручування оболонки (ручний і автоматичний режими) і система дозування продукту.

Параметри продукції та режиму роботи задаються за допомогою мікропроцесорного пульта керування. Введено систему сервісної діагностики несправностей.

Технічні характеристики Шприца вакуумного з перекрутом 221ФН150-03

Продуктивність (технічна), кг/год	800
Місткість бункера, л	150
Величина вакууму, кгс/см ²	0,2-0,8
Регульована маса дози, г	5-5000
Встановлена потужність, кВт	4,55
Габаритні розміри, мм	1290x840x1920
Маса, кг	565



Рис. 1.5. Шприц вакуумний ФРБ 3.00

Шприц вакуумний ФРБ 3.00 призначений для набивання м'ясної суміші в штучні або природні (свинячі) оболонки під час виробництва ковбасних виробів. Працює в безперервному режимі.

Набивання відбувається повністю, що дає змогу уникнути деформації продукту під час подальшої термічної обробки. Змінні насадки дають можливість набивати вироби різної товщини і діаметра: від 15 до 60 мм.

Технічні характеристики шприца вакуумного ФРБ 3.00

Продуктивність, кг/год	830
Частота обертання робочого шнека, хв ⁻¹	25
Місткість бункера, л	100
Габаритні розміри, мм	1380x840x1390
Маса, кг	210

Шприци Я5-ФША, И1-ФШВ призначені для вакуумування фаршу і наповнення фаршем ковбасних оболонок під час виготовлення варених, напівкопчених безструктурних ковбас, сардельок, сосисок. Можуть працювати індивідуально і в потоково-механізованих лініях вироблення ковбасних виробів.

Бункер завантажують фаршем. Цівку необхідного для ковбасного виробу розміру накидною гайкою закріплюють до конуса. Надягають на цівку ковбасну оболонку і, натискаючи педаль, вмикають електродвигун, одночасно з яким вмикається в роботу пластинчастий насос. Фарш надходить із бункера в робочий об'єм корпусу шнеків, дегазується і транспортується шнеками в ковбасну оболонку. Утримуючи педаль у робочому положенні, ковбасну оболонку заповнюють фаршем.

Технічні характеристики шприців Я5-ФША, И1-ФШВ

	Я5-ФША	И1-ФШВ
Продуктивність, кг/год	400	1250
Місткість бункера, л	100	80
Величина вакууму, МПа	80	80
Робочий тиск у фаршевому циліндрі, МПа	1,0	-
Робочий тиск у гідросистемі, МПа	10	-
Встановлена потужність, кВт	3	3
Габаритні розміри, мм	840x670x1800	1280x745x1545
Маса, кг	360	300

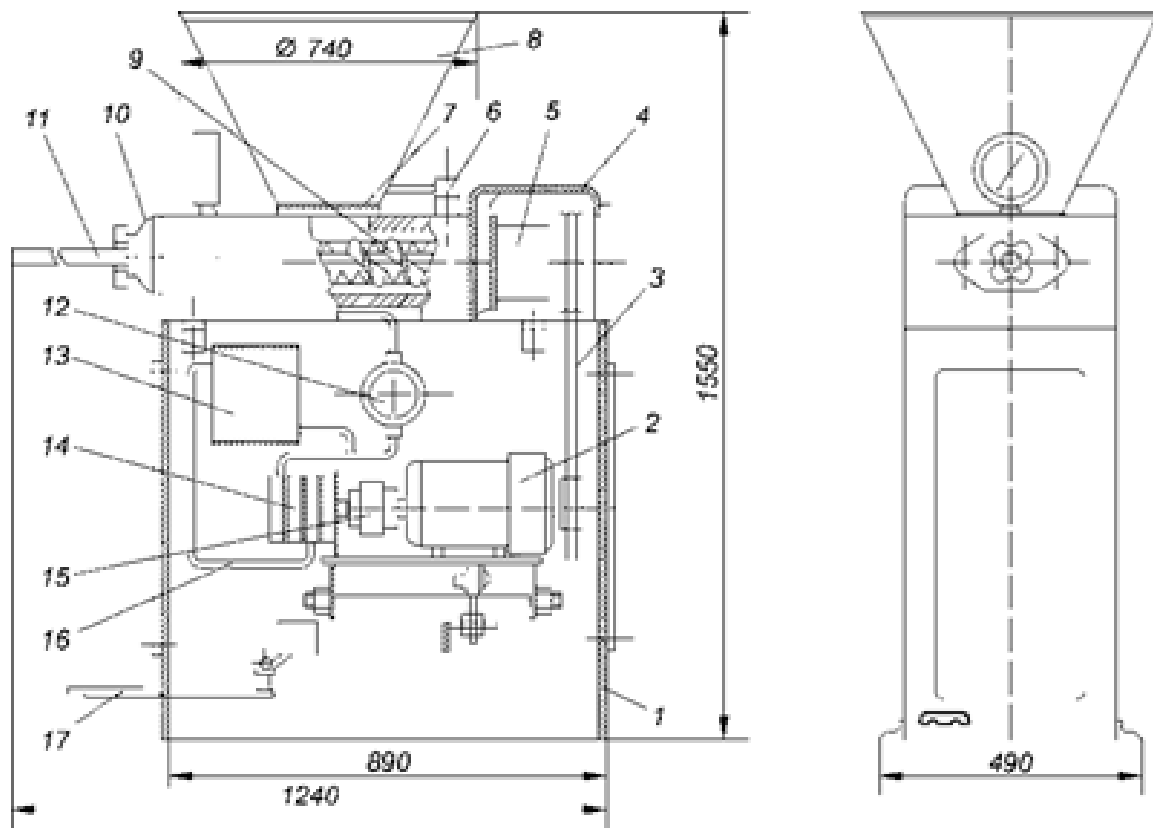


Рис. 1.6. Шприц вакуумний И1-ФШВ

1 - кожух, 2 - корпус шнеків, 3 - редуктор шнеків, 4 - конус, 5 - цівка, 6 вакуумна головка, 7 - бункер, 8 - шнеки, 9 - електродвигун, 10 - пасова передача, 11 - насос, 12 - муфта, 13 - масляний бачок, 14 - відстійник, 15 - гумова трубка, 16 - педаль, 17 – прокладка.

Шприц вакуумний И1-ФШВ призначений для вакуумування фаршу і наповнення фаршем ковбасних оболонок під час виготовлення варених, напівкопчених безструктурних ковбас, сосисок, сардельок. Може працювати індивідуально і в потоково-механізованих лініях вироблення ковбасних виробів.

Бункер необхідно завантажити фаршем, підібрати цівку необхідного для ковбасного виробу розміру і накидною гайкою закріпити до конуса. Одягти на цівку ковбасну оболонку і педалью увімкнути електродвигун, одночасно з яким вмикається в роботу пластинчастий насос. Фарш із бункера надходить у робочий об'єм корпусу шнеків, дегазується і транспортується шнеками в ковбасну оболонку. Утримуючи педаль у робочому положенні, ковбасну оболонку заповнюють фаршем.

Технічні характеристики шприца вакуумного И1-ФШВ

Продуктивність (ковбасна оболонка Ø 70-110 мм), кг/год	1250
Місткість бункера, л	80
Величина вакууму, МПа (кгс/см ²)	80 (0,8)
Частота обертання шнеків, хв ⁻¹	не більше 635
Число шнеків	2
Встановлена потужність, кВт	3
Габаритні розміри, мм	1280x745x1545
Маса, кг	300



Рис. 1.7. Одноцівковий шприц ЯЗ-ФША

Одноцівковий шприц ЯЗ-ФША призначений для набивання фаршем (при одночасному вакуумуванні) ковбасних батонів під час вироблення варених і напівкопчених ковбас, сосисок і сардельок на підприємствах м'ясної промисловості середньої потужності.

Відрізняється дуже високим ступенем вакуумування фаршу.

У шнекових шприцах фарш постачається в оболонку за допомогою обертання шнека, що забезпечує переміщення фаршу через спеціальний гвинтовий канал. Цей процес відбувається без перетирання фаршу. Ці типи шприців придатні для використання з фаршами, які використовуються для варених і напівкопчених ковбас.

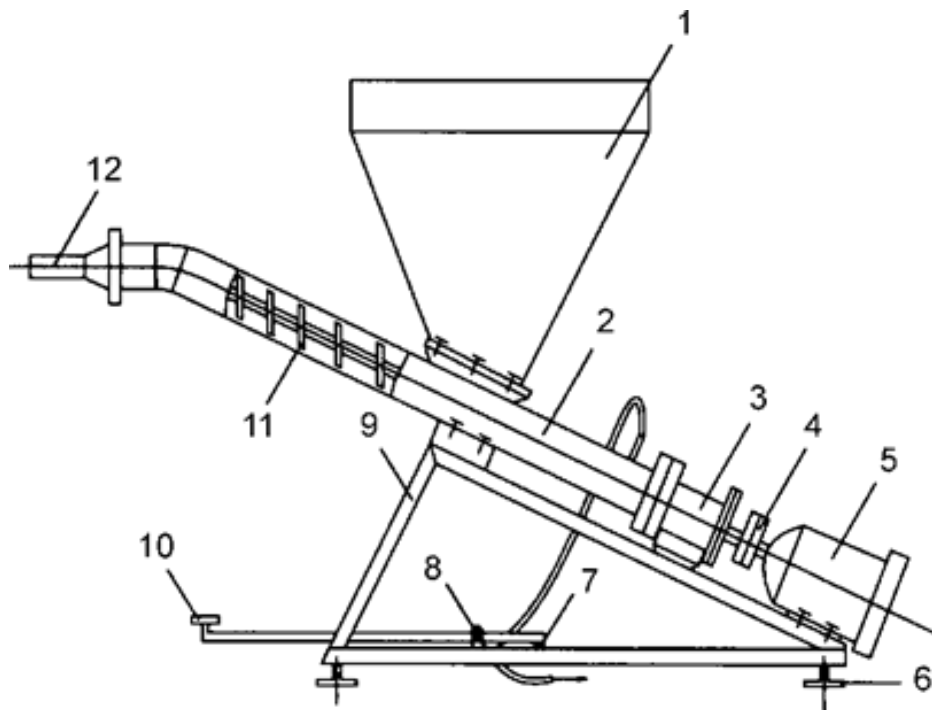


Рис. 1.8. Шприц вакуумний ЯЗ-ФШ-2Б.

1 - приймальний бункер; 2 - корпус шнека; 3 - підшипниковий вузол; 4 - муфта; 5 - електродвигун; 6 - регульовані опори; 7 - вимикач; 8 - вакуумний клапан; 9 - рама з куточків; 10 - педаль; 11 - змінна цівка; 12 - вимикач

На невеликих підприємствах фарш для шприців завантажують вручну, тоді як на великих використовується механізований метод, що передбачає подачу через спуски або за допомогою спеціальних ковшів із відкидним дном. У цьому випадку ковш розміщується під шприцем, його дно відкривається, і фарш спадає в шприц. Об'єм ковша відповідає об'єму шприца.

Технічні характеристики одноцівкового шприца ЯЗ-ФША

Продуктивність під час набивання варених ковбас

(діаметр оболонки 100 мм), кг/год	1300
Тиск у вакуум-системі, Мпа	0,6-0,8
Встановлена потужність, кВт	4
Габаритні розміри, мм	1090x878x1480
Маса, кг	190

Шприц вакуумний ЯЗ-ФШ-2Б призначений для вакуумування м'ясного фаршу і наповнення ним ковбасних оболонок під час виробництва варених і напівкопчених ковбас.

Технічні характеристики шприца вакуумного ЯЗ-ФШ-2Б.

Продуктивність (при ручному в'язанні батонів ковбас на дві цівки), кг/год:

напівкопчені	1400
варені	2760
Число ланцюжків	2
Місткість бункера, м ³	0,3
Споживана електроенергія під час виробництва ковбас, кВт-год:	
напівкопчені	5,6-7,6
варені	5-5,4
Габаритні розміри, мм	1335x1102x1360
Маса, кг	317

Шприцювання фаршу в оболонки є ключовим етапом в виробництві ковбасних виробів, де необхідно зберегти високу якість фаршу та правильно розподілити у ньому шпик та грудинку.

Щільність наповнення фаршу в оболонку контролюється оператором шприцювання, враховуючи тип ковбасних виробів, рівень вологості у фарші, вид оболонки та метод термічної обробки. Наприклад, варені ковбаси шприцюються

з невеликою щільністю, оскільки під час варіння вони збільшуються в об'ємі та можуть пошкодити оболонку. Але копчені і сирокопчені ковбаси, навпаки, наповнюються значно щільніше, оскільки під час сушіння вони втрачають об'єм.

Для шприцювання варених ковбас використовуються пневматичні або гідравлічні шприци з відповідним тиском - 0,4-0,5 МПа та 0,8-1,0 МПа відповідно. Щодо фаршу для сосисок і сардельок - їх шприцюють за тиском 0,4-0,45-0,6-0,8 МПа. Напівкопчені ковбаси наповнюються під тиском 0,5-0,6-1,1-1,2 МПа. А сирокопчені та варено-копчені ковбаси шприцюються на гідравлічних шприцах під тиском 1,3 МПа.

Важливо, щоб діаметр цівки відповідав діаметру оболонки. Неправильне відповідання може уповільнити процес шприцювання або призвести до попадання повітря під оболонку.

Існують різні методи надягання оболонок на цівки, включаючи ручний та використання різноманітних пристосувань, які допомагають скоротити час. Щільність наповнення оболонок залежить від типу ковбас, вологості фаршу, типу оболонки та методу обробки. Наприклад, варені ковбаси наповнюються менш щільно через високий вміст вологи. Напівкопчені ковбаси шприцюються щільніше, оскільки фарш у них густий. Але найбільш щільне наповнення вимагається для сирокопчених ковбас, щоб уникнути потрапляння повітря.

Для різних типів ковбас використовуються різні тиски під час шприцювання - копчені ковбаси під тиском 13 ат і більше; напівкопчені - 12-13 ат на гідравлічних шприцах або 6-8 ат на пневматичних; варені ковбаси - на пневматичних шприцах під тиском 5-6 ат, на гідравлічних - 6-8 ат, які контролюються за допомогою манометра.

1.2. Аналіз та короткий опис об'єкту дослідження.

Шприц вакуумний U-159 Ideal призначений для набивання м'ясного фаршу в штучні або натуральні оболонки при виробництві ковбасних виробів. При

виробництві сосисок, сардельок забезпечує рівномірну (безперервну) і порційну (в інтервалі 25-125 г) подачу фаршу.

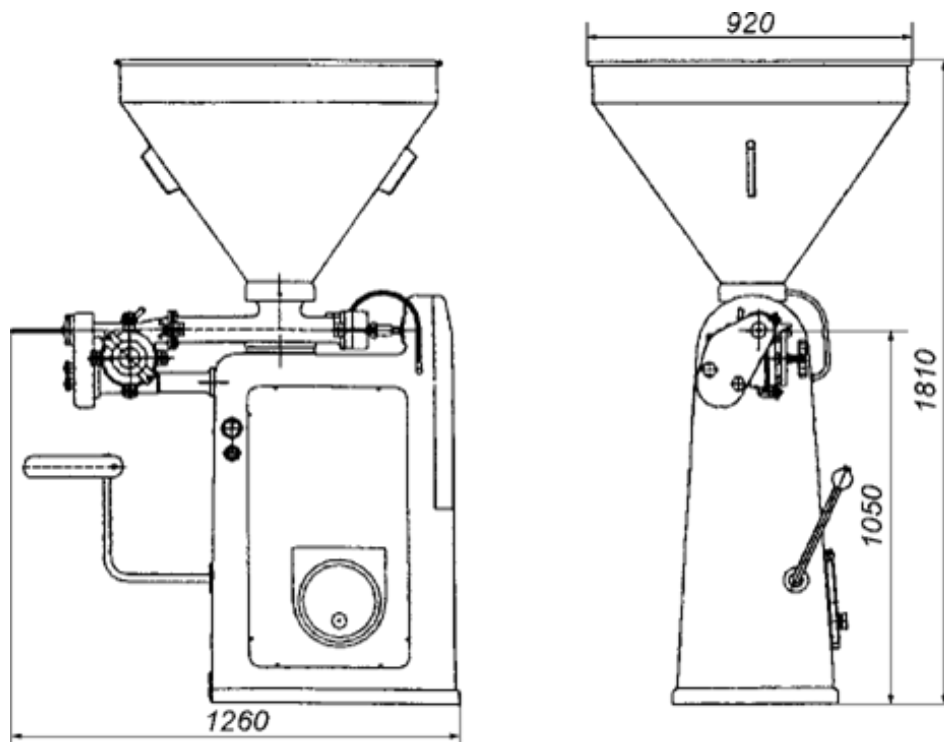


Рис. 1.9. Шприц вакуумний U-159 Ideal

Особливістю роботи шприца U-159 є використання вакууму для обробки фаршу. Цей процес полягає в витісненні фаршу в камері витіснення перед набиванням батонів. Однак основним недоліком даного апарату, пов'язаним з фізико-механічними властивостями фаршу, є велике споживання енергії для підпресовування фаршу з метою уникнення утворення порожнеч у процесі наповнення оболонок фаршем.

Також варто звернути увагу на технічне рішення щодо сталевих шприців витіснювачів. В процесі роботи вони не надто навантажені, а при попаданні сторонніх предметів можуть вийти з ладу. Було б цікаво проаналізувати можливість виготовлення шнека із пластику, що було б набагато дешевшим і дало б просту можливість впливати на технологічні режими наповнення ковбасних батонів.

Технічні характеристики шприца вакуумного U-159 Ideal

Величина доз із застосуванням дозуючого диска, г:	
Великого	35-60
Малого	65-125
Продуктивність за прямого набивання залежно від діаметра набивної трубки (для сосисок), кг/год:	
125 г	200-1700
65 г	1050
35 г	545
210	
Діаметр набивних трубок, мм	
	12; 14; 16; 18; 22;
	25; 30; 40; 52
Місткість воронки, л	250
Споживана потужність, кВт	1,5-2,2
Габаритні розміри, мм	1420x520x1935
Маса, кг	420

Робочим органом, який забезпечує подачу фаршу, є пара сталевих шнеків. Виготовлення такого типу деталей є дорогавартісною і технологічно складною задачею, яка потребує уваги і вирішення.

1.3. Мета та задачі кваліфікаційної роботи.

Завданням на виконання магістерської роботи передбачається розробка заходів з модернізації шприця для наповнення ковбас марки U-159 Ideal.

Однією з особливостей роботи шприця U-159 Ideal є застосування вакууму при обробці фаршу. Вакуумну обробку фарш в камері витіснення перед здійсненням процесу набивання батонів. Тут характерною є надмірна поріаняно з аналогаим витрата енергії на підпресовування фаршу задля уникнення пустот (зокрема тих, що перебувають в межах одного пласту) при наповнення фаршем оболонки. Складним технологічно і дорогавартісним також є виготовлення

запасних шнеків зі сталі, тому доцільно буде застосування конструктивних рішень, які можна виконати за допомогою адитивних технологій.

В ході виконання роботи виконуються наступні задачі:

аналіз обладнання для наповнення ковбасної продукції;

розробка конструкції шнеків витіснювача;

розрахунок режимів роботи витіснювача;

розрахунок спряжених з витіснювачем конструктивних елементів;

розробка заходів з експлуатації і технічного обслуговування шприця;

створення тривимірної моделі шнека екструдера з подальшим проведенням чисельних експериментів;

аналіз результатів отриманих в ході досліджень;

розробка заходів з безпечної експлуатації шприця.

розроблення заходів із безпеки у надзвичайних ситуаціях.

Об'єкт дослідження. Об'єкт досліджень у даній роботі - напруження, переміщення і деформації, які виникають у шнеку витіснювача U-159 Ideal в процесі його роботи.

Предмет дослідження. Предмет дослідження – шнековий витіснювач U-159 Ideal.

2. Методи та методика досліджень

2.1. Аналіз і обґрунтування програмних рішень для здійснення комп'ютерних досліджень

CAE (Computer-Aided Engineering) САПР використовуються для інженерного аналізу, моделювання та розв'язання різних завдань у різних галузях. Ось огляд декількох найвідоміших CAE САПР для загальних завдань інженерного проектування та аналізу.

Ansys - одна з найбільш відомих платформ для комплексного інженерного аналізу. Вона включає широкий спектр інструментів для проведення обчислень та аналізу у різних областях. від структурної механіки до теплофізики, електромагнітних явищ і рідинодинаміки. Ansys може вирішувати складні та реальні інженерні проблеми за допомогою методів елементів скінченних (Finite Element Analysis - FEA), обчислювальної гідродинаміки (Computational Fluid Dynamics - CFD), теплопередачі та інших моделюючих технік.

Siemens NX CAE є частиною інтегрованого рішення Siemens для проектування, інженерного аналізу та виробництва. Ця платформа надає широкий спектр інструментів для аналізу структур, теплопередачі, виробництва, а також включає в себе інтегровану систему управління даними, що дозволяє працювати зі збільшеними обсягами даних.

MSC Software - постачальник різних продуктів для інженерного аналізу, включаючи MSC Nastran для розрахунків методом скінченних елементів, MSC Adams для машинобудування та динамічного моделювання, а також MSC Marc для складних нелінійних завдань.

Altair HyperWorks - інтегрована система інженерного аналізу, що включає інструменти для FEA, CFD, оптимізації дизайну, акустичного аналізу та багато іншого. Вона спрямована на зниження витрат часу та ресурсів під час аналізу та оптимізації продуктів.

COMSOL Multiphysics - програмне забезпечення, що дозволяє моделювати та розв'язувати різні фізичні явища, використовуючи метод скінченних

елементів. Вона дозволяє інженерам проводити мультифізичні аналізи, об'єднуючи різні фізичні процеси у спільну платформу.

Ці CAE САПР відомі своїми потужними можливостями для інженерного аналізу та моделювання в різних галузях, дозволяючи інженерам вирішувати різноманітні завдання та проблеми у своїй роботі.

Autodesk Inventor та SolidWorks - це два відомих САПР (системи автоматизованого проектування) з можливостями CAE (Computer-Aided Engineering), які використовуються для інженерного проектування та аналізу. Ось огляд їхніх можливостей в контексті загальних завдань інженерного проектування та аналізу.

Autodesk Inventor. Можливості CAE.

Аналіз механічних властивостей (Nastran In-CAD).

- Вбудована можливість аналізу механічних властивостей в середовищі Inventor за допомогою технології Nastran In-CAD.
- Дозволяє виконувати статичні, динамічні, теплові та інші види аналізу для оцінки поведінки моделі під навантаженням.

Моделювання та симуляція зборок.

- Інструменти для моделювання зборок для подальшого аналізу та вивчення взаємодії частин.
- Можливість виконання аналізу на міцність та вибіркове здійснення моделювання на різних рівнях складності.

Інтеграція з Autodesk Simulation.

- Забезпечує можливість використання різних інструментів симуляції для різних видів аналізу, таких як міцність, динаміка, тепло, пропускна здатність тощо.

