

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)
Кафедра обладнання харчових технологій
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Удосконалення конструкції нагнітаючого вузла машини
формування заготовок печива продуктивністю 80 кг/год

Виконав: здобувач вищої освіти 6 курсу, групи МОм-61
спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Шиян В.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Пилипець О.М.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Ворощук В.Я.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Вітенько Т.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2024

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)
« 11 » листопада 2024 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування»
(шифр і назва спеціальності)

здобувачу вищої освіти Шияну Вадиму Олександровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення конструкції нагнітаючого вузла машини формування заготовок печива продуктивністю 80 кг/год

Керівник роботи Пилипець Оксана Михайлівна, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 8 » листопада 2024 року № 4/7-1067.

2. Термін подання завершеної роботи 20 грудня 2024 року

3. Вихідні дані до роботи Технічний паспорт та інструкції з експлуатації, монтажу та технічного обслуговування і ремонту машини формування заготовок печива продуктивністю 80 кг/год

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

Анотація. Вступ. 1. Аналіз сучасного стану обладнання для формування заготовок печива, вибір та обґрунтування напрямків дослідження. 2. Підбір засобів, методів та методик досліджень. 3. Заходи з модернізації машини формування заготовок печива продуктивністю 80 кг/год. 4. Моделювання і дослідження насадок валків нагнітаючого вузла машини формування заготовок печива продуктивністю 80 кг/год. 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 5.1. Розроблення заходів з охорони праці і техніки безпеки. 5.2. Безпека у надзвичайних ситуаціях. Висновки

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

Машина формування заготовок печива продуктивністю 80 кг/год (1,5 л.ф.А1)

Механізм опускання стола машини формування заготовок печива продуктивністю 80 кг/год (1 л.ф.А1)

Нагнітальний пристрій машини формування заготовок печива продуктивністю 80 кг/год (1 л.ф.А1)

Дослідження насадки валка (діаметр наскрізного отвору 17 мм і паз під шпонку 5х5 мм, момент 15 Нм) нагнітаючого вузла машини формування заготовок печива (1 л.ф.А1)

Дослідження насадки валка (діаметр наскрізного отвору 20 мм і паз під шпонку 6х6 мм, момент 15 Нм) нагнітаючого вузла машини формування заготовок печива (1 л.ф.А1)

Дослідження насадки валка (діаметр наскрізного отвору 22 мм і паз під шпонку 7х8 мм, момент 15 Нм) нагнітаючого вузла машини формування заготовок печива (1 л.ф.А1)

Дослідження насадки валка (діаметр наскрізного отвору 20 мм, 2 пази під шпонку 6х6 мм, момент 15 Нм) нагнітаючого вузла машини формування заготовок печива

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>Ворожук В.Я. – к.т.н., доц.</i>		

7. Дата видачі завдання 11 листопада 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Анотація		
2	Вступ		
3	1. Аналіз сучасного стану обладнання для формування заготовок печива, вибір та обґрунтування напрямків дослідження		
4	2. Підбір засобів, методів та методик досліджень		
5	3. Заходи з модернізації машини формування заготовок печива продуктивністю 80 кг/год		
6	4. Моделювання і дослідження насадок валків нагнітаючого вузла машини формування заготовок печива продуктивністю 80 кг/год		
7	5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.		
8	5.1. Розроблення заходів з охорони праці і техніки безпеки		
9	5.2. Безпека у надзвичайних ситуаціях		
10	Висновки		
11	Графічна частина		
12	Машина формування заготовок печива продуктивністю 80 кг/год		
13	Механізм опускання стола машини формування заготовок печива продуктивністю 80 кг/год		
14	Нагнітальний пристрій машини формування заготовок печива продуктивністю 80 кг/год		
15	Дослідження насадки валка (діаметр наскрізного отвору 17 мм і паз під шпонку 5x5 мм, момент 15 Нм) нагнітаючого вузла машини формування заготовок печива		
16	Дослідження насадки валка (діаметр наскрізного отвору 20 мм і паз під шпонку 6x6 мм, момент 15 Нм) нагнітаючого вузла машини формування заготовок печива		
17	Дослідження насадки валка (діаметр наскрізного отвору 22 мм і паз під шпонку 7x8 мм, момент 15 Нм) нагнітаючого вузла машини формування заготовок печива		
18	Дослідження насадки валка (діаметр наскрізного отвору 20 мм, 2 пази під шпонку 6x6 мм, момент 15 Нм) нагнітаючого вузла машини формування заготовок печива		

Здобувач вищої освіти

(підпис)

Шиян В.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Пилипець О.М.