SolidWorks.

Можливості CAE.

1. SolidWorks Simulation.

- Інтегрований модуль для проведення аналізу на міцність, тепло, рух та інші.

- Забезпечує можливість виконання статичних, динамічних та теплових аналізів.

2. Моделювання та симуляція зборок.

- Інструменти для створення складних зборок та виконання аналізу взаємодії компонентів.

3. Optimization Studies.

- Можливість оптимізації конструкцій для досягнення кращої міцності або ефективності.

Порівняльний аналіз.

- **Інвентор.** Має вбудовані інструменти для аналізу механічних властивостей через Nastran In-CAD та можливість інтеграції з Autodesk Simulation.

- **SolidWorks.** Надає інтегрований модуль Simulation, що спрощує проведення аналізів на міцність, тепло та рух.

Обидва САПР забезпечують інженерам інструменти для проведення аналізу на міцність, динаміку, тепло та інші види симуляції. Вибір між ними може бути залежний від особистих вподобань, індивідуальних потреб та екосистеми продуктів у вашій організації.

2.2. Застосування SolidWorks Simulation для комп'ютерних досліджень

SolidWorks Simulation пропонує широкий спектр інструментів, які можуть допомогти підвищити точність розрахунків. Ось деякі з них.

- Автоматичне визначення розмірів елементів. SolidWorks Simulation може автоматично визначати розміри елементів на основі властивостей матеріалу і типу розрахунку. Це може допомогти забезпечити високу точність розрахунків, не вимагаючи від користувача ручного визначення розмірів елементів.

- Методи адаптивного розрахунку. Адаптивні розрахунки дозволяють збільшити кількість елементів в областях з високими деформаціями або

напругами. Це може допомогти забезпечити більш точне моделювання цих областей.

- Методи розрахунку з вищою точністю. SolidWorks Simulation пропонує широкий спектр методів розрахунку з вищою точністю, таких як метод кінцевих елементів (FEM) з урахуванням пружності матеріалів (FEM-C) і метод кінцевих елементів з урахуванням нелінійної пружності матеріалів (FEM-NL). Ці методи можуть забезпечити більш точні результати, ніж методи з нижчою точністю, такі як метод кінцевих елементів з урахуванням лінійної пружності матеріалів (FEM-L).

- Можливість використання експериментальних даних. Експериментальні дані можна використовувати для калібрування моделі, що може покращити її точність.

Крім цих інструментів, важливо також правильно підготувати модель і граничні умови. Це може допомогти забезпечити більш точні результати розрахунку.

Щодо SolidWorks Simulation є ряд рекомендацій із підвищення точності розрахунків.

- Використання точних даних про розміри, форми і матеріали конструкції.
- Аналіз і врахування всіх граничних умов, які будуть діяти на конструкцію.
- Вибір правильного методу, який відповідає складності конструкції і вимогам до точності.
- Використання адаптивних розрахунків для областей з високими деформаціями або напругами.
- Використання методів розрахунку з вищою точністю, якщо це необхідно.
- Використання експериментальних даних для калібрування моделі за наявності такої можливості.

3. Розроблення нових проектно-технологічних і технічних вирішень

вдосконалення об'єкта дослідження.

3.1. Вибір і обґрунтування технологічної схеми виробництва ковбасних виробів

Процес виготовлення ковбасних виробів включає ряд основних етапів: підготовка сировини, подрібнення, додавання солі та спецій, витримка, дріблення, формування ковбасних батонів та приготування до готовності.

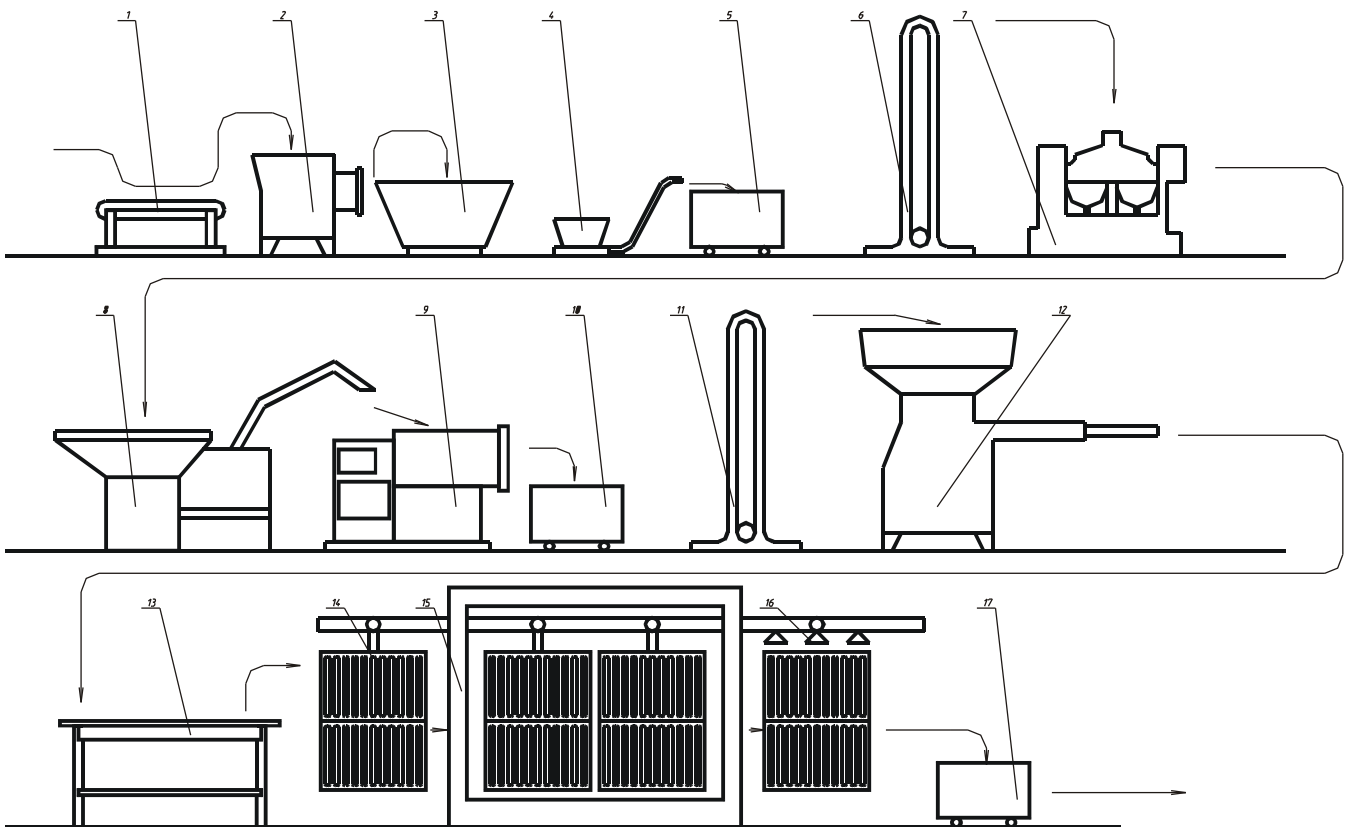


Рис. 3.1.- Машинно-апаратурна схема ковбасного цеху:

1 - конвейерний стіл; 2 - волчок; 3 - мішалка; 4 - насос для фаршу; 5 - візок; 6 - підйомник; 7 - кутер; 8 - емульситатор; 9 - мішалка; 10 - візок; 11 - підйомник; 12 - шприц; 13 - технологічний стіл; 15 - термоагрегат; 16 - душовий пристрій; 17 - контейнер.

Лінія виробництва варених ковбас функціонує на одному рівні і складається з поточного та механізованого обладнання. Цю лінію оснащено

технологічними засобами, такими як вовчок, мішалки, кутер, шприц, технологічний стіл, термоагрегат та душовий пристрій. Також вона включає в себе допоміжне обладнання, таке як конвеєрні столи, насос для фаршу, підйомники, візки для фаршу, рами для підвішування батонів та контейнери.

У процесі накопичення, м'ясо підлягає подрібненню в вовчок з отворами решітки діаметром 2—3 мм. Після цього подрібнене м'ясо перемішують з сіллю в мішалці та насосом перекачують у візки, де воно проходить процес посолу. Засолене м'ясо потім завантажується у кутер для подальшого тонкого подрібнення та змішування з іншими компонентами відповідно до рецептури, такими як вода, спеції, розчин нітриту натрію та інші інгредієнти. Отриманий фарш з кутера направляють на вимішування і формування батонів. У випадку виробництва ковбас з шпиком, фарш спочатку змішують у мішалці зі шпиком. Потім отриманий фарш з мішалки перекачують у шприц.

Сформовані батони збираються на технологічному столі, далі їх підвішують на рами і направляють для термічної обробки в універсальний термоагрегат. Ковбасні батони охолоджують водою за допомогою душового пристрою та потім у камерах за допомогою повітря. Після завершення технологічного процесу ковбасні батони упаковують та відправляють на реалізацію.

3.1. Заходи з модернізації універсального вакуумного шприца U-159 Ideal

Шприц U-159 Ideal вважається досить надійним і ретельно продуманим видом технологічного обладнання, який просто експлуатувати і нескладно ремонтувати. Проте коли стоїть задача виконання ремонтних робіт, деякі деталі, зокрема, шнеки витіснювачів стають проблемним питанням. Виготовлення такого шнеку з металу є складним і дорогавартісним. Тому пропонується застосувати шнеки із ABS з металевим осердям прямокутної форми, які досить просто виготовити із застосуванням аддитивних технологій і за потреби легко

вносити зміни до геометричних параметрів шнеків, сформувавши набір шнеків для різних видів сировини..

3.2. Розрахунок режимів роботи шприца

Продуктивність шнекових систем:

$$G = n_{ш} \cdot m \cdot k \cdot k_{пер} \cdot (R^2 - r^2) \cdot \left(t - \frac{2 \cdot (a + b)}{2 \cdot \cos(\beta)} \right) \cdot \rho \cdot K \cdot 60, \text{ кг/хв},$$

де $n_{ш}$, об/год — частота обертання шнека;

m — кількість заходів шнека;

k — кількість шнеків, які працюють паралельно;

R , м — зовнішній радіус витка шнека;

r , м — внутрішній радіус витка шнека (вала шнека);

t , м — крок гвинтової лінії шнека;

$2 \cdot a$, м — значення товщини витка на радіусі R ;

$2 \cdot b$, м — значення товщини витка на радіусі r ;

β , рад — кут набігання гвинтової лінії шнека;

ρ , кг/м³ — густина переміщуваної сировини;

$$K = K_H \cdot K_M \cdot K_C,$$

де K_H — параметр заповнення порожнини;

K_M — параметр спресовування матеріалу;

K_C — параметр, що враховує рівень зменшення подачі транспортованого продукту (т. зв. поправка на релаксацію).

$$k_{пер} = \frac{F_{пер}}{F_{заг}} \text{ — параметр перекриття шнеків нагінтача;}$$

$$F_{заг} = \pi(R^2 - r^2) = 3,1415(0,045^2 - 0,025^2) = 0,004398 \text{ м}^2 \text{ — площа потоку,}$$

сформованого шнеком.

$F_{пер}$ — площа потоку з поправкою на перекриття шнека.

Визначимо $F_{пер}$.

Розрахункове значення довжини хорди, утвореної перетином двох кіл радіусу R :

$$c = 2\sqrt{R^2 - h^2} = 2\sqrt{0,04^2 - 0,032^2} = 0,0671 \text{ м}$$

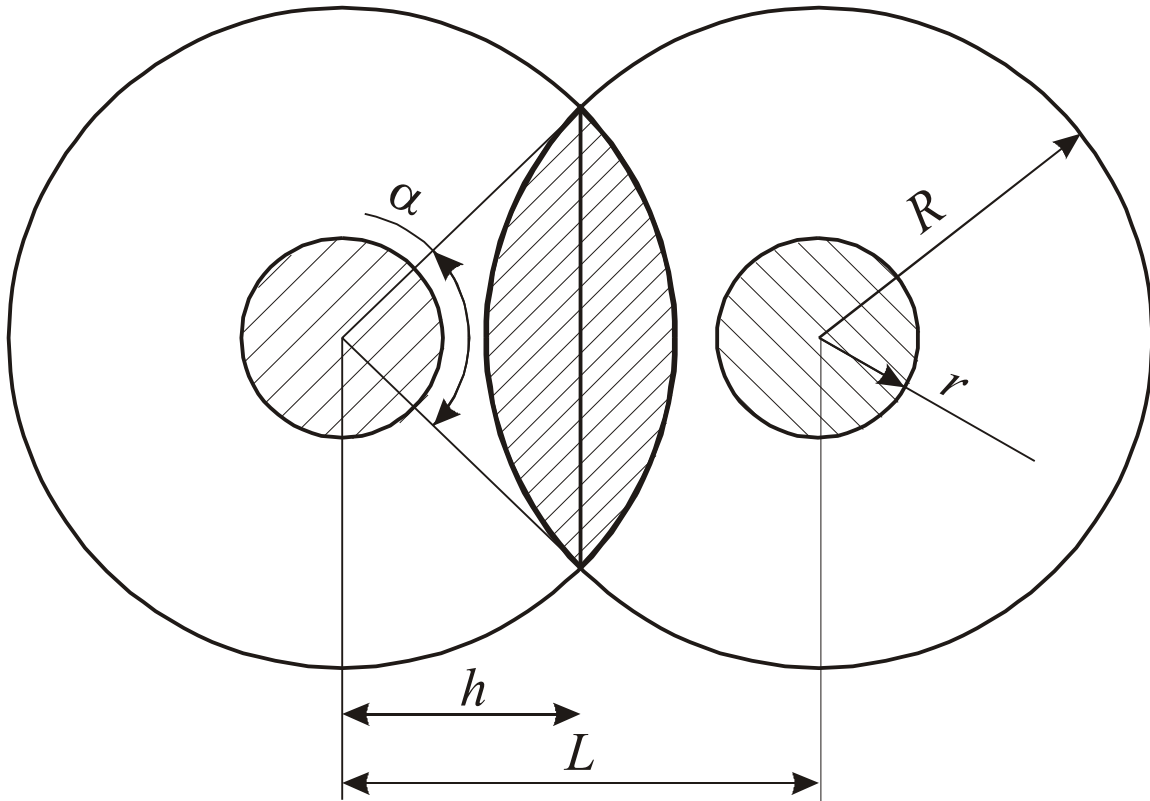


Рис. 3.2.– Розрахункова схема до визначення площі потоку.

За теоремою косинусів:

$$\alpha = \arccos\left(-\frac{c^2 - 2R^2}{2R}\right) = \arccos\left(-\frac{0,0671^2 - 2 \cdot 0,04^2}{2 \cdot 0,04}\right) = 1,576 \text{ рад}$$

Втрати площі живого перерізу на одному шнеку:

$$F_{втр} = \frac{1}{2} R^2 (\alpha - \sin(\alpha)) = 0,5 \cdot 0,04 (1,576 - \sin(1,576)) = 0,000583 \text{ м}^2$$

$$k_{пер} = \frac{F_{пер}}{F_{заг}} = \frac{F_{заг} - F_{втр}}{F_{заг}} = \frac{0,004398 - 0,000583}{0,004398} = 0,867$$

Частота обертання шнека:

$$n_{ш} = \frac{G}{m \cdot k \cdot k_{неп} (R^2 - r^2) \cdot \left(t - \frac{2 \cdot (a+b)}{2 \cdot \cos(\beta)} \right) \cdot \rho \cdot K \cdot 60}, \text{об/хв.}$$

В нагнітачі працюють два однозахідні робочі органи:

$$n_{ш} = \frac{G}{k \cdot k_{неп} \cdot (R^2 - r^2) \cdot \left(t - \frac{2 \cdot (a+b)}{2 \cdot \cos(\beta)} \right) \cdot \rho \cdot K \cdot 60}, \text{об/хв.}$$

Розрахунок виконаємо для кінця завантажувальної горловини.

$$G = 2000 \text{ кг/год}; R = 0.04 \text{ м}; r = 0.016 \text{ м}; t = 0.45 \text{ м};$$

$$2 \cdot a = 0.004 \text{ м}; 2 \cdot b = 0.0045 \text{ м}; b = 0.297 \text{ рад}; r = 1050 \text{ кг/м}^3;$$

$$K_H = 0.92 K_M = 0.89; K_C = 0.95;$$

$$K = 0.92 \cdot 0.89 \cdot 0.95 = 0.778.$$

$$n_{ш} = \frac{2000}{(0.04^2 - 0.016^2) \cdot \left(0.45 - \frac{2 \cdot (0.002 + 0.002)}{2 \cdot \cos(0.297)} \right) \cdot 1050 \cdot 0.778 \cdot 60} = 392.854, \text{об/хв.}$$

Крок шнека з попереднього параграфу: 0,04; більший і менший радіуси відповідно рівні 0,04 та 0,016.

3.3. Розробка кінематичної схеми вакуум-шприца

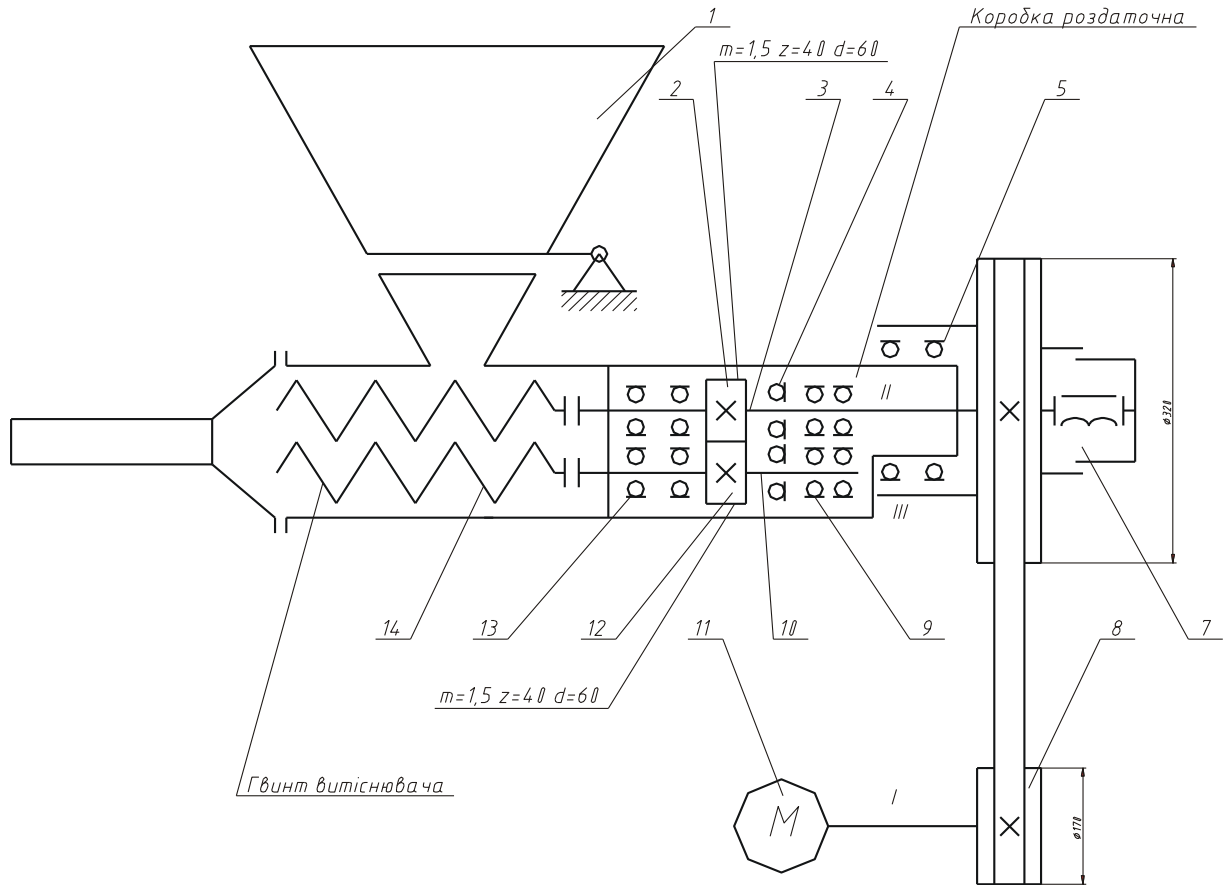


Рис. 3.3.– Кінематична схема вакуум-шприца.

Кінематична схема вакуум-шприца типу U-159 Ideal складається з електродвигуна ($N=4.65\text{кВт}$, $n=740$ об/хв), від якого рух передається через пасову передачу і муфту на розподільник, звідки приводяться в рух шнеки витіснювачів.

Розрахункова кутова швидкість шнека:

$$n_p := 392.854 \quad \text{об/хв}$$

Привід будемо здійснювати через клинопасову передачу, електромагнітну муфту, головний вал і розподільвач. Кінематична схема представлена на листі 2. Зміну частоти обертання здійснимо за допомогою клинопасової передачі.

Попередньо вибираємо робочу частоту електродвигуна рівною 750
Необхідне передаточне число:

$$i := \frac{750}{392.854} = 1.909$$

Вибираємо найближче передаточне число $i := 1.9$

Діаметр шків на валу електродвигуна приймаємо рівним: $D_1 := 0.170 \quad \text{м}$

Тоді діаметр веденого шків:

$$D_2 := D_1 \cdot i = 0.323 \quad \text{м}$$

Вибираємо найближче стандартне $D_2 := 0.320 \quad \text{м}$

$$\text{Тоді дійсне передаточне число: } i := \frac{D_2}{D_1} = 1.882$$

Частота обертання веденого вала: $n_p := \frac{750}{i} = 398.438 \quad \text{об/хв}$

Кутові швидкості валів:

$$\text{- ведучого: } \omega_{\text{вед}} := \frac{750 \cdot \pi}{30} = 78.54 \quad \text{рад/с}$$

$$\text{- веденого: } \omega_{\text{вдн}} := \frac{750 \cdot \pi}{i \cdot 30} = 41.724 \quad \text{рад/с}$$

3.5 Конструкторський розрахунок шнека витіснювача

Тип дозатора: шнек з наступними параметрами:

зовнішній радіус вала шнека: $r := 0.016$ (м)

зовнішній радіус шнека: $R := 0.04$ (м)

крок шнека $t := 0.045$ (м)

кількість заходів: 1

частота обертання шнека: $n := \frac{n_p}{60} = 6.641$ (об/с)

ширина вершини витка $a := 0.002$ (м)

ширина основи витка $b := 0.002$ (м)

витка

Матеріал шнека: Сталь 18ХН9Т $\rho := 7700$

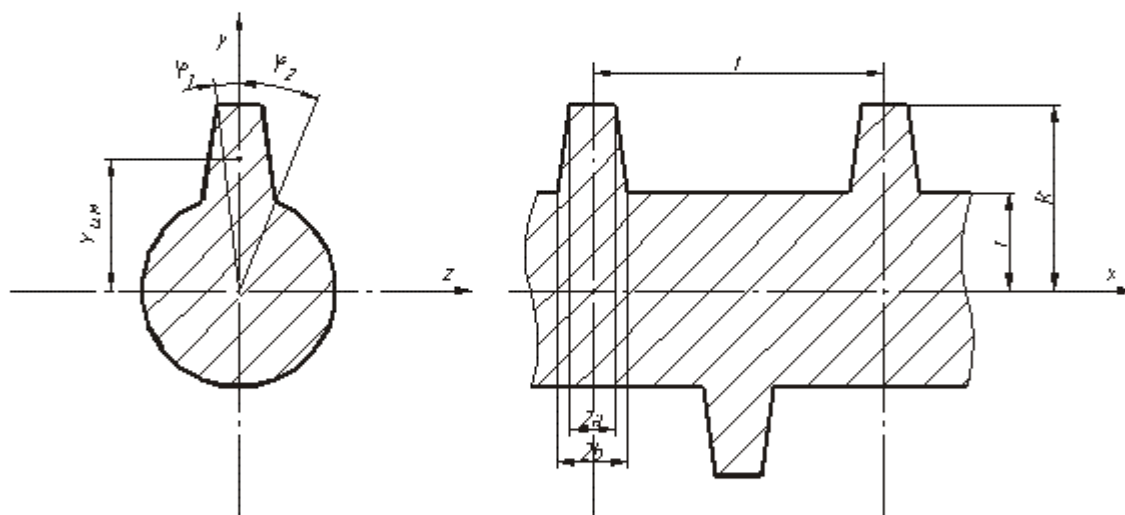


Рис. 3.4.- Принципова схема шнека

Загальна довжина шнека:

$$L := 0.328 \text{ (м)}$$

Кут нахилу бокової лінії трапеції в нормальному сеченні:

$$\alpha_n := \arcsin\left(\frac{b - a}{R - r}\right) = 0$$

Визначимо момент інерції січення одного однозаходного шнека відносно осі z.

Розрахункові кутові коефіцієнти:

$$\phi_1 := 2 \cdot \pi \cdot \frac{a}{t} = 0.279 \quad \phi_1 \cdot \frac{180}{\pi} = 16$$

$$\phi_2 := 2 \cdot \pi \cdot \frac{b}{t} = 0.279 \quad \phi_2 \cdot \frac{180}{\pi} = 16$$

Момент інерції січення вала шнека відносно осі z:

$$J_{1z} := \frac{\pi}{4} \cdot (r^4) = 5.147 \times 10^{-8} \quad (\text{м}^4)$$

Розрахункові лінійні коефіцієнти:

$$x_1 := 2 \cdot R \cdot \sin(\phi_1) = 0.022 \quad (\text{м})$$

$$x_2 := 2 \cdot r \cdot \sin(\phi_2) = 8.82 \times 10^{-3} \quad (\text{м})$$

Подальший розрахунок проводиться для максимального лінійного коефіцієнта

$$H := x_1 = 0.022 \quad (\text{м})$$

Площа поперечного січення витка шнека:

$$F_r := (R \cdot \sin(\phi_1) + r \cdot \sin(\phi_2)) \cdot (R - r) = 3.705 \times 10^{-4} \quad (\text{м}^2)$$

Момент інерції січення витка шнеку відносно осі, що проходить через його центр мас і паралельно осі z :

$$J_{2z} := \frac{F_r^2 \cdot (R - r \cdot \cos(\phi_2))}{12 \cdot H} = 1.277 \times 10^{-8} \quad (\text{м}^3)$$

Координата центра мас витка шнека:

$$Y_{\text{цм}} := \frac{1}{3} \cdot (R - r) \cdot \frac{r \cdot \sin(\phi_2) + 2 \cdot R \cdot \sin(\phi_1)}{r \cdot \sin(\phi_2) + R \cdot \sin(\phi_1)} + r = 0.03 \quad (\text{м})$$

Момент інерції січення шнека відносно осі z

$$J_z := J_{1z} + (J_{2z} + F_r \cdot Y_{\text{цм}}^2) = 3.913 \times 10^{-7} \text{ (м}^4\text{)}$$

Припускаємо, що перпендикулярні до осі шнека навантаження взаємнокомпенсуються.

На шнек діє поздовжнє зусилля, виникаюче в транспортованому матеріалі, що визначається наступним чином:

$$S = \int_0^L q_x(x) dx$$

де $q(x)$ - інтенсивність розподіленого осьового навантаження:

$$q_x(x) = \left[-\Delta p(x) + (2 \cdot p(x) - \Delta p(x)) \cdot f \cdot \frac{\text{tg}(\beta)}{\cos(\alpha_n)} \right] \cdot \frac{\pi \cdot (R^2 - r^2)}{t}$$

де $f := 0.01$ коефіцієнт, що враховує тертя між умовними шарами транспортованого матеріалу.

$\beta(x)$ - кут підйому гвинтової лінії по радіусу вала шнекового транспортера:

$$\beta := 0.297 \quad \frac{\beta \cdot 180}{\pi} = 17.017$$

$p(x)$ - тиск в порожнині на поточному витку:

$$\begin{cases} p(x) = p_0 & 0 \leq x \leq l_3 \\ p(x) = p_0 + \frac{p_{\text{max}} - p_0}{L} (x - l_3) & l_3 \leq x \leq L + l_3 \end{cases};$$

де $l_3 := \frac{L}{4} = 0.082$ (м) - довжина частини шнека перед завантажувальною камерою

$p_0 := 0.12 \cdot 10^6$ (Па) - атмосферний тиск

$p_{max} := 0.15 \cdot 10^6$ (Па) - необхідний нормативний тиск на виході шнека (регулюється за допомогою вакуумнасоса)

$p'(x)$ - тиск в порожнині на попередньому витку:

$$\begin{cases} p'(x) = p_0 & 0 \leq x \leq l_3 + t(l_3) \\ p'(x) = p_0 + \frac{p_{max} - p_0}{L} (x - l_3 - t) & l_3 + t(l_3) \leq x \leq L + l_3 \end{cases};$$

Позначим $\Delta p = p - p'$:

$$\begin{cases} \Delta p = 0 & 0 \leq x \leq l_3 \\ \Delta p = (p_{max} - p_0) \cdot \frac{x - l_3}{L} & l_3 \leq x \leq l_3 + t(l_3) \\ \Delta p = (p_{max} - p_0) \cdot \frac{t}{L} & l_3 + t(l_3) \leq x \leq l_3 + L \end{cases};$$

Проведем необхідні підстановки і проінтегруємо вираз. Після інтегрування отримаємо:

Геометрична силова складова:

$$HS := \left[\frac{t^2}{2} \cdot \left(f \cdot \frac{\tan(\beta)}{\cos(\alpha_n)} - 1 \right) - (L \cdot t - t^2) \cdot \left(1 + f \cdot \frac{\tan(\beta)}{\cos(\alpha_n)} \right) + (L^2 - t^2) \cdot f \cdot \frac{\tan(\beta)}{\cos(\alpha_n)} \right]$$

$$HS = -0.013 \quad (m^2)$$

$$S := \frac{\pi \cdot (R^2 - r^2)}{t} \cdot \left(2 \cdot f \cdot \frac{\tan(\beta)}{\cos(\alpha_n)} \cdot p_0 \cdot L + \frac{p_{max} - p_0}{L} \cdot HS \right) \quad S = -92.91 \quad (H)$$

знак “-” вказує на стискаючу дію осьової сили.

Ввиду значної величини осьової сили порівняно із очікуваним значенням маси шнека при розрахунку підшипникових опор її враховувати не будемо.

Проведем перевірку по напруженнях для основи і гвинтової лінії шнека.

Напруження стиску від дії осьових сил визначаються за формулою:

$$\sigma = \frac{S}{F}$$

де F - площа поперечного січення вала шнека:

$$F := \pi \cdot r^2 = 8.042 \times 10^{-4} \quad (\text{м}^2)$$

$$\sigma := \frac{S}{F} = -1.155 \times 10^5 \quad (\text{Па})$$

Дотичні напруження визначаються з залежності:

$$\tau = \frac{M}{W_p} = \frac{\frac{2}{3} \cdot P_{max} \cdot \pi \cdot \text{tg}[\beta] [R^3 - r^3]}{\frac{\pi \cdot [r^4 - r_0^4]}{2 \cdot r_0}} = \frac{4}{3} \cdot \frac{P_{max} \cdot r_0 \cdot \text{tg}[\beta] [R^3 - r^3]}{[r^4 - r_0^4]}$$

$$M := \left(\frac{2}{3}\right) \cdot P_{max} \cdot \pi \cdot \tan(\beta) \cdot (R^3 - r^3) = 5.76 \quad (\text{Н*м})$$

$$W := \frac{\pi \cdot r^4}{2} = 1.029 \times 10^{-7} \quad (\text{м}^3)$$

$$\tau := \frac{M}{W} = 5.595 \times 10^7 \quad (\text{Па})$$

Еквівалентне напруження:

$$\sigma_{\text{екв}} := \sqrt{\sigma^2 + 4 \cdot \tau^2} \quad (\text{Па})$$

Напруження входить в діапазон допустимих.

Кутова швидкість шнека:

$$\omega := 2\pi \cdot n = 41.724 \quad \text{рад/с}$$

Необхідна потужність з врахуванням наявності двох шнеків:

$$N := \frac{2M \cdot 1000}{\omega}$$

$$N = 276.085 \quad (\text{Вт})$$

З врахуванням наявності двох шнеків, які працюють в парі, і необхідного запасу на пускову потужність вибираємо електродвигун:

Двигун
4A105L2P3.IM.3001
ГОСТ 19523-81
потужність 4.65
КВт
n=750 об/хв

3.6. Опис будови і принципу роботи вакуумного шприца

Шприц має в своєму складі основні компоненти: каркас, бункер, корпус витіснювачів, педаль керування, система головного приводу, вакуумна система та електрообладнання.

Для розташування та встановлення всіх необхідних вузлів і агрегатів, які забезпечують роботу шприца, передбачено використання жорсткого зварного каркасу (див. рис. 3.5). Цей каркас складається з верхньої та нижньої рам, з'єднаних між собою стійками. Уздовж довжинної вісі каркасу на верхній рамі розташована підстава-швелер з кріпленнями для корпуса витіснювача і ведучого вала. Корпус витіснювача та бункер встановлені на корпусі витіснювачів. Крім того, на верхній рамі знаходяться вузли системи вакуумування та електрообладнання. На нижній рамі каркасу розміщені двигун основного приводу та вакуумний насос. Передня обшивка шприца оснащена педаллю керування та цівкою. Для забезпечення циркуляції повітря всередині корпуса шприца на бічних стінах встановлені два вентилятори. Усі бокові сторони каркасу закриті знімними панелями. Каркас шприца встановлюється на підлозі за допомогою опор, які дозволяють регулювати висоту цівки від підлоги і забезпечують горизонтальне розташування шприца чи його нахил в напрямку цівки.

Бункер 9 використовується для завантаження фаршу перед його подачею у приймальну частину корпусу витіснювачів. Виготовлений із нержавіючої сталі, бункер складається з обечайки, плити та фланця. Для полегшення обслуговування, санітарної обробки та технічного обслуговування шприца, бункер може обертатися навколо корпусу.

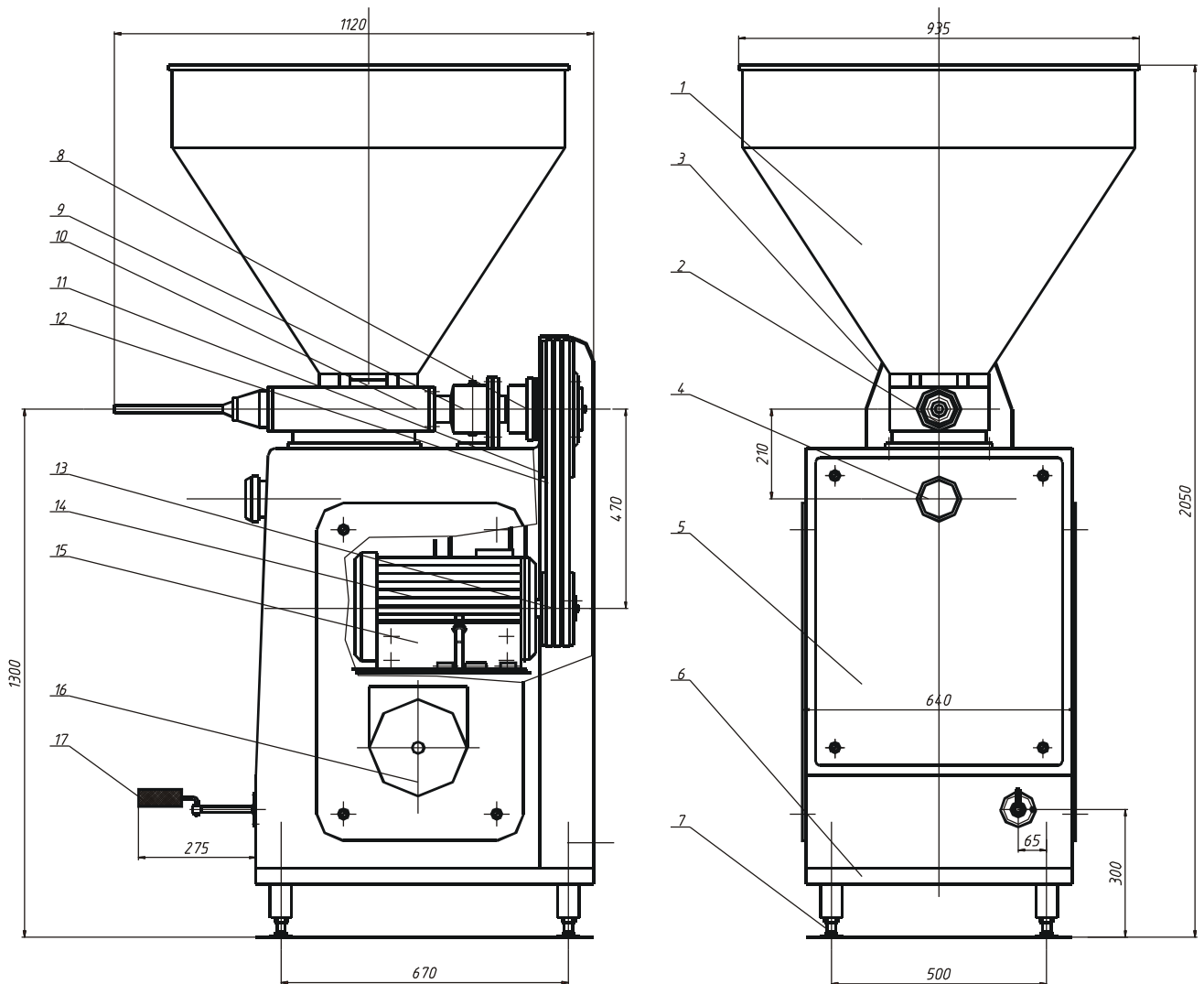


Рис. 3.5.– Шприц вакуумний:

1 – електродвигун; 2 – щиток; 3 – каркас; 4 – вакуум-насос; 5 – цівка; 6 – гайка; 7 – рукоятка; 8 – кришка; 9 – бункер; 10 – витіснювачі; 11 – розподільна коробка; 12 – муфта; 13 – вузол веденого вала; 14 – кришка; 15 – пасова передача; 16 – плита; 17 – ніжка; 18 – датчик; 19 – педаль керування; 20 – кришка.

У робочому положенні, бункер міцно закріплюється до корпусу за допомогою спеціального замка. Для забезпечення безпеки під час обертання бункера, встановлено механізм блокування, що включає датчик, кронштейн, пружину та штовхач. Під час обертання бункера, штовхач, який у початковому положенні торкається фланця бункера, піднімається вгору завдяки пружині, спрацьовуючи датчик, який автоматично вимикає шприц. Розмір зазору між торцем датчика та штовхачем регулюється за допомогою гаєк і залишається в межах 1,5...0,5 мм.

Корпус витиснювачів 10 спеціально призначений для розташування витиснювачів, які складаються з двох з'єднаних гвинтів або шнеків з протилежними нарізками. Ці витиснювачі мають дві основні частини: нагнітальну, яка переміщує фарш до цівки, та відбійну, яка запобігає перевищенню фаршу в систему вакуумування. Витиснювачі (лист 1) оснащені хвостовиками, які з'єднуються з відповідними ділянками розподільної коробки. На передню частину корпусу витиснювачів застосовується насадка, до якої прикріплюються діафрагма 2 та змінні цівки 1 за допомогою гайки 3. Залежно від типу ковбас, встановлюються відповідні цівки підібрані до витиснювачів.

З метою забезпечення безпеки під час заміни елементів, встановлено механізм блокування, що складається із штовхача, пружини, кронштейна та датчика, розташованих на стіні. Датчик 18 розміщено на кронштейні так, щоб зазор між його торцем та штовхачем, коли пружина стиснута, становив 1,5...0,5 мм. У робочому положенні механізм блокування, грибок штовхача взаємодіє з корпусом. Під час видалення корпусу, пружина зміщує штовхач вліво, активуючи датчик, що автоматично відключає функцію шприца.

Педаль керування 19 використовується для управління подачею фаршу через цівку. Вона складається з педалі, втулки, механізму перемикачів та датчика. Педаль кріпиться до обшивки шприца за допомогою болтів і регулюється у зручне положення для оператора, налаштовуючи кут нахилу педалі. Механізм перемикачів гарантує надійне управління шприцем

(включення/виключення електромагнітної муфти), забезпечуючи правильне функціонування при дотриманні зазору 1,5...0,5 мм між датчиком і планкою.

Система головного приводу призначена для керування роботою витиснювачів шприца і включає основні компоненти: електродвигун 1, передачеві ремені, ведучий вал з електромагнітною муфтою, датчик кута повороту і розподільну коробку. Електродвигун 1 розміщено на рухомій плиті 16, кріпленій за допомогою гаск на болтах. Для регулювання та натягання ременів на шківках чи їх видалення необхідно розмонтувати гайку кріплення на болті та перемістити плиту у відповідне положення.

Вал приводиться в рух за допомогою електромагнітної муфти, яка призначена для передачі обертового моменту від електродвигуна до розподільної коробки. У корпусі підшипників розташований вал, на одному кінці якого розміщено шків із електромуфтою, а на іншому - муфта з диском датчика кута повороту. Електромагнітна муфта відповідає за включення та відключення розподільної коробки і складається з котушки збудження, загальної втулки, якіря, гайки і пакету фрикційних дисків (внутрішніх та зовнішніх). Внутрішні диски пов'язані з втулкою на ведучому валу, а зовнішні з'єднані з повідком за допомогою болтів на шківі. Коли напруга подається на котушку муфти, якір привертається до корпусу, а натискний диск стискає пакет фрикційних дисків, передаючи обертовий момент від шківка до вала, а далі до вала розподільної коробки. При вимиканні напруги фрикційні диски повертаються у початкове положення, при цьому момент на вал не передається. Для правильної роботи муфти необхідно дотримуватися залишкового зазору від 0,03 до 0,09 мм, який можна налаштувати за допомогою гайки, яка запобігає саморозкручуванню, блокуючи гвинт.

Диск датчика кута повороту встановлений на корпусі втулково-пальцевої муфти. Датчик кута повороту служить для збирання інформації про кут повороту витиснювачів.

Датчик складається з перемикача та роз'єму, розміщених на кронштейні. Для правильної установки на шприці та під час використання необхідно стежити

за зазором між обертовим диском і торцем перемикача, який повинен знаходитися в межах 1,5–0,5 мм і регулюватися переміщенням перемикача відносно кронштейна після послаблення гаєчок. Після налагодження зазору гаєчки необхідно затягти.

Розподільна коробка 11 розроблена для розподілу головного крутного моменту між гвинтами витиснювача. Вона складається з зварного корпусу з встановленими підшипниками. Крутний момент передається за допомогою зубчастої пари, і напрям обертання змінюється на протилежний. Щоб запобігти потраплянню повітря та мастила з коробки у зону вакуумування фаршу, вихідні вали, що взаємодіють з хвостовиками гвинтів витиснювача, ущільнені трьома манжетами кожен. Манжети розділені між собою, і простір між ними заповнений мастилом через отвори у корпусі. Маслоуказівник 4 відображає рівень мастила в розподільній коробці.

Система вакуумування призначена для забезпечення подачі фаршу з бункера в корпус витиснювача та покращення якості фаршу через відкачування повітря з нього. Вона складається з вакуумного насоса, контейнера для фаршу з трубкою, вакуумметра та з'єднувальних шлангів. Вакуумний насос активується кнопкою "ВАКУУМ" на пульті керування і через трубку відкачує повітря з корпусу витиснювача, створюючи розрідження у зоні подачі фаршу. Під час цього відбивна частина витискуючих гвинтів заважає потраплянню фаршу у трубку. Частинки фаршу, які відсмоктуються разом із повітрям, збираються в контейнері для фаршу. Для візуального контролю над накопиченням фаршу контейнер має прозору кришку з органічного скла. У контейнері для фаршу на штуцері приймача встановлений сітчастий фільтр, який запобігає потраплянню фаршу у вакуумний насос. Якщо контейнер для фаршу заповниться, роботу шприца зупиняють кнопкою "СТОП", відкривають кришку, видаляють фарш, а потім очищають сітчастий фільтр. Після продування повітрям фільтр і кришку закривають.

У комплекті запасних частин до шприца передбачена заглушка, яка використовується при санітарній обробці шприца чи під час проведення інших робіт згідно з технічною інструкцією. Заглушка встановлюється на місце сітчастого фільтра. Після завершення робіт кришка знімається, промивається та зберігається як компонент запасних частин. Потім знову встановлюється сітчастий фільтр. Під час роботи шприца вакуумний тиск автоматично підтримується в межах, встановлених на електроконтактному вакуумметрі, щоб уникнути пошкодження вакуумного насоса, його робота при порожньому бункері не дозволяється більше 40 секунд.

3.7. Заходи з монтажу, експлуатації і технічного обслуговування шприца

3.7.1. Особливості монтажу шприца

Для переміщення машини всередині цеху використовують спеціальні візки з прогумованими колесами та вантажопідйомністю від 0,5 до 3 т, які керуються вручну.

Завдяки невеликій масі машини її встановлення на фундамент виконується за допомогою електротельфера, який підвішується на монорейку. Процес монтажу машини на фундамент здійснюється таким чином:

Шприц встановлюють на фундамент і регулюють, щоб контрольні поверхні були горизонтальними. Перевірку роботи шприца виконують відключений від навантаження. Починають з перевірки електричного двигуна приводу під час демонтажу конічної зубчастої передачі на протязі 1 години. Виконують перевірку наявності технологічних зазорів та відсутність зачіпання робочими органами інших поверхонь шляхом короткочасного вмикання (1–2 хв) установки.