(прізвище та ініціали)

Анотація

Автор кваліфікаційної роботи – Шиян Вадим Олександрович

Тема кваліфікаційної роботи: Удосконалення конструкції нагнітаючого вузла машини формування заготовок печива продуктивністю 80 кг/год.

Кваліфікаційна робота виконана у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя в 2024 році

Структура кваліфікаційної роботи складається із розрахунково пояснювальної записки об'ємом 81 сторінки (35 рисунків) та графічної частини обсягом 7,5 листів А1.

У даній кваліфікаційній роботі запропоновано заходи щодо удосконалення конструкції нагнітаючого вузла машини формування заготовок печива продуктивністю 80 кг/год. При цьому виконано наступні завдання:

аналіз наявного на ринку обладнання для формування печива і пряників;
кінематичний і конструктивний розрахунок машини формування заготовок печива продуктивністю 80 кг/год;

вибір рішення щодо насадок валків нагнітаючого вузла;

дослідження 3d моделей насадок валків нагнітаючого вузла;

аналіз отриманих результатів щодо напружено-деформованого пропонуваного валків.

вирішення окремих питань охорони праці та окремих питань безпеки у надзвичайних ситуаціях

Ключові слова: печиво, тісто, нагнітання, валок, удосконалення.

Abstract

Vadym Shyian. Optimization of the compression unit design in a cookie dough shaping machine with a productivity of 80 kg/h. 133 “Industrial Machinery Engineering” – Ternopil Ivan Puluj National Technical University.-Ternopil, 2024.

The structure of the qualification work consists of a 81-page explanatory text (35 figures) and a graphic part of 7,5 A1 sheets.

In this qualification work, measures are proposed to improve the design of the blower unit of a biscuit moulding machine with a capacity of 80 kg/h. The following tasks were performed:

- analysis of the equipment available on the market for forming biscuits and gingerbread;

- kinematic and structural calculation of a machine for forming biscuit pieces with a capacity of 80 kg/h;

- selection of a solution for the roll nozzles of the blower unit;

- study of 3d models of roll nozzles of the blower unit;

- analysis of the results obtained on the stress-strain behaviour of the proposed rolls.

- solution of certain issues of labour protection and certain issues of safety in emergency situations

Keywords: biscuits, dough, injection, roll, improvement.

Зміст

Анотація	4
Abstract	5
Зміст	6
Вступ.....	8
1. Аналіз сучасного стану обладнання для формування заготовок печива, вибір та обґрунтування напрямків дослідження	10
1.1 Огляд сучасного обладнання для формування заготовок печива	10
1.2. Аналіз та короткий опис машини формування заготовок печива продуктивністю 80 кг/год.....	25
1.3. Мета та задачі, які виконуються у кваліфікаційній роботі.....	26
2. Підбір засобів, методів та методик досліджень	27
2.1 Обґрунтування програмного забезпечення для досліджень.....	27
2.2. Застосування SolidWorks Simulation у дослідженнях в роботі.....	29
3. Заходи з модернізації машини формування заготовок печива продуктивністю 80 кг/год.....	33
3.1. Опис конструкції і принципу роботи машини формування заготовок печива продуктивністю 80 кг/год	33
3.2. Заходи з модернізації машини формування заготовок печива продуктивністю 80 КГ/ГОД	34
3.3. Технологічний розрахунок машини формування заготовок печива	35
3.4. Розрахунок частоти спрацьовування механізму різання	37
3.5. Розрахунок потужності двигуна на нарізання порцій тіста.....	38
3.6. Розрахунок храпового механізму опускання стола	40
3.5. Особливості експлуатації і технічного обслуговування	44

4. Моделювання і дослідження насадок валків нагнітаючого вузла машини формування заготовок печива продуктивністю 80 кг/год.....	48
4.1 Постановка задач для дослідження	48
4.2. Аналіз отриманих результатів	63
5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	65
5.1. Розроблення заходів з охорони праці і техніки безпеки	65
5.1.1. Заходи з охорони праці і техніки безпеки при роботі з екструдером	65
5.1.2. Вимоги з охорони праці і техніки безпеки до машини формування заготовок печива продуктивністю 80 кг/год	66
5.2. Безпека у надзвичайних ситуаціях	67
Висновки	74
Перелік посилань.....	75
Специфікації	

Вступ

Печиво та пряники, хоч і не є основними продуктами харчування, займають певне місце в раціоні як джерело швидких вуглеводів та, залежно від рецептури, невеликої кількості мікроелементів і вітамінів. Вони також відіграють емоційну роль, асоціюючись зі святковими подіями та задоволенням. Проте, надмірне споживання, особливо продуктів з високим вмістом глюкози та ліпідів, може призвести до негативних наслідків для здоров'я. Тому важливо дотримуватися помірного споживання та обирати продукти з кращим складом.