Підготовка шприца до роботи включає такі кроки:

- Ознайомлення з експлуатаційною документацією;
- Видалення консервуючого мастила;

- Перевірка рівня мастила в розподільній коробці та вакуумному насосі, з доливанням у разі потреби;
- Санітарно-гігієнічна обробка шприца;
- Перевірка стану електропроводів;
- Вимір опору заземлення, підведеного до шприца від цехового контуру заземлення;
- Сушіння електродвигуна головного приводу у разі недостатньої ізоляції;
- Перевірка механізмів та підключення електродвигунів;
- Перевірка функціонування блокувань;
- Встановлення витіснювачів у відповідному напрямку;
- Використання системи вакуумування шприца, якщо централізована система відсутня;
- Перевірка роботи шприца після встановлення насадок та цівок.

Це є послідовний процес для забезпечення належної роботи обладнання та його правильного встановлення.

2.7.2. Технічний контроль, випробування та заходи з експлуатації шприца

Рухомі компоненти шприца, такі як зубчасті передачі приводу апарата, підшипникові опори та вали приводу, найбільше піддаються зношуванню.

Головними зовнішніми факторами, які впливають на роботу шприца, є вібрації, підвищена вологість та агресивні середовища. Ці фактори сприяють потраплянню забруднень у зазори спряжень, що призводить до прискореного зношення деталей.

Якщо спостерігається загальне зношення зубчастих коліс приводу, рекомендується здійснити одночасну заміну на нові через високі витрати на цикл технологічних операцій для відновлення; підшипникові опори рекомендується замінювати не рідше, ніж раз на 1,5 роки; у випадку зношення

валів рекомендується відновити зношені поверхні шляхом наплавлення з наступним зняттям надлишкового матеріалу і шліфуванням робочих поверхонь.

Один робітник, який має кваліфікацію не нижче IV розряду, відповідає за обслуговування шприца. Наладка оптимальних режимів роботи шприца здійснюється слюсарями-наладчиками, які пройшли спеціальне навчання, на м'ясопереробних підприємствах.

Для виготовлення різних видів ковбасних виробів шприц може бути обладнаний різними змінними частинами згідно з технічними умовами для виготовлення ковбас.

Вибір цівок залежить від діаметра оболонки, а діаметр діафрагми підбирається від в'язкості фаршу: при зменшенні в'язкості фаршу зменшується і діаметр діафрагми.

Під час роботи слід контролювати рівень розрідження та заповнення фаршозбірника. При його заповненні фаршем, робота шприца припиняється кнопкою "СТОП". Потім необхідно видалити кришку, видалити фарш, промити сітчастий фільтр і після продувки повітрям встановити фільтр і кришку на місце.

У комплекті запасних частин для шприца є заглушка, яка використовується при санітарній обробці шприца або виконанні інших робіт, передбачених технічною інструкцією.

Шприц може працювати в ручному, напівавтоматичному або автоматичному режимах. Швидкість подачі фаршу в наповнювач потрібно регулювати за допомогою перемикача "ПОВОРОТ".

Дотримання робочих умов для вакуумного насоса є важливим, і не рекомендується його робота при порожньому бункері більше 40 секунд. Також слід виявляти увагу до рівня фаршу в бункері, завантажувати фарш вчасно та уникати роботи електродвигуна вакуумного насоса понад 30 секунд при порожньому бункері.

4. Числове дослідження шнека вузла нагнітання фаршу універсального шприца-наповнювача U-159 Ideal

4.1. Постановка завдань дослідження

Досліджуваний шнек являє собою виріб і з пластику ABS із заглибленням у формі квадрата для передачі крутного моменту, орієнтованим вздовз його осі. Дослідження виконували у SolidWorks для 5 варіантів шнека, які відрізняються глибиною заглиблення: 50 мм, 115 мм, 180 мм, 245 мм та 310 мм.

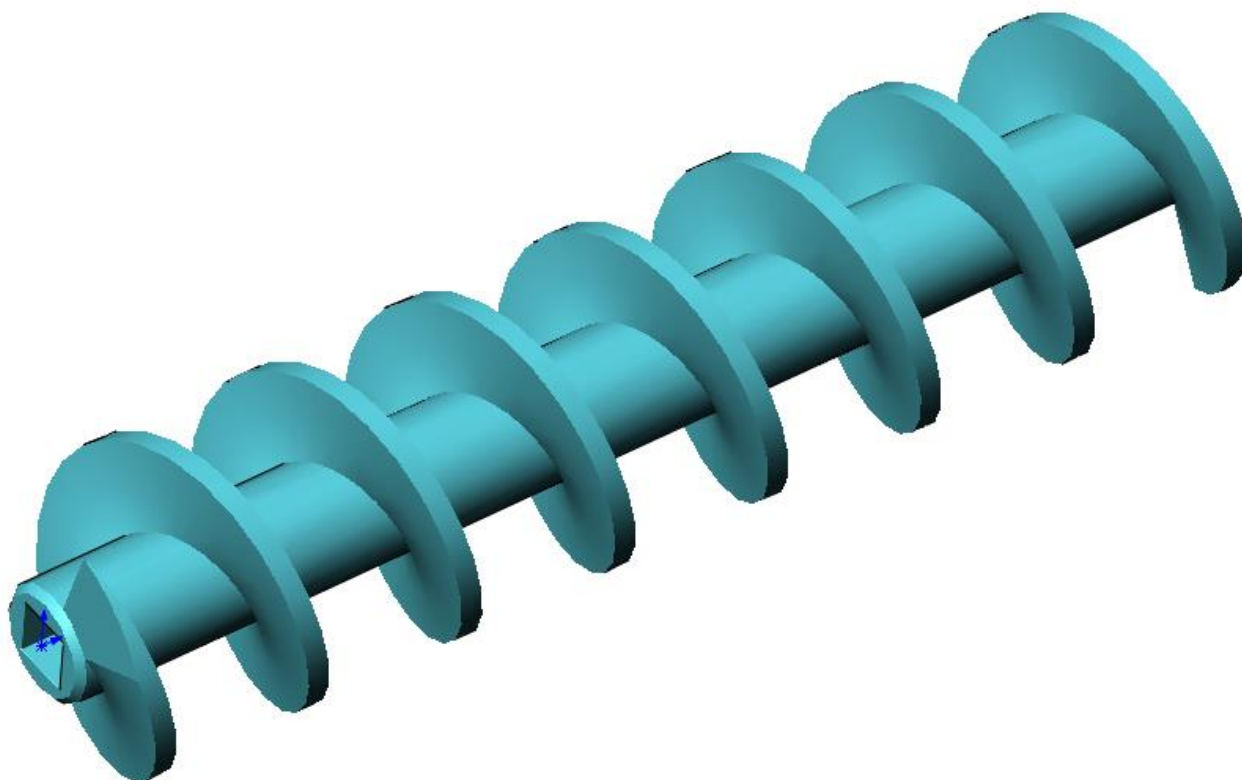


Рис. 4.1. Конструктивна схема шнека вузла нагнітання фаршу.

Дослідження проводитимемо за умов:

Тип аналізу	Статичний
Тип сітки	Сітка на твердому тілі
Використовуване розбиття:	Сітка на основі кривизни
Точки Якобіана	4 Точки
Ешюра якості сітки	Висока

Тепловий ефект:	Вмк
Термічний параметр	Ігнорувати теплові навантаження
Температура при нульовій напрузі	298 Kelvin
Тип вирішуючої програми	FFEPlus
Несумісні параметри зв'язку	Авто
Великі переміщення	Вимк
Обчислити сили вільних тіл	Вмк
Тертя	Вимк
Використовувати адаптивний метод:	Вимк

4.2. Результати моделювання шнека вузла нагнітання фаршу універсального шприца-наповнювача U-159 Ideal.

Розрахункова схема шнека вузла нагнітання фаршу універсального шприца-наповнювача U-159 Ideal представлена на рис. 4.2. Схематично показано кріплення і діючі навантаження. На рис. 4.3. наведено сформовану на основі кривизни сітку. На рис.4.4 – рис.4.23 представлено результати розрахунків.

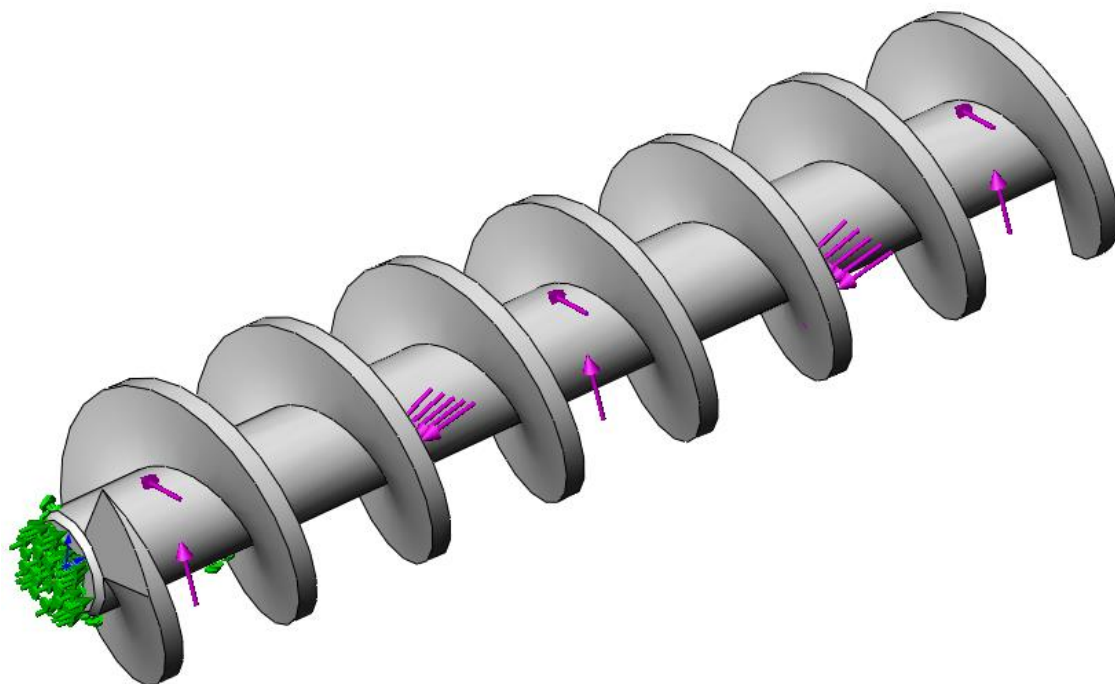


Рис. 4.2. Розрахункова схема шнека вузла нагнітання фаршу

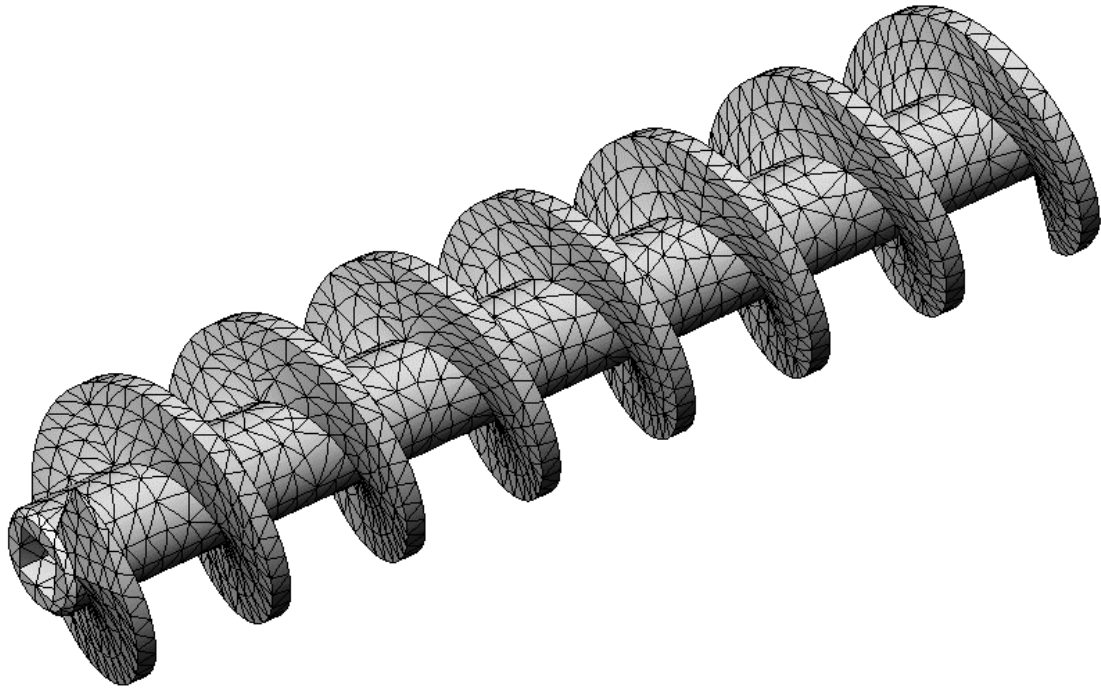


Рис. 4.3. Розрахункова сітка шнека вузла нагнітання фаршу на основі кривизни.

Имя модели: Шнек50
 Название исследования: Статический 1 (По умолчанию)
 Тип элюры: Статический узловое напряжение Напряжение1

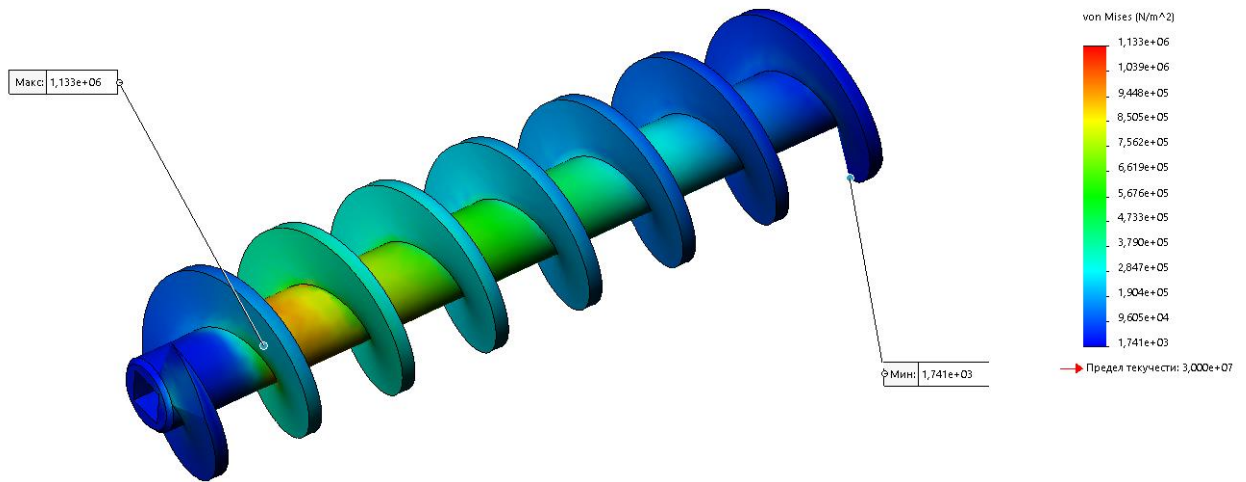


Рис. 4.4. Напруження за фон Мізесом для шнека вузла нагнітання фаршу при глибині квадратного шліца на торці 50 мм

Имя модели: Шнек50
Название исследования: Статический 1 (По умолчанию)
Тип элэора: Статическое перемещение Перемещение1

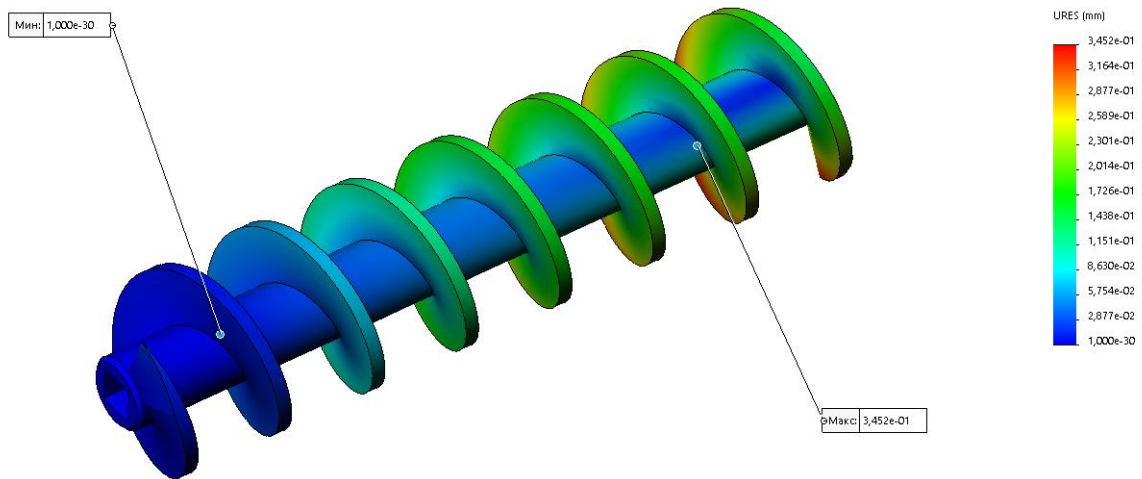


Рис 4.5. Статичне переміщення для шнека вузла нагнітання фаршу при глибині квадратного шліца на торці 50 мм.

Имя модели: Шнек50
Название исследования: Статический 1 (По умолчанию)
Тип элэора: Статическая деформация Деформация1

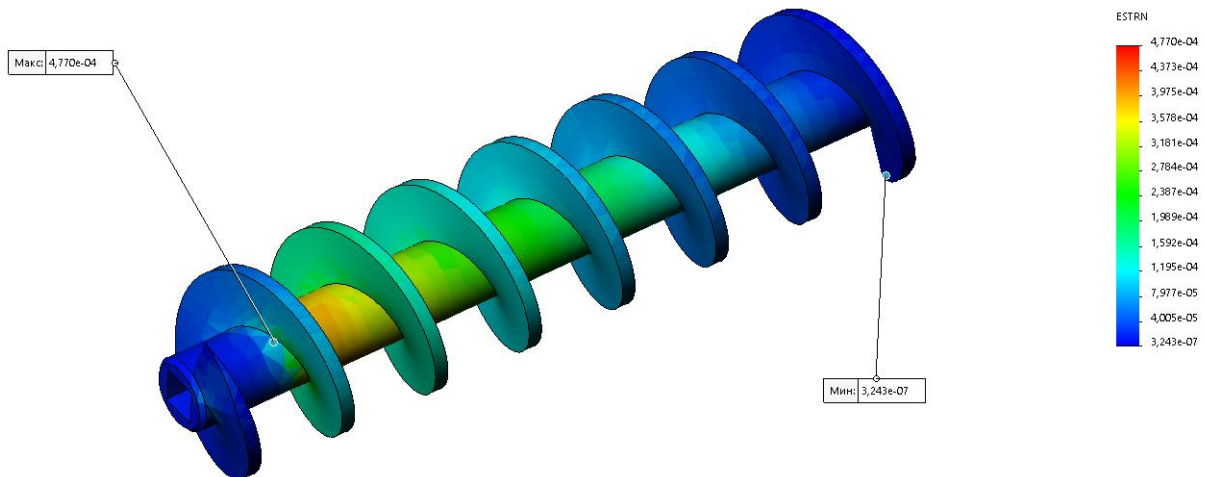


Рис 4.6. Статична деформація для шнека вузла нагнітання фаршу при глибині квадратного шліца на торці 50 мм.

Имя модели: Шнек50
Название исследования: Статический 1 (По умолчанию)
Тип элэры: Запас прочности Запас прочности1
Критерий : Авто
Распределение запаса прочности: Мин. коэффициент запаса прочности = 26

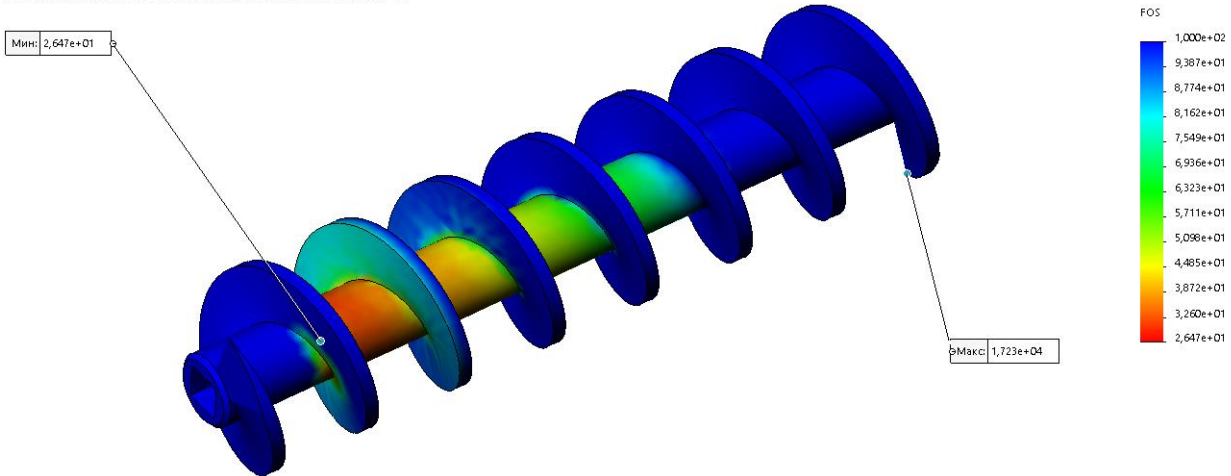


Рис. 4.7. Запас міцності (FOS) для шнека вузла нагнітання фаршу при глибині квадратного шліца на торці 50 мм.

Имя модели: Шнек115
Название исследования: Статический 1 (По умолчанию)
Тип элэры: Статический узловое напряжение Напряжение1

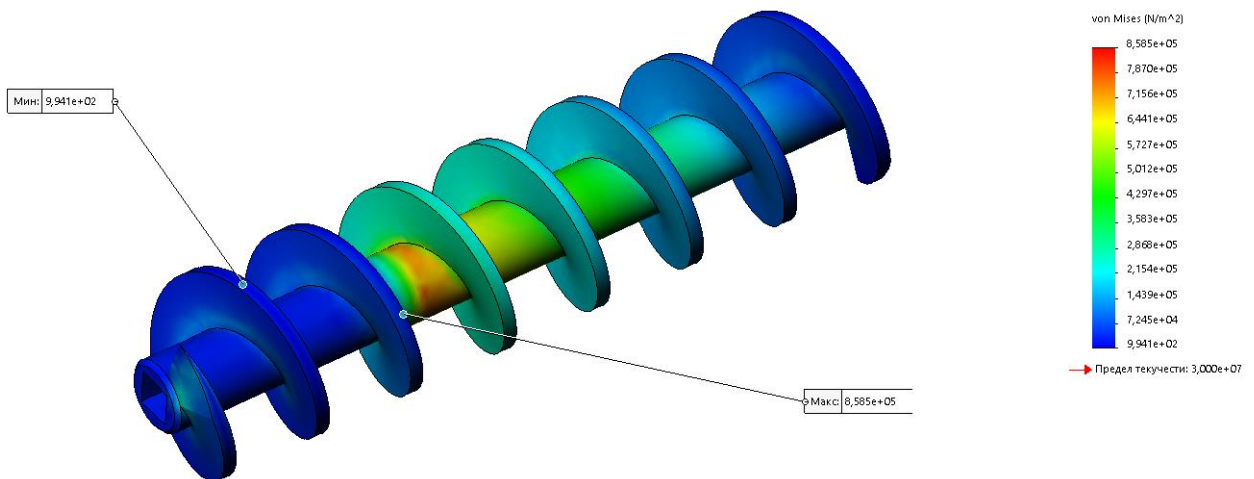


Рис. 4.8. Напруження за фон Мізесом для шнека вузла нагнітання фаршу при глибині квадратного шліца на торці 115 мм.

Имя модели: Шнек115
Название исследования: Статический 1[-По умолчанию-]
Тип элэпы: Статическое перемещение Перемещение1

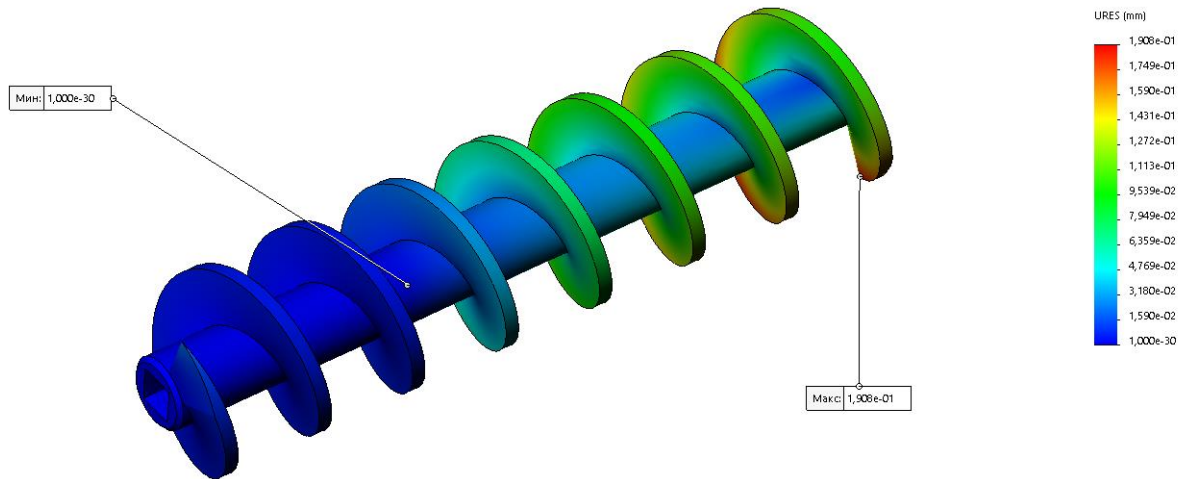


Рис 4.9. Статичне переміщення для шнека вузла нагнітання фаршу при глибині квадратного шліца на торці 115 мм.

Имя модели: Шнек115
Название исследования: Статический 1[-По умолчанию-]
Тип элэпы: Статическая деформация Деформация1

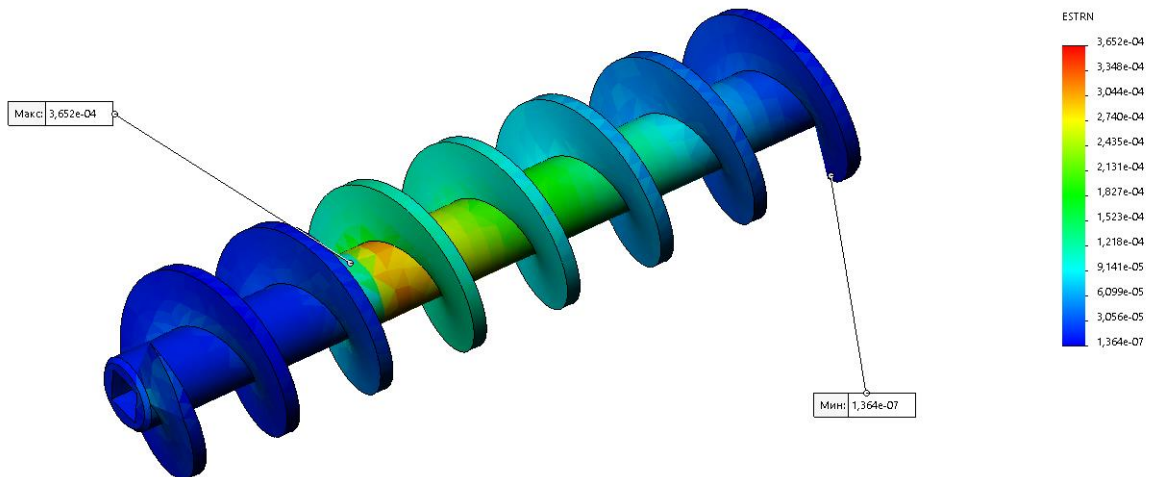


Рис 4.10. Статична деформація для шнека вузла нагнітання фаршу при глибині квадратного шліца на торці 115 мм.

Имя модели: Шнек115
Название исследования: Статический 11-[По умолчанию-]
Тип элэры: Запас прочности Запас прочности1
Критерий : Авто
Распределение запаса прочности: Мин. коэффициент запаса прочности = 35

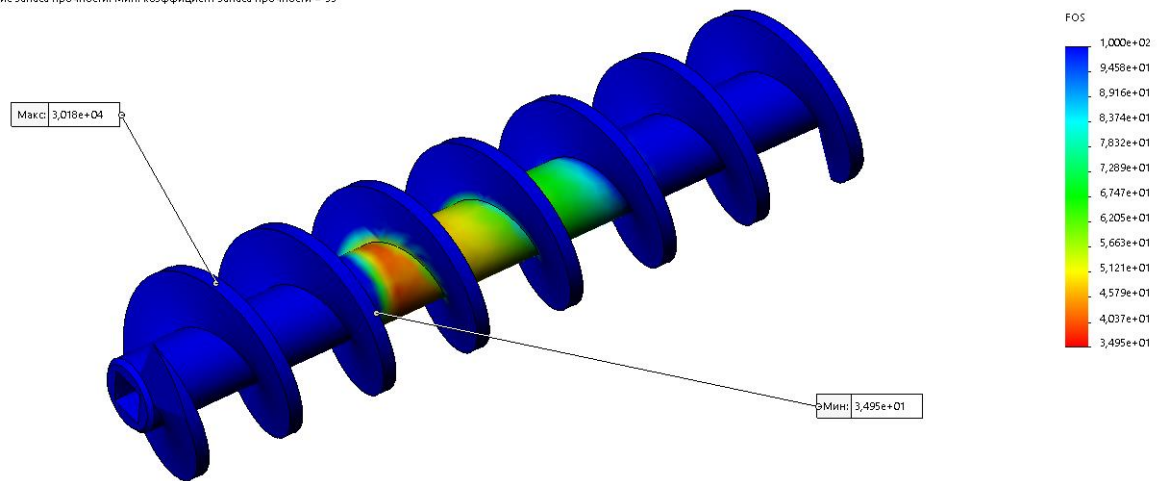


Рис. 4.11. Запас міцності (FOS) для шнека вузла нагнітання фаршу при глибині квадратного шліца на торці 115 мм.

Имя модели: Шнек180
Название исследования: Статический 1-[По умолчанию-]
Тип элэры: Статический узловое напряжение Напряжение1

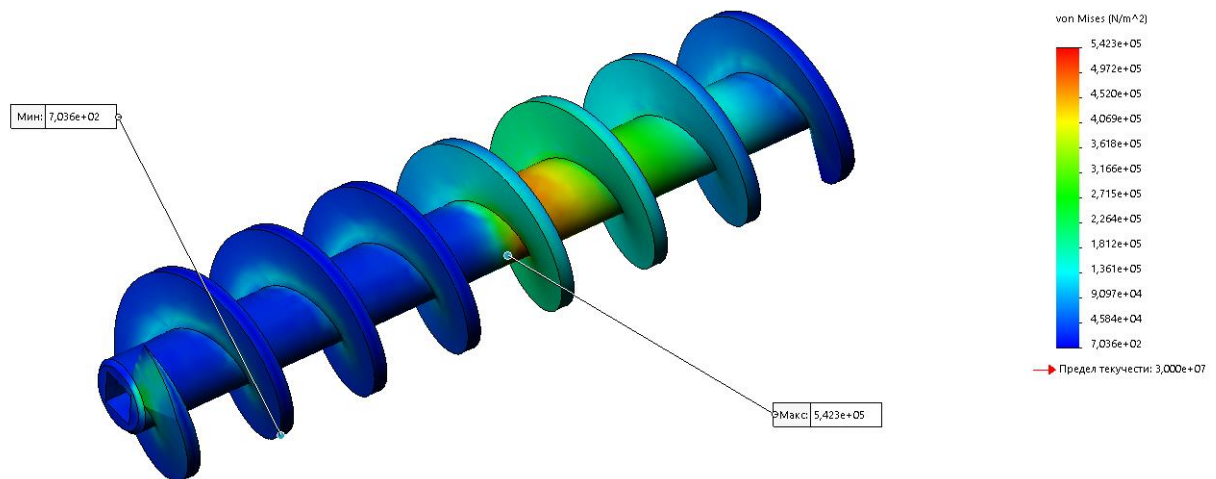


Рис. 4.12. Напруження за фон Мізесом для шнека вузла нагнітання фаршу при глибині квадратного шліца на торці 180 мм.

Имя модели: Шнек180
Название исследования: Статический 1[-По умолчанию-]
Тип элора: Статическое перемещение Перемещение1

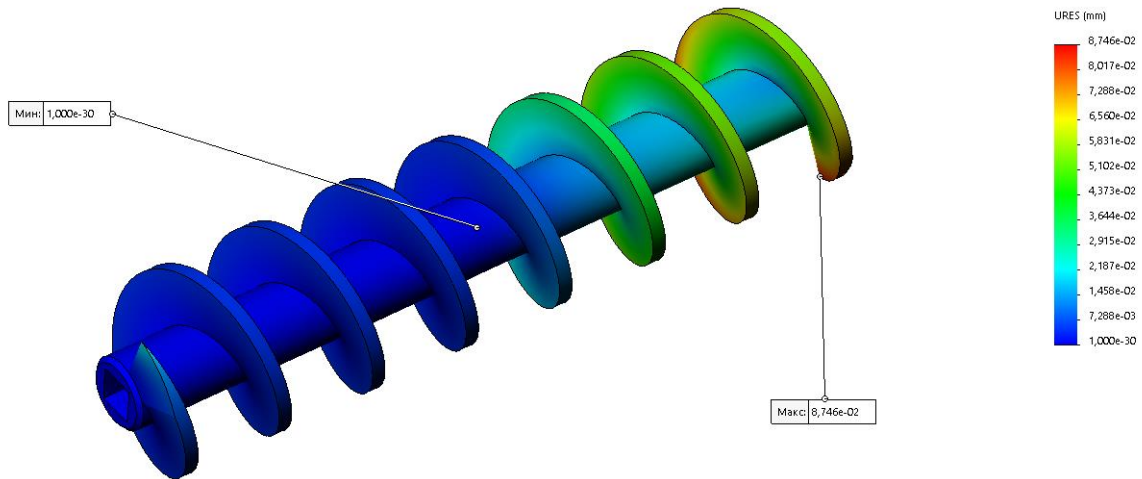


Рис 4.13. Статичне переміщення для шнека вузла нагнітання фаршу при глибині квадратного шліца на торці 180 мм.

Имя модели: Шнек180
Название исследования: Статический 1[-По умолчанию-]
Тип элора: Статическая деформация Деформация1

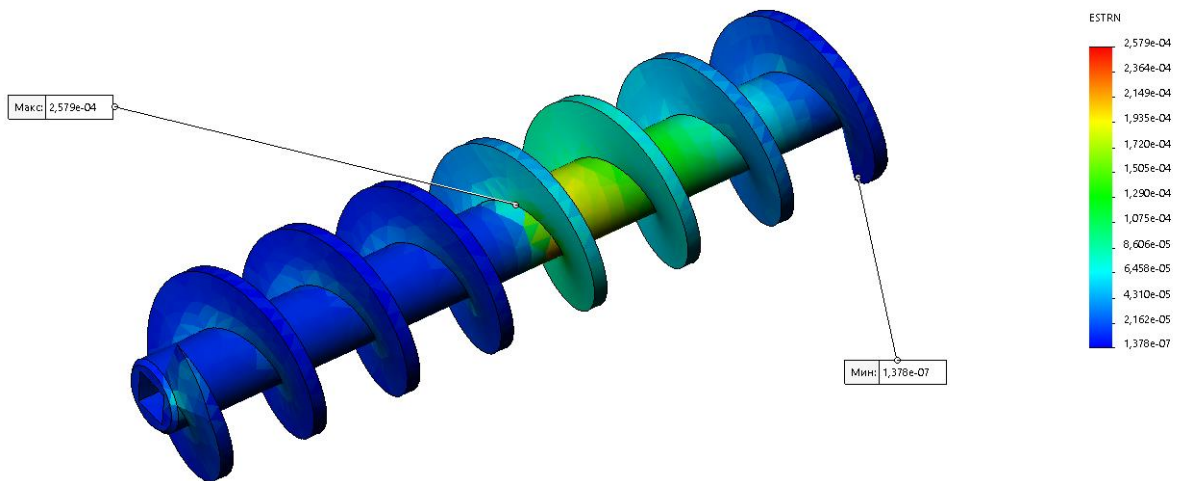


Рис 4.14. Статична деформація для шнека вузла нагнітання фаршу при глибині квадратного шліца на торці 180 мм.

Имя модели: Шнек180
Название исследования: Статический 1 (По умолчанию)
Тип элэры: Запас прочности Запас прочности1
Критерий: Авто
Распределение запаса прочности: Мин. коэффициент запаса прочности = 55

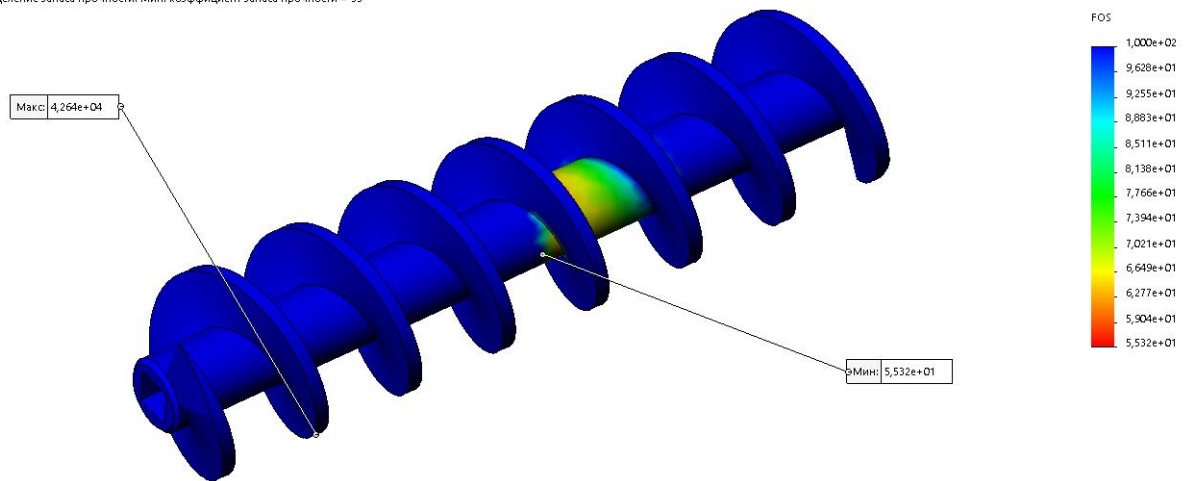


Рис. 4.15. Запас міцності (FOS) для шнека вузла нагнітання фаршу при глибині квадратного шліца на торці 180 мм.

Имя модели: Шнек245
Название исследования: Статический 1 (По умолчанию)
Тип элэры: Статический узловое напряжение Напряжение1

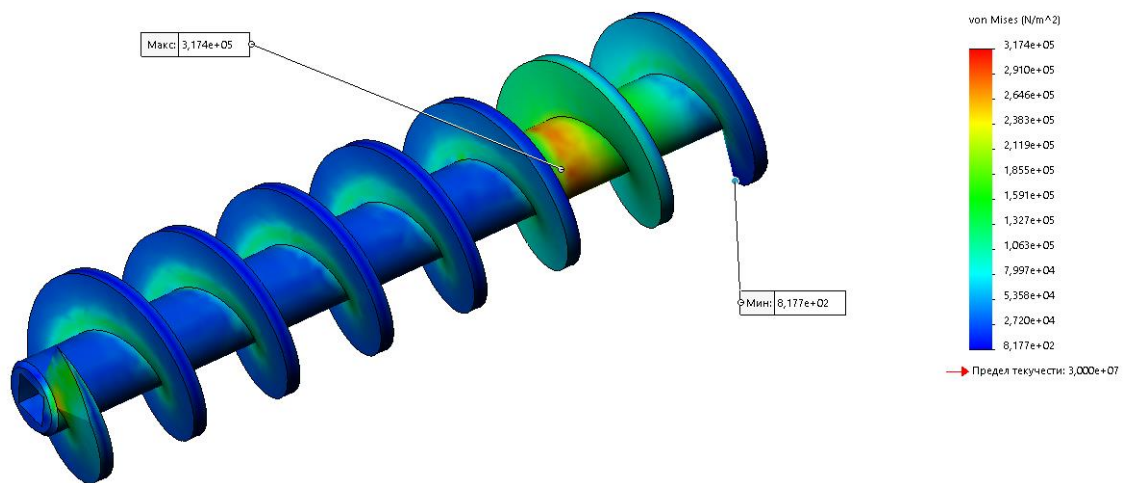


Рис. 4.16. Напруження за фон Мізесом для шнека вузла нагнітання фаршу при глибині квадратного шліца на торці 245 мм.

Имя модели: Шнек245
Название исследования: Статический 1[-По умолчанию-]
Тип элэпы: Статическое перемещение Перемещение1

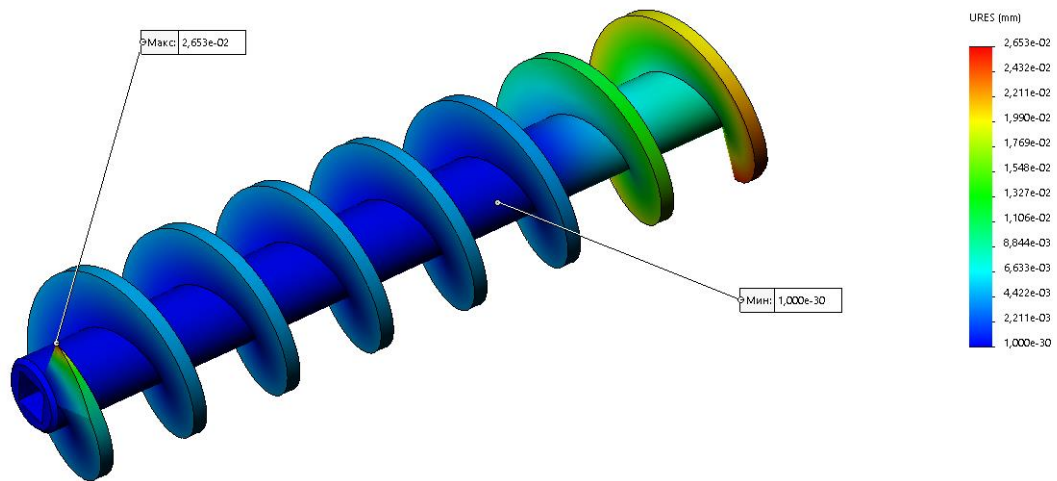


Рис 4.17. Статичне переміщення для шнека вузла нагнітання фаршу при глибині квадратного шліца на торці 245 мм.

Имя модели: Шнек245
Название исследования: Статический 1[-По умолчанию-]
Тип элэпы: Статическая деформация Деформация1

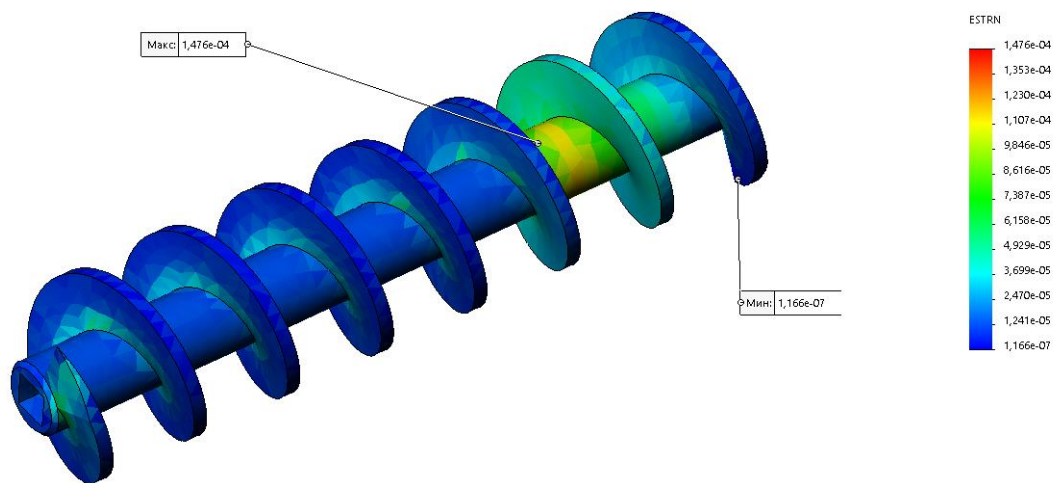


Рис 4. 18. Статична деформація для шнека вузла нагнітання фаршу при глибині квадратного шліца на торці 245 мм.

Имя модели: Шнек245
Название исследования: Статический 1(-По умолчанию-)
Тип элэры: Запас прочности Запас прочности1
Критерий: Авто
Распределение запаса прочности: Мин. коэффициент запаса прочности = 95

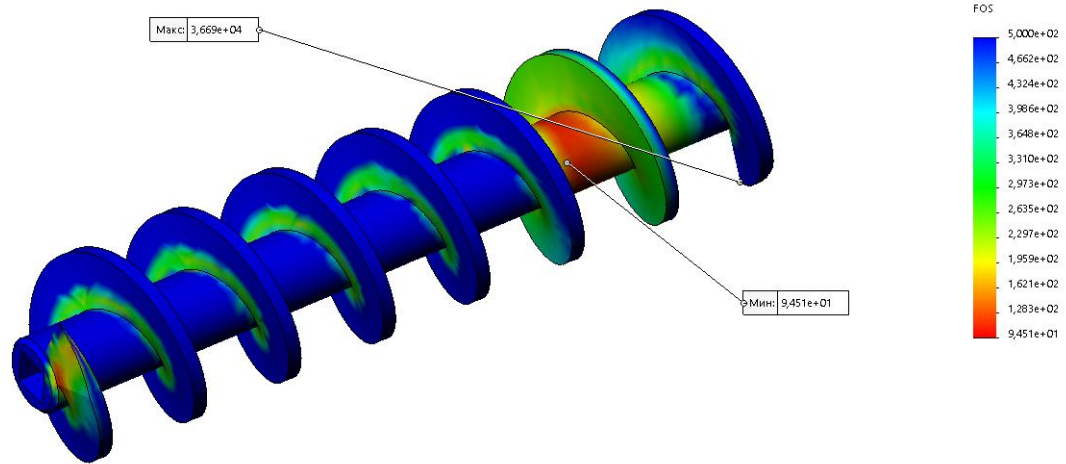


Рис. 4.19. Запас міцності (FOS) для шнека вузла нагнітання фаршу при глибині квадратного шліца на торці 245 мм.