Зважаючи на потенційні негативні наслідки надмірного споживання, існує нагальна потреба в удосконаленні технологій виробництва печива та пряників. Це включає розробку рецептур зі зниженим вмістом цукру та жирів, використання корисних замінників та збагачення продукції вітамінами, мінералами та харчовими волокнами. Також важлива оптимізація технологічних процесів для підвищення ефективності виробництва та мінімізації відходів.

Саме тому, необхідно зосередитись на створенні та модернізації технологічного обладнання для формування печива та пряників. Це передбачає розробку нових конструкцій, які дозволять виробляти продукцію з покращеними харчовими характеристиками без втрати смакових якостей. Таке обладнання повинно забезпечувати точне дозування інгредієнтів, ефективне змішування тіста, формування виробів різної форми та розміру, а також оптимізовані режими випікання.

В роботі виконуються наступні завдання [1]:

- аналіз наявного на ринку обладнання для формування печива і пряників;
- кінематичний і конструктивний розрахунок машини формування заготовок печива продуктивністю 80 кг/год;
- вибір рішення щодо насадок валків нагнітаючого вузла;
- дослідження 3d моделей насадок валків нагнітаючого вузла;
- аналіз отриманих результатів щодо напружено-деформованого пропонованих валків;

вирішення окремих питань охорони праці та окремих питань безпеки у надзвичайних ситуаціях;

Об'єктом дослідження є напруження, переміщення та деформації насадок валків нагнітаючого вузла.

Предмет дослідження. Машина формування заготовок печива продуктивністю 80 кг/год.

Методи досліджень в роботі. Теоретичні, емпіричні, і моделювання.

Наукова новизна:

зроблено 3d модель насадок валків нагнітаючого вузла для виконання здійснення порівняльного дослідження;

визначено вплив геометрії насадок валків нагнітаючого вузла на розподіл напружень і деформації.

Отримані результати доцільно використати при виконанні задач модернізації наявних, а також та розробленні нових одиниць обладнання для формування заготовок печива.

Результати, представлені у магістерській роботі були показані на XIII Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» 11-12 грудня 2024 року.

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

1. Аналіз сучасного стану обладнання для формування заготовок печива, вибір та обґрунтування напрямків дослідження

1.1 Огляд сучасного обладнання для формування заготовок печива

Печиво та пряники є продуктами давнього походження, аж до кількох тисячоліть. Вони були відомі ще в Стародавньому Єгипті та Месопотамії. Існує безліч видів печива та пряників, які відрізняються за рецептурою, технологією приготування, формою та смаком. Наприклад: пісочне печиво, здобне печиво, вівсяне печиво, заварні пряники, сирцеві пряники. У багатьох культурах печиво та пряники є традиційними святковими стравами (зокрема, імбирні пряники на Різдво).

Існує кілька основних типів машин [2-6] для формування тістових заготовок печива та пряників, кожен з яких має свої особливості та застосовується для різних видів тіста та кінцевої продукції.

Штампувальні машини. Формування заготовок відбувається шляхом висікання їх з тістової стрічки за допомогою штампів. Штampi можуть мати різну форму та розмір, що дозволяє отримувати печиво різноманітних конфігурацій.

Штампувальні машини застосовують для щільного тіста, такого як пісочне, зтяжне, крекер. Вони забезпечують високу продуктивність та точність формування, прості в обслуговуванні та надійні в роботі. Проте обмежені у створенні складних форм.

Існують ротаційні та ударні штампувальні машини. Ротаційні більш продуктивні.

Ротаційні формувальні машини (вальцьові). Принцип дії: тісто пропускається між двома вальцями, один з яких має вигравіруваний малюнок. Тісто заповнює заглиблення на вальці, формуючи заготовки, які потім знімаються з вальця за допомогою спеціального механізму. Вони підходять для формування різноманітних видів печива, включаючи пісочне, здобне, вівсяне. У процесі штампування дозволяють отримувати заготовки з рельєфним малюнком. Під час роботи ротаційні формувальні машини забезпечують високу продуктивність.

Відсаджувальні машини (екструзійні). Принцип дії: тісто під тиском видавлюється через формуючі насадки (фільтри), які можуть мати різну форму. Заготовки відсаджуються на лист або стрічку конвеєра. Застосовуються для формування м'якого тіста, такого як бісквітне, заварне, пряникове. Машини такого типу дозволяють отримувати печиво різної форми, включаючи складні фігури. Конструктивно вони можуть бути одно- та багатобункерними (для виробництва печива з начинкою або двокольорового). Особливістю цього типу обладнання є те, що вони потребують ретельного контролю консистенції тіста. Нагнітання здійснюється за допомогою поршневих та роторних систем..

Машини для формування виробів з начинкою поєднують процеси формування тістової оболонки та дозування начинки. Можуть використовувати різні принципи формування (штампування, екструзію). Вони дозволяють виробляти печиво та пряники з різними видами начинок (фруктові, шоколадні, кремові). Обладнання такого типу забезпечує точне дозування начинки, проте вони складніші конструктивно та доволі вимогливі до налаштування.

Застосовують також багатофункціональні машини, які поєднують кілька способів формування, що дозволяє розширити асортимент продукції.

Вибір машини залежить від наступних чинників:

вид тіста;

форма та розмір печива/пряників;

продуктивність;

асортимент продукції.



Рис. 1.1. Тістовідсаджувальна машина Delfin MINO 400.

Настільна тістовідсаджувальна машина серії MINO призначена для виробництва кондитерських виробів різноманітних форм і розмірів. Машина працює:

з густим тістом (кураб'є, вівсяне, мигдальне, заварне тощо), використовуючи дозувальну групу валкового типу;

з рідкими тістами (бісквітне, безе) за наявності дозувальної групи насосного типу (опція).

Габаритні розміри машини: 1000x900x800 мм.

Вага: 180 кг.

Потужність: 2 кВт.

Напруга: 380В/3ф/50Гц.

Має ергономічний дизайн, бункер, бічні панелі виконані з нержавіючої сталі, основа - з алюмінію. Оснащена комп'ютером із пам'яттю на 40 програм.

Працює з деками шириною 400 мм.

Довжина транспортера подачі листів - 1000 мм.

Ємність бункера: 15 л.

Регулювання висоти відсадки за допомогою маховика.

Зворотне обертання валків для запобігання капання («антискапування»).

Продуктивність: 130 кг/год.

Padovani Aladin 600 - Екструзійна відсадкова машина для триколірного печива.



Рис. 1.2. Екструзійна відсадкова машина Padovani Aladin 600

Екструзійна відсадкова машина Padovani Aladin 600 для виробництва печива з начинкою (зі струнним різанням).

Структура машини виконана з антикороїдального алюмінію.

Зовнішня обшивка виготовлена з нержавіючої сталі.

3 бункери з нержавійки розбираються легко для швидкого очищення.

Усі приводи на основі редукторів управляються інвертером.

Всі деталі електричного блоку управління виготовлені з нержавіючої сталі і герметично ізолювані, згідно з нормативами ЄС.

Електрична частина відповідає нормам ЄС.

Панель керування має зручний інтерфейс і програмується за принципом «touch screen». Машина в базовій комплектації оснащена 1 штампом і 1 пристроєм діафрагмового різання для виробництва печива з начинкою на замовлення клієнта. Крім того, машина в стандартній комплектації пристосована до підключення модуля струнного різання. Маса печива: від 10 до 40 грам.