Имя модели: Шнек310
Название исследования: Статический 1(-По умолчанию-)
Тип элэры: Статический узловое напряжение Напряжение1

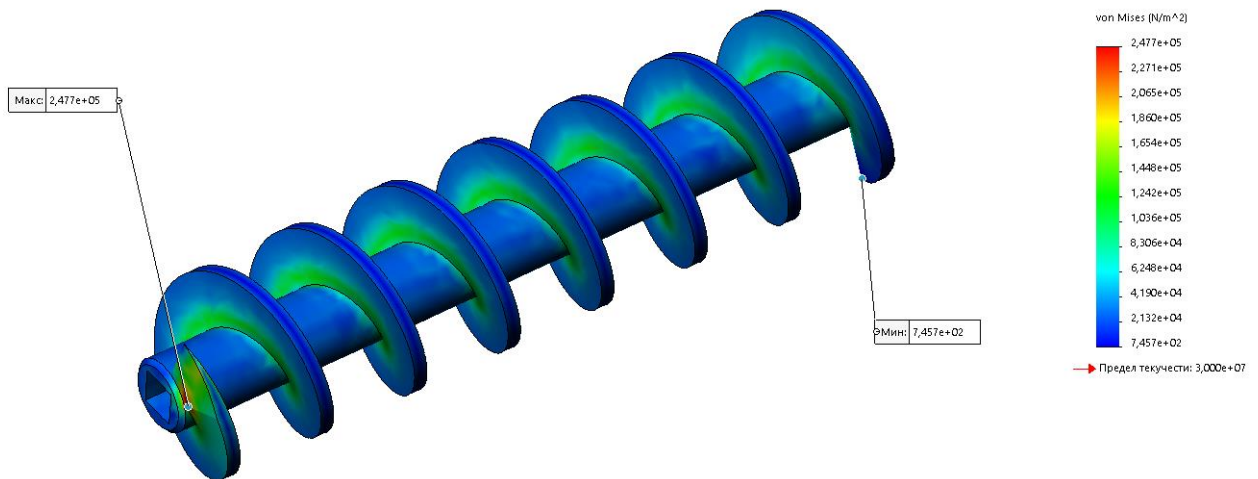


Рис. 4.20. Напруження за фон Мізесом для шнека вузла нагнітання фаршу при глибині квадратного шліца на торці 310 мм.

Имя модели: Шнек310
Название исследования: Статический 1[-По умолчанию-]
Тип элора: Статическое перемещение Перемещение1

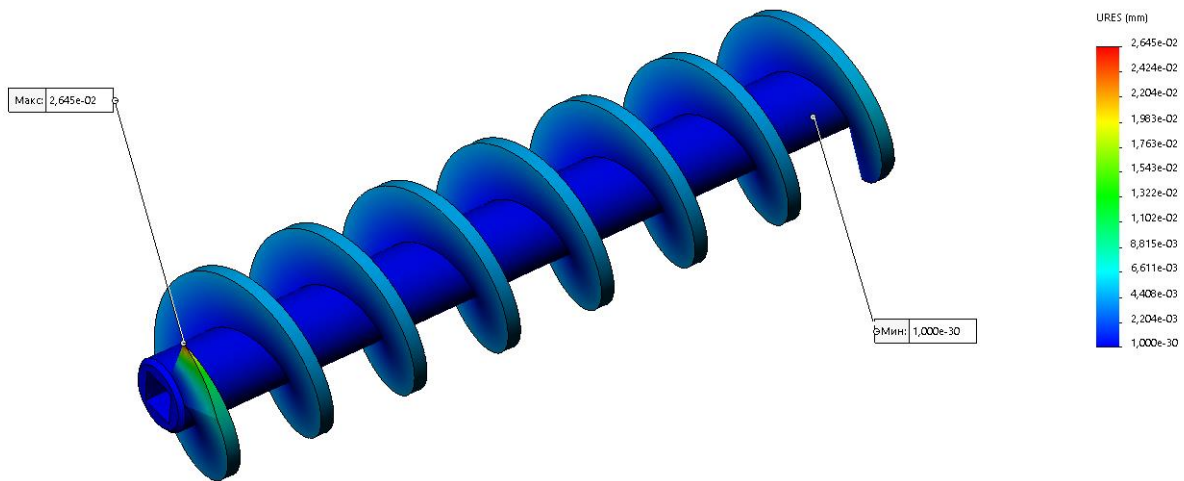


Рис 4.21. Статичне переміщення для шнека вузла нагнітання фаршу при глибині квадратного шліца на торці 310 мм.

Имя модели: Шнек310
Название исследования: Статический 1[-По умолчанию-]
Тип элора: Статическая деформация Деформация1

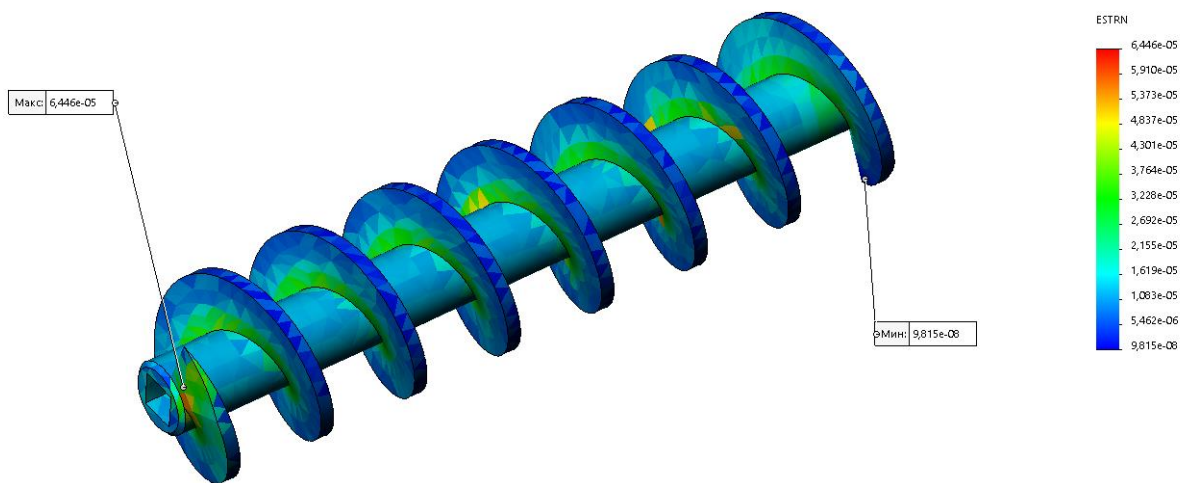


Рис 4. 22. Статична деформація для шнека вузла нагнітання фаршу при глибині квадратного шліца на торці 310 мм.

Имя модели: Шнек310
 Название исследования: Статический 11-По умолчанию-
 Тип элюары: Запас прочности Запас прочности1
 Критерий: Авто
 Распределение запаса прочности: Мин. коэффициент запаса прочности = 1,2e+02

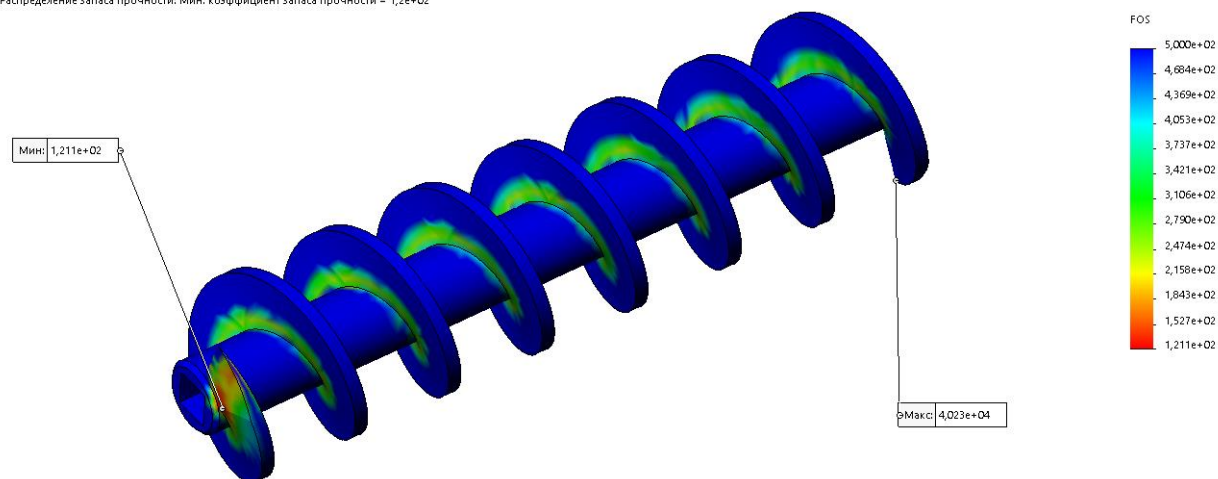


Рис. 4.23. Запас міцності (FOS) для шнека вузла нагнітання фаршу при глибині квадратного шліца на торці 310 мм.

4.3. Аналіз результатів

Дослідження шнека вузла нагнітання фаршу виконували у SolidWorks Simulation для матеріалу «ABS» і 5 варіантів глибини квадратного шліца: 50 мм, 115 мм, 180 мм, 245 мм та 310 мм.

Узагальнені результати представлено у таблиці 4.1 і на рис. 4.24 – 4.29.

Таблиця 4.1.

Результати числових досліджень для шнека вузла нагнітання фаршу при різній глибині квадратного шліца на торці

Глибина шліца	Маса, кг	Об'єм, м3	Макс. напруження за фон Мізесом, Па	URES max, мм	ESTRN, max	Міні-мальний запас міцності
50	0,443009	0,000434	1,13E+06	3,45E-01	4,77E-04	2,65E+01
115	0,42604	0,000418	8,59E+05	1,91E-01	3,65E-04	3,50E+01
180	0,409071	0,000401	5,42E+05	8,75E-02	2,58E-04	5,53E+01
245	0,392101	0,000384	3,17E+05	2,65E-02	1,48E-04	9,45E+01
310	0,375132	0,000368	2,48E+05	2,65E-02	6,45E-05	1,21E+02

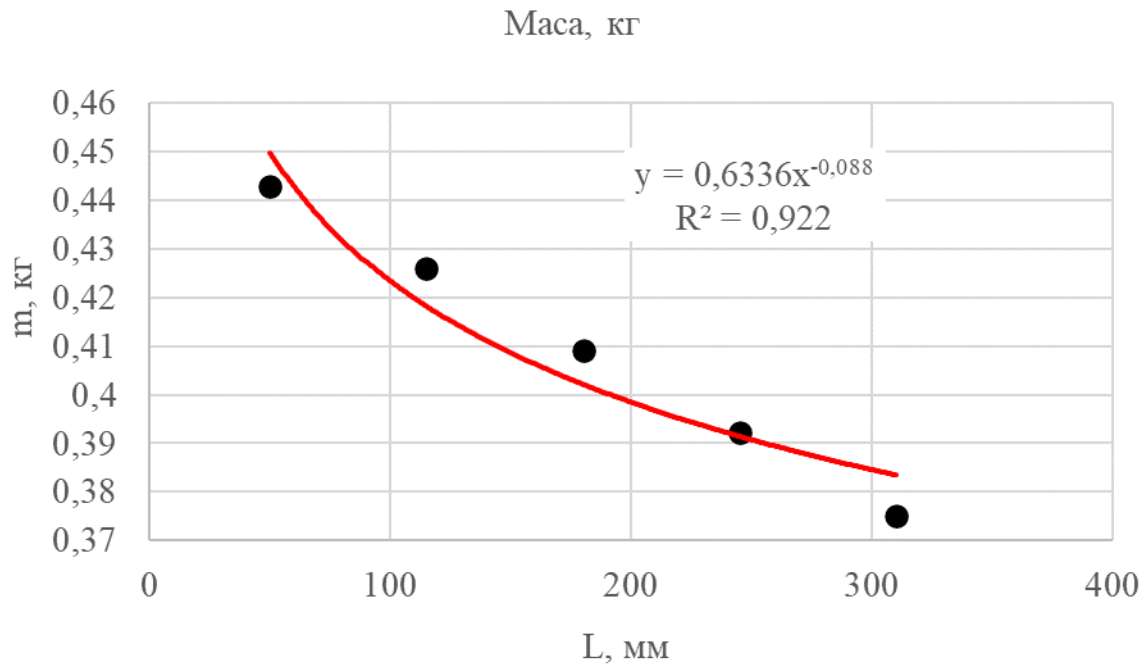


Рис. 4.24. Маса шнека вузла нагнітання фаршу при різній глибині квадратного шліца на торці

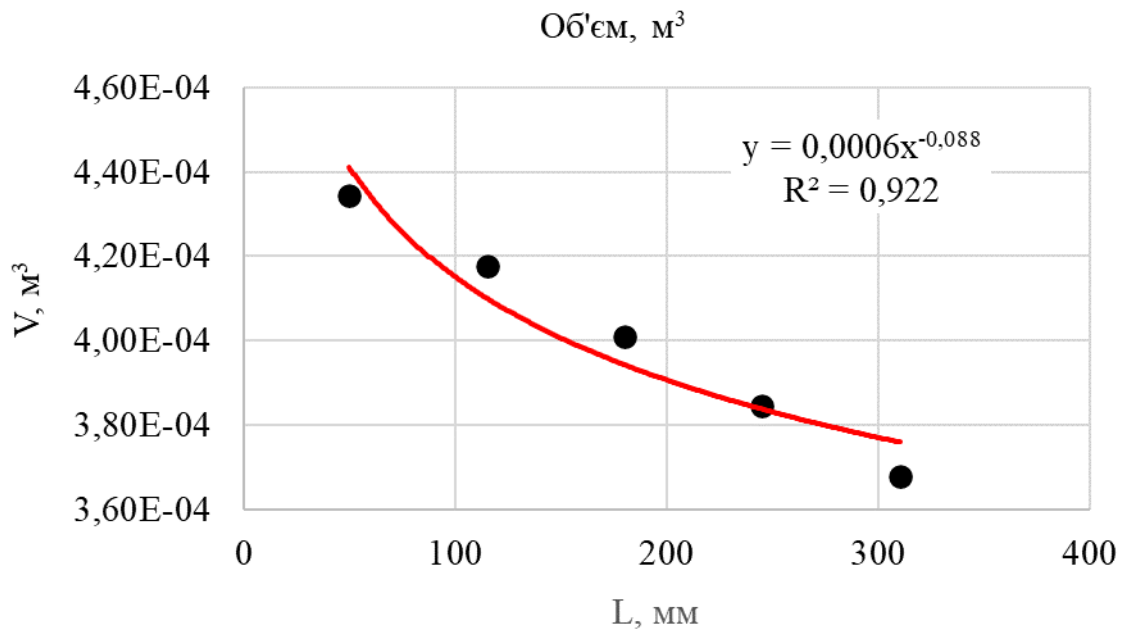


Рис. 4.25. Об'єм шнека вузла нагнітання фаршу при різній глибині квадратного шліца на торці.

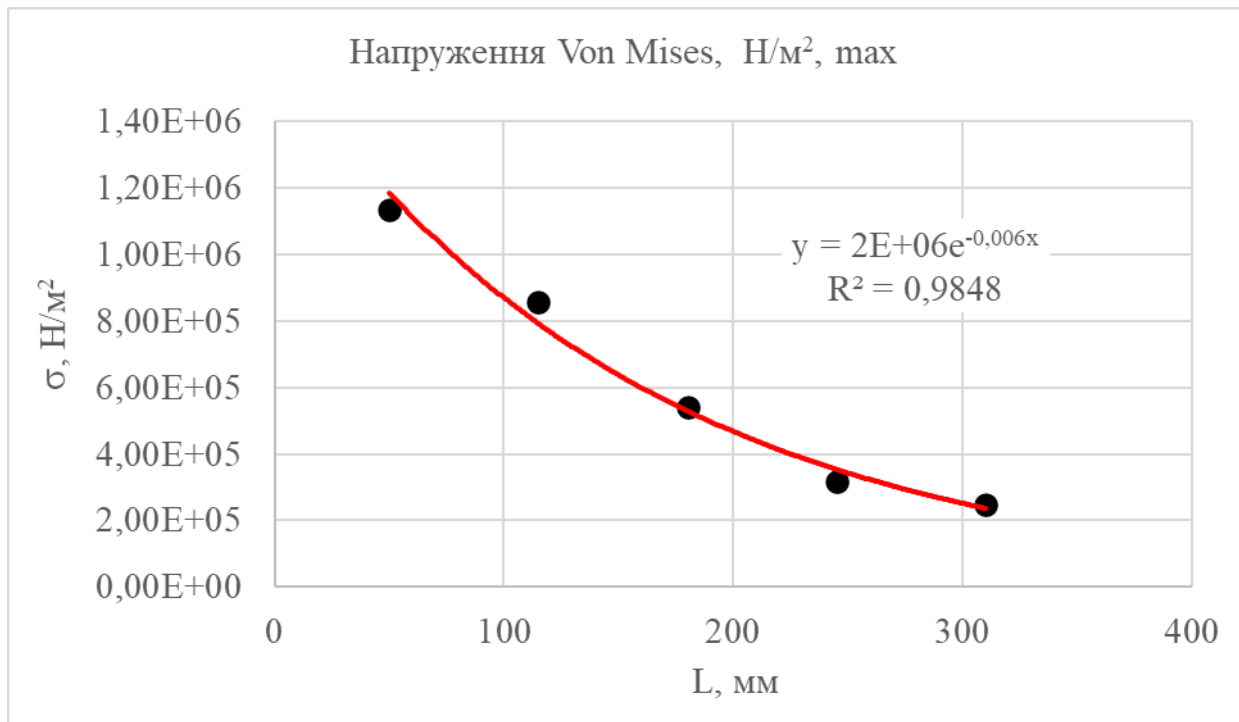


Рис. 4.26. Максимальні напруження шнека вузла нагнітання фаршу при різній глибині квадратного шліца на торці.

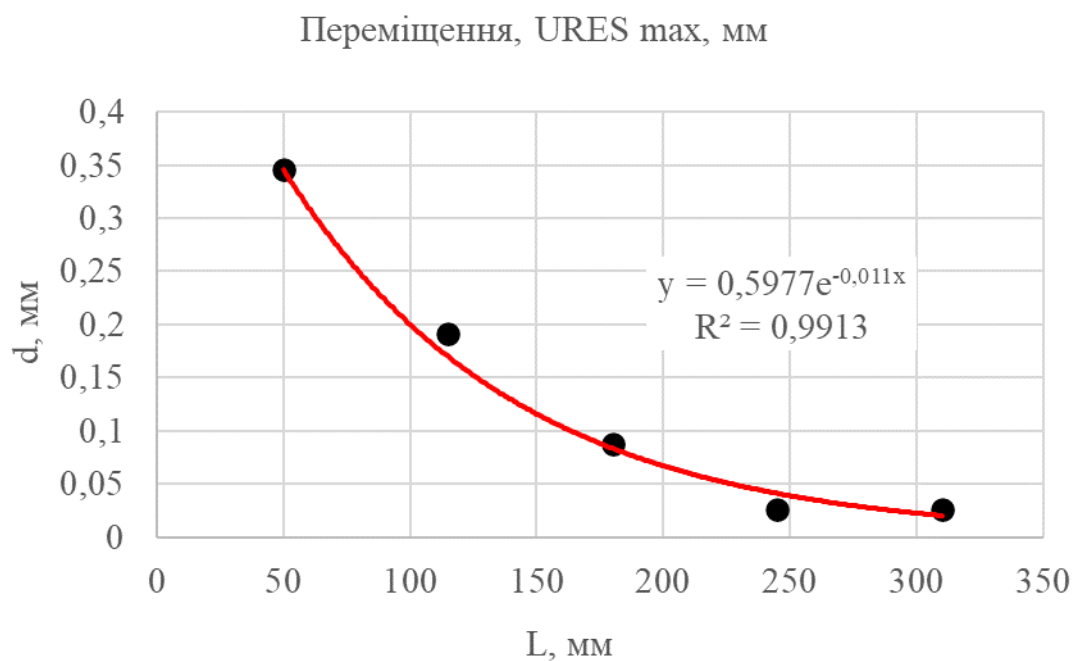


Рис. 4.32. Максимальні переміщення шнека вузла нагнітання фаршу при різній глибині квадратного шліца на торці.

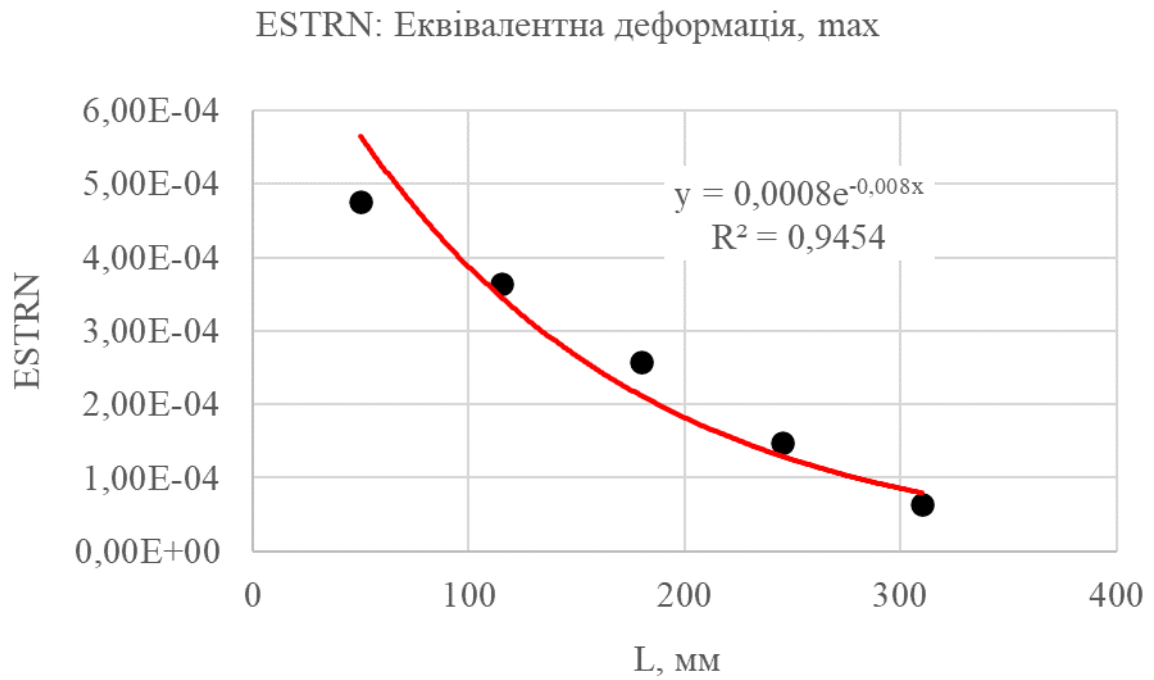


Рис. 4.33. Максимальні деформації шнека вузла нагнітання фаршу при різній глибині квадратного шліца на торці.

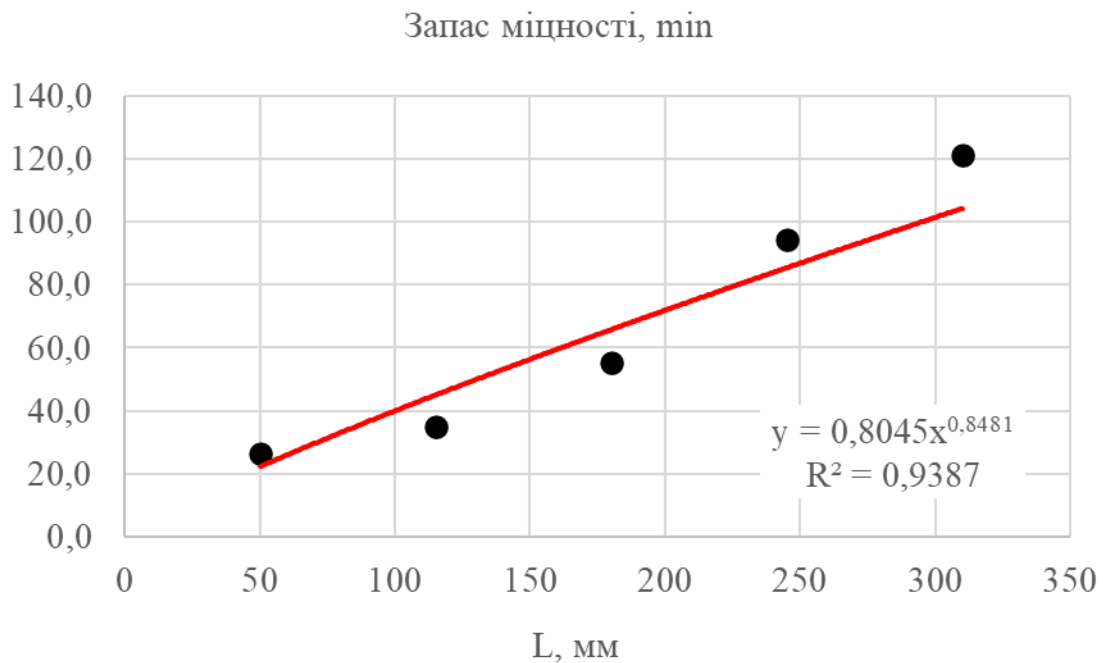


Рис. 4.34. Мінімальний запас міцності шнека вузла нагнітання фаршу при різній глибині квадратного шліца на торці.

Після проведення оброблення результатів досліджень було отримано математичні залежності.

Залежність маси шнека вузла нагнітання фаршу m від глибини квадратного шліца на торці L .

$$m = 0,6366 \cdot L^{0,088}$$

$$R^2 = 0,922$$

Залежність об'єму шнека вузла нагнітання фаршу V від глибини квадратного шліца на торці L :

$$V = 0,0006 \cdot L^{0,088}$$

$$R^2 = 922$$

Залежність максимальних напружень σ шнека вузла нагнітання фаршу від глибини квадратного шліца на торці L :

$$\sigma = 2E+06 \cdot e^{-0,006L}$$

$$R^2 = 0,9848$$

Залежність максимального переміщення $URES$ шнека вузла нагнітання фаршу від глибини квадратного шліца на торці L :

$$URES = 0,5977 \cdot e^{-0,011L}$$

$$R^2 = 0,9913$$

Залежність максимальних деформації шнека вузла нагнітання фаршу $ESTRN$ від глибини квадратного шліца на торці L :

$$ESTRN = 0,0008 \cdot e^{-0,008L}$$

$$R^2 = 0,9454$$

Залежність мінімального запасу міцності FOS шнека вузла нагнітання фаршу від глибини квадратного шліца на торці L :

$$FOS = 0,8045 \cdot L^{0,8481}$$

$$R^2 = 0,9387$$

У підсумку було встановлено, що найбільш доцільним з точки зору міцнісних параметрів буде конструкція шнеку з пластику ABS із глибиною квадратного шліца на торці 310 мм. Цей варіант також буде найдешевшим.

5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

5.1. Розроблення заходів з охорони праці і техніки безпеки

5.1.1. Заходи з охорони праці і техніки безпеки при виробництві ковбасної продукції

Виробництво ковбас забезпечується за допомогою наступного технологічного обладнання: конвейерний стіл, волчок, фаршемішалка, насос для фаршу, кутер, емульсатор, підйомники, шприц, термоагрегат, душовий пристрій.

Потенційними джерелами виникнення нештатних ситуацій при експлуатації конвейерного столу являються механічна частина (власне конвейер) та електрична частина (електродвигун приводу конвейера). Всі рухомі частини, а зокрема точки стику зі столом повинні бути надійно закритими захисними кожухами. Електричні контакти ввиду підвищеної вологості в цеху повинні бути заізолювані, а стіл і двигун – заземленими.

Волчок і кутер відносяться до високооборотного технологічного обладнання з електричним приводом. Всі рухомі елементи даних машин повинні бути закриті кожухами, а елементи електроприводу – заізолювані в точках електричних контактів і заземленими. Заземлення повинно відповідати ГОСТ 12.1.030–81 “ССБТ. Електробезпека. Захисне заземлення, занулення”. Для мінімізації і уникнення шкідливої дії вищеназваних чинників передбачається встановлення засобів шумо- і віброізоляції.

Робочі елементи фаршемішалок та емульсатора (мішалки) конструкційно розміщуються в закритому просторі тому явної небезпеки не становлять. Елементи передач приводу даних машин слід закрити захисними кожухами, а корпуси заземлити.

Вимогами з безпечної насосу для фаршу передбачається якісне складання і забезпечення точності монтажу. При складанні насосу слід старанно встановлювати ущільнюючі прокладки, кільця і манжети. Основними небезпечними для людей факторами роботи насосів є вібрації та можливість

ураження електричним струмом внаслідок надмірної вологості. Для мінімізації і уникнення шкідливої дії вищеназваних чинників передбачається встановлення віброізоляції і заземлення.

При експлуатації транспортерів і підйомників слід забезпечити відсутність фізичного контакту робітників з їх рухомими елементами, що досягається за рахунок встановлення захисних бортиків біля полотна та захисних кожухів на елементах приводу.

Термоагрегат і душовий пристрій утворюють комплекс фінішної обробки ковбас. Наявність джерел теплоти і вузла відкритої гідравлічної обробки готової продукції створює додаткову небезпеку для персоналу.

Технологічні трубопроводи повинні забезпечувати герметичність. Підтікання є недопустимим фактором, оскільки створює додаткові небезпечності для обслуговуючого персоналу (слизька підлога, підвищена вологість). Зростає імовірність падіння і отримання травм, а також ураження електричним струмом.

При експлуатації термоагрегата установки суттєву небезпеку становлять ситуації, пов'язані з тепловими опіками. Стандартами передбачається максимально допустима температура поверхонь, які є вільні для дотику, не більша від 50°C. З метою забезпечення нормальних умов праці пропонується застосовувати теплоізоляцію, яка б забезпечувала відсутність вільних умов дотику до нагрітих поверхонь. Для деяких випадків допускається застосування тканинних рукавиць (ГОСТ 12.4.020–82).

Обслуговуючий персонал піддається інтенсивному впливу електромагнітних полів (нормується ГОСТ 12.1.006-84). ГОСТ 12.1.006-84 поширюється на електромагнітні поля (ЕМП) діапазону частот 60кГц-300ГГц і встановлює припустимі рівні ЕМП на робочих місцях персоналу, що здійснює роботи з джерелами ЕМП.

Допустимі рівні впливу ЕМП варто оцінювати в діапазоні частот 60кГц-300МГц по напруженості електричної і магнітної складовий поля; у діапазоні

частот 300МГц-300ГГц - по поверхневій щільності потоку енергії (ППЕ) випромінювання т створюваної їм енергетичному навантаженню (ЕН).

Перед вмиканням шприця необхідно шляхом зовнішнього огляду переконатися в справності усіх його частин, наявності надійного заземлення. Величина опору захисного заземлення повинна бути не більше 4 Ом і підлягає перевірці не рідше одного разу на місяць.

Забороняється замикати контакти електричних блокувань при відкинутому в неробоче положення бункері і знятій конусній насадці.

Для зниження ступеня ураження електричним струмом передбачено окремий вимикач. На протязі всього терміну експлуатації шприця необхідно слідкувати за станом ізоляції на струмоведучих елементах мережі та використовуваного заземлення. Останнє діє можливість уникнути ураження електричним струмом при торканні корпусу неізольованих частин. Вибір заземлення вибирається згідно з ГОСТ 12.1.030-81.

Санобробку шприця проводити тільки при відключенні його від мережі.

При проведенні робіт із заміни змінних частин (цівки, насадки, витіснювачі), пасів електроприводу і регулювання педалі керування, механізму переключення, датчика кута повороту, механізмів блокування бункера і конусної насадки, електроживлення шприця повинне бути відключене за допомогою кнопки "МЕРЕЖА".

До роботи зі шприцом допускаються особи, які мають практичні навички в експлуатації й обслуговуванні шприця і знаючі відповідні правила мір безпеки.

У разі потреби негайно виключити шприц, необхідно натиснути на червоний грибок, що знаходиться на передній панелі над педаллю керування.

5.1.2. Санітарно-гігієнічні вимоги до експлуатації цеху ковбасних виробів

Передумовою нормального функціонування і випуску якісної продукції м'ясопереробних виробництв є наявність водопостачання, яке відповідає діючим нормам і правилам.

Підприємства повинні бути забезпечені достатньою кількістю води питної якості; розрахунок потреби у воді варто робити відповідно до "Норм технологічного проектування підприємств м'ясопереробної промисловості", і СНіП "Внутрішній водопровід і каналізація будинків".

Будова системи водопостачання підприємства повинний відповідати вимогам СНіП "Водопостачання. Зовнішні мережі і спорудження" і "Внутрішній водопровід і каналізація будинків", а також діючих Санітарних правил і норм.

У системі водопостачання варто передбачати не менш двох резервуарів чистої води для безупинного забезпечення підприємств водою в години найбільшого споживання й в аварійних ситуаціях, а також для забезпечення часу контракту при чи хлоруванні постійній швидкості потоку при знезаражуванні ультрафіолетовим випромінюванням і для зовнішнього пожежегасіння. Обмін води в резервуарах повинний здійснюватися на протязі не більш ніж 48 годин. У кожному резервуарі повинний зберігатися половинний обсяг добової потреби води на технологічні і побутові нестатки.

Освітлення виробничих приміщень повинне відповідати вимогам СНіП "Природне і штучне освітлення. Норми проектування" і "Санітарним вимогам до проектування підприємств м'ясопереробної промисловості".

У виробничих приміщеннях найбільше прийнятно природне освітлення: світловий коефіцієнт (СК) повинний бути в межах 1:6 - 1:8. У побутових приміщеннях СК повинний бути не менше бути не менш 1:10. Коефіцієнт природного освітлення (КЕО) повинний бути передбачений з урахуванням характеру праці і зорової напруги.

При недостатнім природному освітленні варто застосовувати штучне освітлення - переважно люмінесцентні лампи. У приміщеннях з важкими умовами чи праці не мають постійних робітників місць варто використовувати лампи накаливання.

Штучне освітлення повинне бути представлене загальним у всіх цехах і приміщеннях, а у виробничих при необхідності - місцевим чи комбінованим.

При проектуванні і монтажі нового устаткування треба забезпечити: основні проходи в місцях постійного перебування працюючих шириною не менше 1,5 м; проходи біля віконних прорізів, доступних з рівня підлоги, або площадки - не менше 1 м; проходи для огляду і регулювання апаратів і приладів - не менше 0,8 м; проходи для огляду трубопроводів і апаратів, які не треба регулювати - не менше 0,7 м; ширина проходів між автоматичними і механізованими лініями (по їх осях) і головних проїздів - не менше 2,4 м. Розриви між окремими машинами, верстатами, ємкостями, розміщеними в одному ряду - не менше 0,35 м.

При розміщенні стрічкових, роликкових та інших транспортерів треба передбачати проходи між стіною і однією поздовжньою стороною транспортера не менше 0,7 м, а між двома паралельно розміщеними транспортерами - не менше 0,9 м. При цьому з протилежної сторони транспортери при стрічці завширшки до 60 см можна встановлювати впритул до стіни, а при стрічці завширшки понад 60 см роблять розрив від стіни завширшки не менше 0,4 м; при наявності на транспортерах перекидних візків проходи збільшують з врахуванням виступаючої частини візка.

Обслуговуючий персонал технологічного обладнання цеху піддається інтенсивному впливу електромагнітних полів (нормується ГОСТ 12.1.006-84). ГОСТ 12.1.006-84 поширюється на електромагнітні поля (ЕМП) діапазону частот 60кГц-300ГГц і встановлює припустимі рівні ЕМП на робочих місцях персоналу, що здійснює роботи з джерелами ЕМП.

Допустимі рівні впливу ЕМП варто оцінювати в діапазоні частот 60кГц-300МГц по напруженості електричної і магнітної складовий поля; у діапазоні частот 300МГц-300ГГц - по поверхневій щільності потоку енергії (ППЕ) випромінювання т створюваної їм енергетичному навантаженню (ЕН).

Одними з найбільш поширених на переробних підприємствах небезпечних ситуацій є ситуації, пов'язані з використанням обладнання, яке має рухомі елементи (так звані механічні небезпеки). До механічних відносять небезпечності, які можуть виникнути біля любого об'єкту, здатного спричинити

травму в результаті неспровокованого контакту об'єкту або його частини з людиною. До таких небезпечних елементів в першу чергу відносяться ланцюгові та пасові передачі приводу технологічного обладнання, відкриті зубчаті передачі тощо. Ситуації, пов'язані з механічними небезпечностями нормуються ГОСТами 12.0.003–74, 12.0.002–80, 12.4.125–83 та ін.

Найбільш дієвими в такому випадку запобіжними заходами є створення умов, коли небезпечна частина не є легкодоступною (наприклад, закривається кожухом чи кришкою), а також застосування кінцевих електричних контактних датчиків, які припиняють подачу струму у випадку відкриття або демонтажу запобіжної кришки чи кожуха.

Оптимальні і допустимі температури, відносна вологість і швидкість руху повітря встановлюються для робочої зони виробничих приміщень з врахуванням надлишків наявного тепла, важливості виконуваної роботи і сезонів року. Температура, відносна вологість і швидкість руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень повинні відповідати нормам СНіП. При кондиціонуванні виробничих приміщень повинні дотримуватися оптимальні параметри мікрокліматичних умов.

5.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях

5.2.1. Оцінка можливої хімічної обстановки

Цивільна оборона України організується за територіально-виробничим принципом на всій території і являє собою сукупність структур державного управління, підприємств, організацій і спеціально створених органів керівництва та сил цивільної оборони. Заходи цивільної оборони проводяться на всій території держави, як правило, заздалегідь, з врахуванням особливостей кожного району. Цивільна оборона організується за територіально-виробничим принципом. Згідно з класифікацією надзвичайних ситуацій, затвердженою постановою Кабінету Міністрів України 15.05.1998 р. №1099 надзвичайні ситуації (НС) на території України поділяються на:

- НС техногенного;
- НС природного;
- НС соціально-політичного;
- НС воєнного характеру.

Крім того, з такою класифікацією добре узгоджується класифікація небезпечних та шкідливих виробничих факторів, встановлена ГОСТ 12.0.003-74.

У більшості випадків техногенні аварії пов'язані з неконтрольованим, мимовільним виходом у навколишнє простір речовини чи енергії. Мимовільне вивільнення енергії приводить до промислових вибухів, а речовини - до вибухів, пожежам і хімічному забрудненню навколишнього середовища.

Вибух - процес швидкого некерованого фізичного чи хімічного перетворення системи, що супроводжується переходом її потенційної енергії в механічну роботу. Механічна робота, чинена при вибуху, обусловлена швидким розширенням газів чи пари. Причиною вибухового процесу можуть лежати як фізичні так і хімічні перетворення.

Фізичний вибух найчастіше зв'язаний з неконтрольованим вивільненням потенційної енергії стиснутих газів із замкнутих обсягів машин і апаратів, сила

вибуху стиснутого чи зрідженого газу залежить від внутрішнього тиску цього резервуара.

Параметрами, по яких визначають потужність вибуху, є енергія вибуху і швидкість її виділення. Енергія вибуху визначається фізико-хімічними перетвореннями, що протікають при різних типах вибухів.

У виробничих умовах можливі наступні основні види вибухів: вільний повітряний, наземний, вибух у безпосередній близькості від об'єкта, а також вибух усередині об'єкта (виробничого спорудження).

Суттєву небезпеку становлять пожежі.

Під пожежею розуміють неконтрольований процес горіння, що супроводжується знищенням матеріальних цінностей і створює небезпеку для життя людей. Причиною виникнення пожеж на промислових об'єктах можна розділити на двох груп. Перша - це порушення протипожежного режиму чи необережне поводження з вогнем, друга - порушення пожежної безпеки при проектуванні і будівництві будинків. Пожежі можуть виникнути при вибуху в чи приміщеннях виробничих апаратах при вибоках і аварійних викидах пожежовибухонебезпечних середовищ в обсяги виробничих приміщень.

Пожежа є хімічною реакцією між горючими речовинами і киснем повітря (чи іншим видом окисного середовища). Для того щоб виникла пожежа необхідно три компоненти: паливо, кисень і первісне джерело теплоти з енергією, достатньої для початку реакції горіння.

Утворення полум'я пов'язано з газоподібним станом речовини, тому горіння рідких і твердих речовин, що супроводжується виникненням полум'я, припускає їхній попередній перехід у газоподібну фазу.

При пожежах існує кілька різних небезпечних факторів. Перший з них - це підвищені температури в зоні горіння. Вони можуть привести до теплових опіків поверхні шкіри і внутрішніх органів людей, а також викликати втрату несучої здатності будівельних конструкцій будинків і споруджень. Другим фактором є надходження в повітря робочої зони значної кількості шкідливих

продуктів згоряння, у більшості випадків, що приводить до гострих отруєнь людей.

На багатьох підприємства для технологічних цілей застосовують шкідливі, у тому числі сильнодіючі отруйні речовини (СДОР). Так, наприклад, часто застосовуються хлор і аміак. Широко застосовуються також луги, кислоти й інші агресивні і сильнодіючі речовини. При аварійних розгерметизаціях ємкостей, устаткування, зі змістом токсичних чи речовин їхнім перевезенням, пов'язані з підвищеним ризиком небезпек, тому що при виході на рудію цих речовин приводить до перевищення гранично припустимої концентрації, що може викликати людські жертви.

У залежності від термодинамічного стану рідини при збереженні в ємності, можливо три варіанти протікання процесу при розгерметизації ємності:

- при великих перегрівих рідина може цілком переходити в зважений і пароподібний стан з утворенням токсичних, шкідливих і пожежовибухонебезпечних сумішей;

- при низьких енергетичних параметрах рідини відбувається спокійний її пролив на тверду поверхню, а випар здійснюється шляхом тепловіддачі від твердої поверхні;

- проміжний режим, коли в початковий момент відбувається різке скипання рідини з утворенням мілкодисперсної фракції, а потім настає режим вільного випару з відносно низькими швидкостями.

Ряд речовин у промислових умовах зберігається і використовується при низьких температурах (криогенних температурах) у рідкому стані. Найбільше часто зустрічаються: рідкий кисень і азот, рідкий водень, гелій і т.д. Ці речовини в загальноприйнятому розумінні не можна назвати отруйними чи токсичними, але надходження їхній в атмосферу у великій кількості може викликати витиснення з її кисню, що також створить визначених розмірів небезпечну зону. Крім того деякі з цих речовин є чи окислювачами пожежовибухонебезпечними речовинами, низькі температури цих речовин можуть привести до додаткових небезпечних факторів, таким як потенційна небезпека опіків поверхні тіла і

внутрішніх органів у людей, а також до втрати несучої здатності силових елементів будинків, машин і механізмів за рахунок холодоломкості.

5.2.2. Вибір технічних засобів запобігання техногенних аварій

5.2.2.1. Засоби вибухозахисту герметичних систем

Будь-яке устаткування підвищеного тиску повинне бути укомплектовано системами вибухозахисту, що припускають:

- застосування устаткування, розрахованого на тиск вибуху;
- застосування гідрозатворів, вогнезагороджувачів, інертних чи парових завіс;
- захист апаратів від руйнування при вибуху за допомогою пристроїв аварійного скидання тиску (запобіжні мембрани і клапани, швидкодіючі засувки, зворотні клапани і т.д.).

Вибухозахист систем підвищеного тиску досягається також організаційно-технічними заходами; розробкою інструктивних матеріалів, регламентів, норм і правил ведення технологічних процесів; організацією навчання й інструктажу обслуговуючого персоналу; контролем і наглядом за дотриманням норм технологічного режиму, правил і норм техніки безпеки, промисловій санітарії і пожежній безпеці і т.п.

Трубопроводи. Для того щоб зовнішній вигляд трубопроводу вказував на властивості середовища, що транспортується, уведене їх пізнавальне (сигнальне) фарбування (ДСТ 1402-69). Наприклад: вода - зелений, повітря - синій, луку - фіолетові і т.д.

Для позначення виду небезпеки речовини, що транспортується по трубопроводу, на його поверхню додатково наносять сигнальні кільця. Їхнє число визначається ступенем небезпеки. Кільця передбачені: червоного кольору - для вибухонебезпечних; зеленого кольору - для безпечних і нейтральних речовин; жовтого кольору - для токсичних речовин, а також глибокого вакууму, високого тиску.

Усі трубопроводи після монтажу і періодично в процесі експлуатації піддаються гідравлічним іспитам на міцність при спробному тиску на 25% перевищуючому робоче, але не менш 0,2 Мпа.