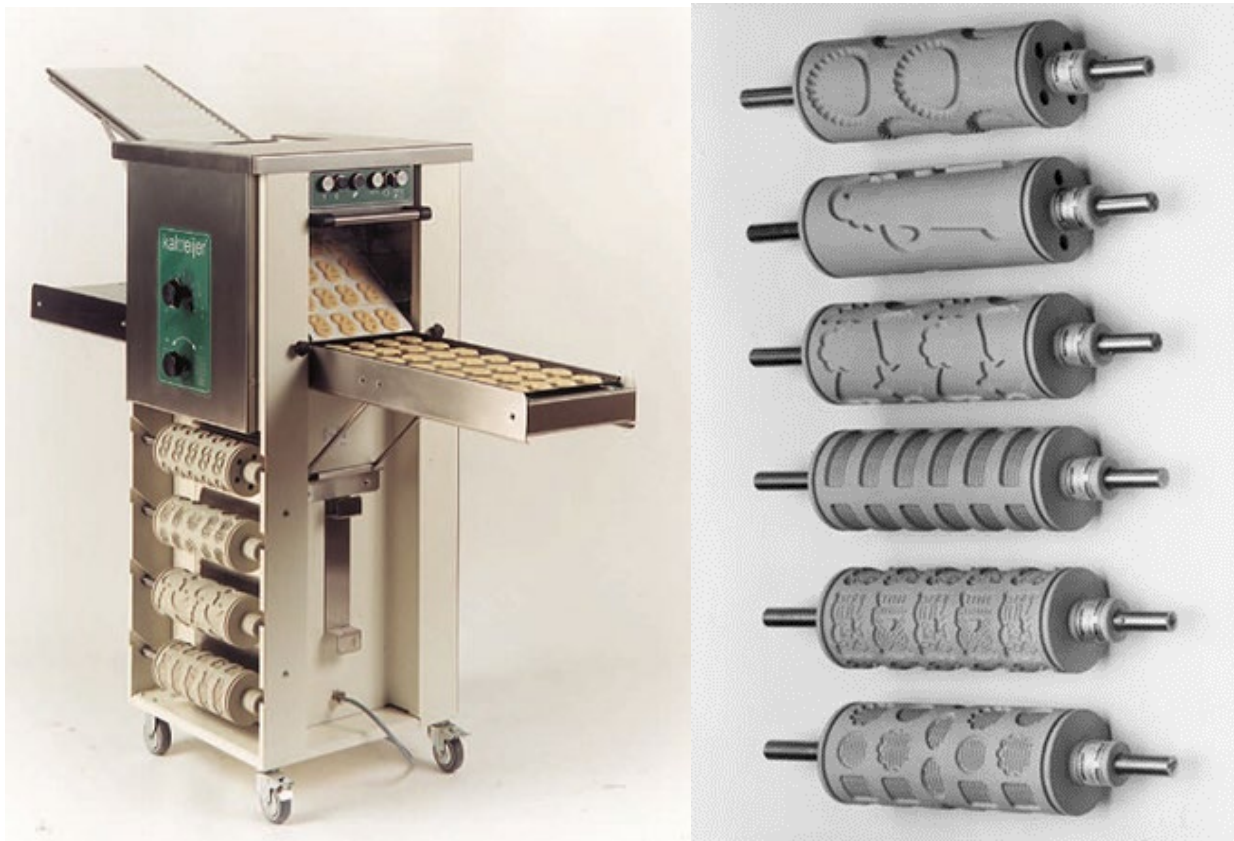


Рис. 1.3. Роторна машина для виробництва печива типу KGM

Машина для виготовлення печива Kalmeyjer може працювати з солодким здобним тістом для звичайного печива, для печива з джемом, віденського печива, імбирних кексів, вафель, різдвяного печива тощо.

Переваги машини:

- система нагріву формувального валика, відсутність борошняного обсипання і, як наслідок, кращий кінцевий результат;
- складані листи для випічки роблять машину більш компактною;
- оснащена перемикачем для управління рухом дека для випічки і подачею тіста;
- знімний подавальний валик для тіста дуже просто мити;
- регульована товщина фігурок з тіста (для забезпечення необхідної ваги);
- дає змогу виготовляти великі, маленькі, товсті або тонкі фігурки з тіста;
- виробництво всіх видів солодкого печива з вмістом жиру від 30% до 70% (залежно від борошна);

- вибір із 60 валиків із різними фігурками, що дає змогу виробляти широкий асортимент печива.