Запобіжні пристрої. Кожна судина чи ємність повинна додатково бути постачений пристроєм від підвищення тиску вище припустимого. Як запобіжні пристрої застосовуються:

1) запобіжні мембрани - гранична простота їхньої конструкції характеризує їх як самі надійні з всіх існуючих засобів вибухозахисту, крім того вони практично не мають обмежень по пропускній здатності. Хоча в них є свої істотні недоліки, що після спрацьовування устаткування, що захищається, залишається відкритим, що приводить до зупинки устаткування і викиду в атмосферу вмісту апарата;

2) вибухові клапани - використання їх на технологічному устаткуванні дає можливість усунення негативних наслідків, тому що після спрацьовування і скидання необхідної кількості газу через вибуховий клапан його отвір знову закривається, забезпечуючи тим самим тривалість роботи устаткування. До їхнього недоліку варто віднести велику інерційність у порівнянні з мембранами, значну складність конструкції, а також недостатню герметичність;

3) пружинні запобіжні клапани є самими розповсюдженими в даний час засобом захисту технологічного устаткування від вибуху. Однак і вони мають ряд істотних недоліків, в основному через велику інерційність як вантажних, так і пружинних конструкцій клапанів.

5.2.2.2. Пожежний захист виробничих об'єктів

Автоматична пожежна сигналізація є важливою мірою запобігання великих пожеж, тому що час між виникнення пожежі і приїзду пожежної бригади проходить значно багато, що в більшості випадків приводить до повного охоплення полум'ям приміщення. Основна задача автоматичної пожежної сигналізації - виявлення початкової стадії пожежі, передача

повідомлення про місце і час його виникнення і при необхідності включення автоматичних систем пожежегасіння і димовидалення.

Функціонально автоматична пожежна сигналізація складається з приймально-контрольної станції, що через сигнальні лінії з'єднана з пожежними сповіщувачами. Задача сигнальних сповіщувачів є перетворення різних проявів пожежі в електричні сигнали.

Швидкість спрацьовування автоматичної пожежної сигналізації в основному визначається швидкістю спрацьовування первинних сповіщувачів. В даний час найбільш часто використовуються теплові, димові, світлові і звукові пожежні сповіщувачі.

Запобігання розвитку пожежі залежить не тільки від швидкості його виявлення, але і від вибору засобів і способів пожежегасіння.

Вибір засобів і способів пожежегасіння. Для придушення процесу горіння можна знижувати вміст пального компонента, окислювача (кисню повітря), знижувати температуру чи процесу збільшити енергію активації реакції горіння. Відповідно до цього в даний час при гасінні пожеж використовують один з наступних основних способів:

- ізоляцію вогнища горіння від чи повітря зниження шляхом розведення повітря непальними газами, концентрації кисню в повітрі до значення, при якому не може відбуватися процес горіння;

- охолодження вогнища горіння нижче визначених температур (температур самозапалювання, запалення і спалахи палих речовин і матеріалів);

- інтенсивне інгібування (гальмування) швидкість хімічної реакції окислювання;

- механічний зрив полум'я в результаті впливу на нього сильного струменя чи газу рідини;

- створення умов вогнезагородження, при яких полум'я змушене поширюватися через вузькі канали.

Для реалізації перерахованих способів гасіння пожеж використовують різні вогнегасячі речовини. До них відносяться в першу чергу вода найдешевший і доступний матеріал, пісок, пожежні щити з устаткуванням, вогнегасники є одним з найбільш ефективних первинних засобів пожежегасіння, інертні розріджувачі застосовуються для об'ємного гасіння, останнім часом для гасіння пожеж усе більш широко застосовують вогнегасячі порошки.

Багато хто вогнегасячі речовини, застосовувані в автоматичних системах пожежегасіння, ушкоджують технологічні установки. Тому вибір типу вогнегасячої речовини повинний визначатися не тільки швидкістю і якістю гасіння пожежі, але і необхідністю забезпечити мінімальне сумарне ушкодження, що може бути заподіяно будинку й устаткуванню.

Висновки. Для уникнення і мінімізації важких наслідків надзвичайних ситуацій надзвичайно важливим є забезпечення заходів з інженерного захисту від можливих негативних чинників.

Висновки

У кваліфікаційній роботі для шнека вузла нагнітання фаршу універсального шприца-наповнювача U-159 Ideal запропоноване технічне рішення на базі пластику ABS із металевим осердям прямокутної форми, які досить просто виготовити із застосуванням аддитивних технологій і за потреби легко вносити зміни до геометричних параметрів шнеків, сформувавши набір шнеків для різних видів сировини.

Дослідження виконували у SolidWorks для 5 варіантів шнека, які відрізняються глибиною заглиблення: 50 мм, 115 мм, 180 мм, 245 мм та 310 мм.

Досліджували вплив глибини квадратного шліца на торці шнека на величину напружень за фон Мізесом, величину статичних переміщень, залишкових деформацій, та запасу міцності.

У підсумку було встановлено, що найбільш доцільним з точки зору міцнісних параметрів буде конструкція шнеку з пластику ABS із глибиною квадратного шліца на торці 310 мм. Цей варіант також буде найдешевшим.

Також у кваліфікаційній роботі магістра розглянуто питання щодо охорони праці та заходи із безпеки у надзвичайних ситуаціях.

Запропоновані у роботі науково-технічні рішення є актуальними та дозволять оперативніше виконувати завдання з ремонту та модернізації шприца-наповнювача U-159 Ideal.

Перелік посилань

1. Височанська Р. П. Технологічне обладнання цехів по переробці продукції тваринництва. - К.: НМЦ, 2006.
2. Дацишин О. В. Машина та обладнання переробних підприємств. - К.: Вища освіта, 2005.
3. Клименко М. М., Віннікова Л. Г., Береза І. Г. Технологія м'яса та м'ясних продуктів. - К.: Вища освіта, 2006.
4. Якубовський О. В., Натуркач Р. Я., Гордецька М. Л. Механізація переробки і зберігання сільськогосподарської продукції. - К.: Аграрна освіта. 2008.
5. Натуркач Р.Я., Коваль А.В., Барановський Г.С., Гавриловський В.П. Механізація переробки і зберігання сільськогосподарської продукції. Методичні рекомендації та навчальні завдання. - НМЦ. 2004.
6. Механічні процеси і обладнання переробного та харчового виробництва: Навч. посіб. для студ. вищ. техн. та агр. навч. закл. Ч. 1 / П. С. Берник, З. А. Стоцько, І. П. Паламарчук, В. В. Яськов, І. А. Зозуляк; Нац. ун-т «Львів. політехніка». — Л., 2004. — 335 с.
7. Закалов О.В. Технологічне обладнання харчових виробництв. –Тернопіль: ТДТУ, 2000. – 406 с.
8. Прунько І. В. Аналіз процесу наповнення фаршем ковбасних виробів нагнітачами // Збірник тез доповідей XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 6-7 грудня 2023 року. — Т. : ТНТУ, 2023. — С. 280.
9. Оптимізація машин і конструкцій за показниками надійності і довговічності / І. Прунько, М. Тримбашевський // Збірник тез доповідей VI Міжнародної студентської науково - технічної конференції "Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання", 27-28 квітня 2023 року. — Т. : ТНТУ, 2023. — С.335.
10. Іван Прунько, Віктор Ворощук. Комп'ютерне моделювання в завданнях конструювання та зворотного інжинірингу // Матеріали 89 Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів "Наукові

- здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті", 3-7 квітня 2023 р. К., НУХТ, 2023. Ч.2. С.23.
- 11.Кіркач Н.Ф., Баласанян Р.А. Розрахунки і проектування деталей машини. - Харків. Основа, 1991.- 275с.
- 12.Поперечний А.М. Процеси та апарати харчових виробництв / Поперечний А.М., Черевко О.І., Гаркуша В.Б.,Кирпиченко Н.В.-К.:ЦУЛ,2007.-304с.
- 13.Ворошук В.Я., Вітенько Т.М. «Інжинирінг та 3D моделювання в середовищі SolidWorks». Навчальний посібник. 2023. – 164 с.
- 14.Ворошук В.Я. Інноваційні методи отримання знань інженерними кадрами : Міжнародна науково-методична конференція до 50-річчя кафедри устаткування харчової і готельної індустрії ім. М.І. Беляєва, 23–24 травня 2019 р, С. 38-39.
- 15.Ростислав Баран, Віктор Ворошук. Системи 3D моделювання при вирішенні завдань конструювання та інжинірингу обладнання // Матеріали 89 Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів "Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті", 3-7 квітня 2023 р. К., НУХТ, 2023. Ч.2. С.20.
- 16.Грибан В.Г., Негодченко О.В. Охорона праці: Навчальний посібник. – К.: Центр учбової літератури, 2009. – 280 с.
- 17.Пожарова О. В. Охорона праці : навчальний посібник / О. В. Пожарова. - Одеса, 2022. - 86 с.
- 18.Стручок В.С. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / В.С.Стручок. — Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. — 156 с.
- 19.Русаловський А.В., Вендичанський В.Н. Цивільний захист: Навч. Посібн./За наук. ред. Запорожця О.І., – К.: АМУ, 2008. – 250 с.

Дотаток А

Міністерство освіти і науки України,
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя
Маріборський університет (Словенія)
Технічний університет в Кошице (Словаччина)
Каунаський технологічний університет (Литва)
Львівський національний університет
імені Івана Франка,
Гірничо-металургійна академія ім. Станіслава Сташиця (Польща)
Луцький національний технічний університет,
Чернівецький національний університет
імені Юрія Федьковича,
Вроцлавський економічний університет (Польща)
Університет технологій та економіки
імені Хелени Ходковської (Польща)
Донбаська державна машинобудівна академія



*Студентське наукове
товариство*



VI МІЖНАРОДНА

студентська науково - технічна конференція

"ПРИРОДНИЧІ ТА ГУМАНІТАРНІ НАУКИ.

АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ"

27-28 квітня 2023 р.

(збірник тез конференції)

Тернопіль 2023

УДК 621.8

Прунько І. – ст. гр. МОМ-51, Тримбашевський М. – ст. гр. МОМ-51
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ОПТИМІЗАЦІЯ МАШИН І КОНСТРУКЦІЙ ЗА ПОКАЗНИКАМИ НАДІЙНОСТІ І ДОВГОВІЧНОСТІ

Науковий керівник: к.т.н. Ворошчук В.Я.

Prunko I., Trymbashevskiy M.
Ternopil Ivan Puluj National Technical University

RELIABILITY AND DURABILITY INDICATORS IN THE MACHINES AND STRUCTURES OPTIMIZATION

Supervisor: Voroshchuk V.

Ключові слова: надійність, довговічність, машина, оптимізація
Keywords: reliability, durability, machine, optimization

При виборі конструктивних рішень для елементів машин, особливу увагу звертають на характеристики напружено-деформованих станів міцності. Для цього використовуються різні методи та технології, зокрема теоретичні розрахунки, стендові випробування різних варіантів конструктивних рішень, а також вивчення досвіду експлуатації. Методологія оптимального конструювання включає оптимізацію вихідних даних, фізичних процесів та робочих навантажень, машинне конструювання, порівняльний аналіз показників якості та сертифікаційні та діагностичні випробування.

Оптимізація вихідних даних включає встановлення граничних умов та параметрів середовища, в яких має експлуатуватися машина. Оптимізація фізичних процесів та робочих навантажень полягає у визначенні оптимальних режимів роботи машини та розробці відповідної конструкції. Машинне конструювання включає в себе обробку форм та розмірів конструкції, міцності, вимог до матеріалів, технології виготовлення та інші важливі параметри. Порівняльний аналіз всіх видів показників якості проектованої машини та показників найбільш досконалих машин конкуруючих фірм допомагає визначити оптимальне рішення. Важливу роль при цьому відіграють сертифікаційні та діагностичні випробування.

Найбільша складність на етапі проектування машино-конструкцій полягає в оптимізації фізичних процесів, особливо при створенні нових моделей. Недостатня кількість вихідних даних і обмежений ресурс часу ускладнюють процес проектування. Щоб знайти найоптимальніший варіант конструкції, застосовують методи математичного моделювання, які дозволяють прорахувати вартість виготовлення для кожного варіанту. Оптимальна конструкція повинна ефективно виконувати задані функції, мати мінімальну собівартість виготовлення при даному обсязі виробництва та забезпечувати при високій надійності протягом встановленого ресурсу максимальну економічну ефективність використання.

Оптимальність конструкції можна визначити лише при системному підході до оцінки надійності та ефективності проектованої машини та при забезпеченні високого рівня її експлуатації. Реалізація комплексного підходу до надійності і довговічності машин і конструкцій дозволяє суттєво покращити і здешевити експлуатацію готових технічних рішень.

ПІДПРИЄМСТВАХ АВТОТРАНСПОРТУ	
Бачуріна А., Мартинчук М СУЧАСНІ ТРЕНДИ В ЗАКЛАДАХ РЕСТОРАННОГО ГОСПОДАРСТВА	321
Костецький В. АНАЛІЗ ЗРЛ НАПРЯМКУ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ БІЗНЕС ПРОЦЕСІВ В ЛОГІСТИЧНОМУ БІЗНЕСІ	322
Мазуркевич В. ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ РАДОМИШЛЬСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ	325
Поливода А. СТИЛІ МЕРЕЖЕВОГО СПІЛКУВАННЯ	327
Шведа Т. СУТНІСТЬ ОПЕРАЦІЙНОЇ СТРАТЕГІЇ ПІДПРИЄМСТВА	329
Береговий Р. БУДОВА І ВЛАСТИВОСТІ БІЛКІВ СИРОВАТКИ МОЛОКА	331
Лаврентій О. ГРАФІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ КРИСТАЛІЧНОЇ СТРУКТУРИ КООРДИНАЦІЙНИХ ЦІАНІДІВ ВОЛЬФРАМУ (IV) ЗАГАЛЬНОГО СКЛАДУ $Kat_3[WO_2(CN)_3H_2O] \cdot 3H_2O$ (Kat=Li⁺, Na⁺, K⁺, Cs⁺)	332
Лучанко Р. НОВИЙ ПІДХІД ДО РОЗРОБКИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ РЕЛАКСАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ БІОЛОГІЧНОГО ЗВОРОТНОГО ЗВ'ЯЗКУ	333
Вільський М., Корнійчук А. УПРАВЛІННЯ ЖИТТЄВИМ ЦИКЛОМ ВИРОБУ	334
Прунько І., Тримбашевський М. ОПТИМІЗАЦІЯ МАШИН І КОНСТРУКЦІЙ ЗА ПОКАЗНИКАМИ НАДІЙНОСТІ І ДОВГОВІЧНОСТІ	335
Мацєга Р., Шпікула М. МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ГІБРИДНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ У ХАРЧОВОМУ МАШИНОБУДУВАННІ	336
Сукач А., Кобельник Р. ВПЛИВ МІЦНОСТІ СВЕРДЛА НА ПОЗДОВЖНІЙ ЗГИН ДЛЯ ОБГРУНТУВАННЯ ВЕЛИЧИНИ ПОДАЧІ ПРИ СВЕРДЛІННІ	337
Сафонов Д. ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ МІЖ МЕХАНІЧНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ ТА МЕХАНІЗМОМ РУЙНУВАННЯ КЕРМЕТІВ НА ОСНОВІ TiC-Ni-Cr	339
Солярчик М., Кузьмук В. РЕГУЛЮВАННЯ ПОДАЧІ В ПРОЦЕСІ СВЕРДЛІННЯ НАСКРІЗНИХ ОТВОРІВ	340

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)
Університет імені П'єра і Марії Кюрі (Франція)
Маріборський університет (Словенія)
Технічний університет у Кошице (Словаччина)
Вільнюський технічний університет ім. Гедимінаса (Литва)
Міжнародний університет цивільної авіації (Марокко)
Наукове товариство ім. Т.Шевченка

АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Збірник
тез доповідей

**ХІІ Міжнародної науково-практичної
конференції молодих учених та студентів**
6-7 грудня 2023 року



УКРАЇНА
ТЕРНОПІЛЬ – 2023

УДК 637.52

І. В. Прунько

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ НАПОВНЕННЯ ФАРШЕМ КОВБАСНИХ ВИРОБІВ НАГНІТАЧАМИ

I. V. Prunko

ANALYSIS OF THE PROCESS OF FILLING SAUSAGES WITH MINCED MEAT USING STUFFERS

Наповнення ковбасної оболонки фаршем є одним з найважливіших етапів виробництва ковбасних виробів. Від якості цього процесу залежить зовнішній вигляд, консистенція та смакові якості готового продукту.

Процес наповнення ковбасної оболонки фаршем складається з наступних етапів:

1. Підготовка фаршу. Фарш повинен бути однорідним, без грудок та бульбашок повітря. Для цього його перемішують, подрібнюють і додають розсіл, спеції та інші добавки згідно рецептури.

2. Підготовка оболонки. Оболонка повинна бути чистою, сухою та без пошкоджень. У випадку натурального походження її промивають, дезінфікують та висушують.

3. Наповнення оболонки фаршем. Фарш нагнітається в оболонку за допомогою спеціального обладнання - нагнітача. Нагнітач може бути поршневым, роторним або шнековим.

4. Формування ковбасного виробу. Після нагнітання фаршу в оболонку ковбасний виріб формується. Формування може бути ручним або автоматичним. Ручне формування здійснюється за допомогою спеціальних пристосувань, таких як штуцери та насадки. Автоматичне формування здійснюється за допомогою спеціального обладнання - формувальної машини.

Якість наповнення ковбасної оболонки фаршем має важливий вплив на якість ковбасних виробів. Від якості наповнення залежить:

- Однорідність розподілу фаршу в оболонці. Однорідний розподіл фаршу забезпечує рівномірну структуру та смакові якості готового продукту.
- Форма ковбасного виробу. Правильна форма ковбасного виробу забезпечує його привабливий зовнішній вигляд.

- Герметичність оболонки. Герметичність оболонки забезпечує збереження якості ковбасного виробу під час зберігання та транспортування.

Важливу роль у процесі наповнення ковбасних виробів займає вакуумування фаршу в процесі нагнітання. При цьому досягається наступне.

Відсутність бульбашок повітря. Бульбашки повітря в фарші можуть привести до порушення його структури, а також до появи неприємного смаку та запаху готового продукту. Вакуумування дозволяє видалити бульбашки повітря з фаршу, забезпечуючи його однорідність та високі смакові якості.

Однорідність розподілу фаршу в оболонці. Вакуумування сприяє рівномірному розподілу фаршу в оболонці, запобігаючи утворенню пустот. Це забезпечує привабливий зовнішній вигляд та рівномірну структуру готового продукту.

Збереження смаку та аромату фаршу. Вакуумування сприяє збереженню смаку та аромату фаршу, оскільки запобігає контакту фаршу з повітрям. Це забезпечує високі смакові якості готового продукту.

Збільшення терміну зберігання продукту. Вакуумування сприяє збільшенню терміну зберігання продукту, оскільки запобігає проникненню повітря та мікроорганізмів всередину ковбасного виробу.

Вакуумування при наповненні ковбасної оболонки фаршем у промисловості є ефективним методом, який дозволяє поліпшити якість ковбасних виробів та підвищити їх конкурентоспроможність.

Література

1. Кравченко Р. Оцінка надійності обладнання харчової промисловості / Кравченко Р., Фік М., Ворошук В. Я. // Матеріали V Міжнародної студентської науково-технічної конференції «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання», 28-29 квітня 2022 р. — Т. : ТНТУ, 2022. — С. 94. — (Механічна інженерія).

41. **А. М. Колівошко, Д. Ю. Соловко, Я. О. Філюк** 262
ЕЛЕКТРИЧНА МЕРЕЖА З РОЗПОДІЛЕНИМИ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИМИ
ДЖЕРЕЛАМИ ЕНЕРГІЇ
42. **О. М. Вілібніцький, Є. В. Тиш** 263
ІННОВАЦІЙНІ РІШЕННЯ В ОБЛАСТІ АДАПТИВНОГО КОНТРОЛЮ
ОСВІТЛЕННЯМ
43. **І. М. Дулик, О. О. Іваніга, О. Я. Чайковський, Я. М. Осадца** 264
АНАЛІЗ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО
СВІТЛОТЕХНІЧНОГО РОЗРАХУНКУ СИСТЕМ ОСВІТЛЕННЯ
44. **І. І. Станчев, І. В. Ковалишин, Р. Б. Кріль, Я. М. Осадца** 265
ОСОБЛИВОСТІ СВІТЛОТЕХНІЧНОГО РОЗРАХУНКУ СИСТЕМ
ОСВІТЛЕННЯ ПАРКОВИХ АЛЕЙ
45. **В. П. Волоський, А. М. Паламар** 266
АНАЛІЗ МЕТОДІВ БАЛАНСУВАННЯ АКУМУЛЯТОРІВ У СУЧАСНИХ
ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМАХ

**СЕКЦІЯ: ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ХАРЧОВИХ, БІО- ТА
НАНОТЕХНОЛОГІЙ**

1. **О. В. Адамішин, Г. В. Карпик** 267
ХАРЧОВА ЦІННІСТЬ БУЛОЧКИ ЗІ ЗМІНЕНИМ СКЛАДОМ ЖИРІВ
2. **А. В. Чернега, Г. В. Карпик** 268
ПЕРСПЕКТИВНИЙ НАПРЯМОК ВИКОРИСТАННЯ ГОРІХІВ ЯК
КОМПОНЕНТУ ЗДОРОВОГО ХАРЧУВАННЯ
3. **В. В. Дорожко** 269
АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РИБНИХ
СНЕКІВ
4. **А. С. Пахомова, В. С. Картель** 271
ВЕГЕТАРІАНСЬКІ ТА ВЕГАНСЬКІ ОПЦІЇ В ЗАКЛАДАХ
РЕСТОРАННОГО ГОСПОДАРСТВА - РОЗШИРЕННЯ АСОРТИМЕНТУ
5. **Д. Вітенько, Н. Зварич** 273
ГІДРОДИНАМІЧНА КАВІТАЦІЯ В МАСООБМІННИХ ПРОЦЕСАХ.
АНАЛІЗ ПАРОГАЗОВОЇ ФАЗИ
6. **В. В. Мартинюк, О. Б. Столяр, Н. І. Хомик** 275
АКУМУЛЯТИВНА ЗДАТНІСТЬ ДВОСТУЛКОВОГО МОЛЮСКА ЗА
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ВПЛИВУ
7. **Р. О. Баран** 276
КАВІТАЦІЙНІ ЯВИЩА
8. **Р. В. Паперняк, М. М. Шинкарик** 277
УДОСКОНАЛЕННЯ ВИРОБНИЦТВА МАСЛА У
МАСЛОВИГОТОВЛЮВАЧАХ
9. **А. В. Корнійчук** 278
ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ МОЛОТКОВИХ ДРОБАРІВ
10. **А.-І. М. Голояд** 279
ЗАСТОСУВАННЯ СОЛОДОВЕНЬ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ СПИРТУ
11. **І. В. Прунько** 280
АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ НАПОВНЕННЯ ФАРШЕМ КОВБАСНИХ ВИРОБІВ
НАГНІТАЧАМИ