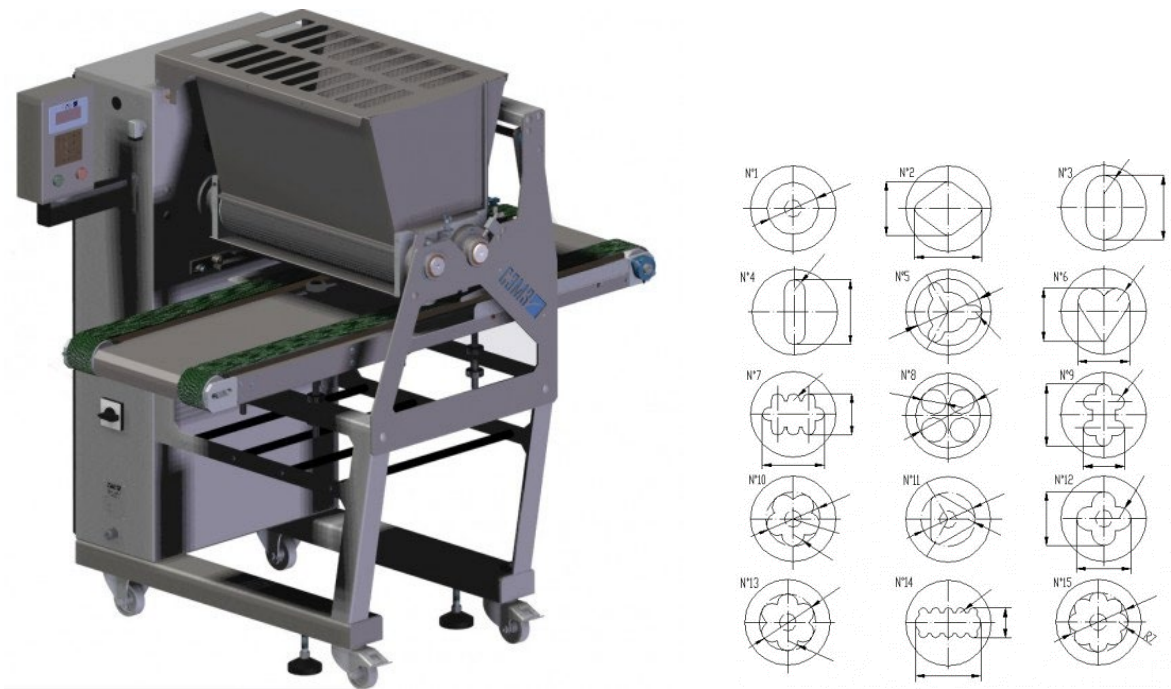


Рис. 1.4. Формувальна машина для пряників і печива ФПЛ 9-600

Технічні характеристики:

Продуктивність залежно від розміру і товщини фігурок з тіста 2-5 кг тіста за хвилину

Ширина 570 мм

Глибина (у неробочому стані) 550 мм

Глибина (у робочому стані) 1675 мм

Висота 1240 мм

Вага 125 кг

Ширина дека для випічки 250 мм

Система нагрівання 1000 Вт/2000 Вт

Двигун* 3/Н~230/400 В/50Гц/заземлення

Приєднане навантаження 2,4 кВт

Довжина кабелю 4 м

Колір Білий, нержавіюча сталь

Формувальна машина для пряників і печива ФПЛ 9-600 - призначена для виготовлення методом струнної порізки з подальшим укладанням на листи таких видів продукції: печиво типу «Вівсяне», палички, сирцевий пряник.

Машина випускається у двох модифікаціях залежно від ширини дека: ФПЛ 9-600 з шириною дека 600 мм відповідно.

Для виробництва пряників, печива та інших подібних виробів у кондитерській промисловості використовують спеціальні формувальні машини, які й надають виробам необхідного вигляду.

ФПЛ 9-600 - це машинка для формування тістових заготовок з використанням струнної порізки, з подальшим їх укладанням на листи. Ширина дека становить 600 мм.



Рис. 1.5. Машина відсаджувальна Колібри ОДММ-1

Керувати процесом досить просто - дана модель кондитерського обладнання оснащена комп'ютером з плівковою клавіатурою і рідкокристалічним дисплеєм. Управління валками, роботою механізму різання і переміщенням листів регулюється трьома незалежними приводами.

Маса тістових заготовок може коливатися від 5 до 60 грамів, а регулювати цей параметр можна за допомогою плавної зміни швидкості обертання валків. Зміна типу заготовок займає всього кілька хвилин і не вимагає зупинки процесу.

Формувальна машинка ФПЛ 9-600 проста у використанні, а працювати з нею легко і приємно. Так, відрегулювати висоту столу можна без додаткових інструментів (за допомогою гайок з накаткою). Машинку так само можна використовувати стаціонарно або ж за необхідності переміщати - передбачені спеціальні коліщата.

Машина ОДММ-1 призначена для відсаджування і різання ниткою печива типу кураб'є, профітролей, еклерів, макарунс, пісочних паличок, сирцевих пряників, вівсяного печива, сирного печива, бісквітних пластів тощо.

Особливості

Настільна.

Ширина відсадки 400мм (для листів 400х600мм).

Стандартно 6 отворів у матриці (під відсадку і струнне різання)

У комплекті головка валкового типу для м'якого тіста і 1 матриця з насадками для відсадження плюс пристрій різання ниткою і 1 матриця для струнної різки.

Версія без обертання насадок або з обертанням насадок.

Опції

Насосна головка для рідкого тіста.

Подовжений транспортер на 500 мм (актуально для листів завдовжки понад 600мм)

Комплект насадок (фільєр) із зубчиками.

Штампи щілинні для бісквіта.

Принцип роботи

Вибір програми на пульті управління, завантаження тіста в бункер. Залежно від параметрів програми після натискання кнопки «Пуск» машина виробляє відсадження або струнне різання на пекарський лист, який автоматично переміщується по транспортеру. У режимі струнного різання можна отримати тістову заготовку з густого тіста потрібної товщини. У режимі відсаджування м'якого тіста за допомогою великого вибору насадок можна надати тісту

оригінальної форми. Вироби довгастої форми виходять в результаті горизонтального руху листа і задаються програмою.

Технічні характеристики

Продуктивність = 50-150 кг/год

Розміри дека (ДхШхВ) = 600х400х20 мм

Встановлена потужність приводів = 0,7 кВт

Оператор = 1 чел.

Маса тістових заготовок = 5-60 гр.

Кількість відрізання = 10 - 30 різів/хв

Кількість фільтрів на матриці = 3-6 шт.

Габарити = 1010х740х710 мм

Маса = 120 кг

Тістовідсадкова машина Питпак ОП-3 призначена для відсаджування і струнної нарізки на деко заготовок з м'якого і пісочного тіста

Особливості

Залежно від використовуваного виду тіста (м'якого, пісочного, рідкого, заварного) на базовому модулі передбачена можливість заміни валкових дозувальних пристроїв.

Машиною керує вбудований мікрокомп'ютер, параметри технологічного процесу задають дотиком до іконок, що зображуються на сенсорному дисплеї.

Управління максимально спрощене з метою швидкого оволодіння оператором усіма робочими функціями машини. Комп'ютер може бути запрограмований на режими до 99 рецептур кондитерських виробів.

Можливість оперативного перевстановлення вузлів під необхідні вироби і розбирання для миття та санообробки.

Частотно керовані асинхронні електроприводи валків, підйому столу.



Рис. 1.6. Тістовідсадкова машина Питпак ОП-3

Технічні характеристики

Продуктивність механічна, тах, цикл/хв:

відсадка з відривом 20

струнна нарізка 30

безперервне струнне різання 60

Продуктивність, кг

у режимі відсадження м'якого тіста, кг/год 30...180

у режимі відсадження заготовок заварних тістечок, кг/год 90...120

у режимі струнної нарізки, кг/год 220...250

у режимі відсадження плоских коржів, мм/с до 200

Кількість фільтр, при міжцентровій відстані 63 мм: 9

Об'єм бункера тіста, л: 40

Розмір дека, тах, мм: 615 x 750

Встановлена потужність, кВт 1,6

Габаритні розміри машини, мм 1360 x 1100 x 1470



Рис. 1.7. Машина тістовідсаджувальна ТОМ 200

Машина тістовідсаджувальна ТОМ 200 призначена для відсаджування здобного, пісочного печива, заварного, профітролів, еклерів та інших видів кондитерських виробів зі схожою консистенцією.

Машина може комплектуватися функцією обертання дюз навколо своєї осі, за рахунок чого успішно відсаджує одноколірні (без начинки) тістові заготовки найрізноманітнішого вигляду і форми.

Відрив тістової заготовки відбувається за рахунок руху столу в горизонтальних площинах. Ця функція машини також дає змогу виробляти багаторівневе печиво.

Так само машина може комплектуватися механізмом струнного різання, що дасть змогу виробляти відрізне печиво.

На ТОМ-200 передбачено використання 2-ух типів насосів нагнітання тіста: валковий (для роботи з тістами середньої твердості, а саме: пісочне і здобне тісто

тощо) і шестерний (для роботи з напіврідким тістом: еклери, заварне і т.п.). Насоси взаємозамінні (заміна займає 2-3 хвилини).

Комплект відсадних і відрізних фільтрів може бути обраний за каталогом і купується за додатковим замовленням.



Рис. 1.8. Відсаджувальна машина для печива POLIN - Twiny

Технічні характеристики

Продуктивність, кг/год - до 200

Кількість фільтрів, шт - 9

Ширина листа - 600мм

Глибина листа - 800мм (або до 1000мм)

Встановлена потужність, кВт - 2,7

Напруга живлення, В - 3 x 380 + 5%-10%

Частота мережі, Гц - 50

Габаритні розміри, мм - 1400 x 1 200 x 1 500

Маса, кг - 400

Multidrop twiny - це дозуюча розливна машина, призначена для виробництва двоколірного печива. З комбінацією з подвійної головки, керованої мікропроцесором, можна створити широкий спектр печива, видавлюючи одночасно два різних види тіста для кондитерських виробів.



Рис. 1.9. Мультиекструдер для печива з начинкою та струнної порізки мод.
«ALADIN 125»

Технічні характеристики:

Обсяг воронки, кг 6,0

Тип обладнання машина для екструзії печива, пряників

Потужність, кВт 2,0

Продуктивність, шт/год 3 600

Ширина дека, мм 100

Напруга мережі, В 400

Машина для виробництва печива з начинкою вагою від 10 до 40 грам. Велика гнучкість, що дає змогу виробляти печиво з начинкою, печиво різнокольорове, печиво з формою «косинки», печиво «fig bar», відрізне печиво, печиво з декоруванням.

Очищення проводиться дуже легко.

Несуча конструкція з алюмінію «anticorodal» обробленого на верстатах і анодованого. Панелі покриття і воронки з нержавіючої сталі.

Панель управління на борту машини. Системи безпеки та електрообладнання, відповідають чинним нормативам.

Ширина дека [мм] 100

Потужність [кВт] 2

Габарити [мм] 2700x880xH1400

К.во виходів стандарт 1

Вага брутто [кг] 450

Ємність воронки замісу [кг] 6

Ємність воронки замісу [кг] 6

К.во закриттів за хв. 60

Макс. Годинна продуктивність. [Кг/год] 100

Макс. Годинне виробництво. [шт./год] 3 600

Тістоформувальна машина МФ-600 є основним обладнанням потокової лінії з виробництва цукрового печива. Пристрій здійснює формування і відсадження заготовок печива на конвеєрне полотно для подальших декорувальних операцій (намащування, посипання) і випікання.

При виготовленні кондитерської продукції без декоративної обробки формувальний пристрій монтується безпосередньо перед тунельною піччю.

На металевому корпусі МФ-600 встановлено основний робочий вузол машини - блок формування. У конструкцію блоку входять подавальний вал і формувальний барабан, які надають тістовому пласту форму майбутнього печива.

Із завантажувального контейнера тістова маса надходить до вала, де тісту надається необхідна товщина.



Рис. 1.10. Машина формувальна МФ-600

Притискний вал вдавлює тістоє полотно у фігурні виїмки барабана. На цьому етапі напівфабрикату надається форма (квадратна, прямокутна, кругла, овальна, різьблена) і на лицьову сторону печива наноситься малюнок.

Установка з ріжучими елементами здійснює зріз і очищення надлишків тіста.

За допомогою розвантажувальної стрічки відформовані заготовки укладаються на сітчасте полотно конвеєра.

Технічні параметри формувальної машини дають змогу змінювати формувальний барабан і виготовляти різне за формою і декоративним малюнком

цукрове печиво. Деякі форми печива користуються споживчим попитом, інші (за однакової рецептури) не користуються популярністю. Формувальна машина в комплектації з кількома барабанами дасть змогу оперативно реагувати на потреби споживачів.

1.2. Аналіз та короткий опис машини формування заготовок печива продуктивністю 80 кг/год

Машина є розробленою для здійснення формування із кондитерського тіста напівфабрикату пряників із вкладанням їх на бритванку. Основними системами машини є: бункер для тіста з нагнтальними валками, стіл з підйомним храповим механізмом, відрізний струнний механізм, привод, система керування.

Технічні характеристики машини:

Продуктивність	кг/год	80
Маса заготовок	кг	0,07-7,0
Кількість рядів заготовок в деку	шт.	3;5;4;6
Встановлена потужність	кВт	1,5
Номінальна напруга	В	380
Габаритні розміри:	мм	
· довжина		1120
· ширина		1120
· висота		1460
Тип струму		змінний
Частота струму	Гц	50
Напруга живлення керування	В	24
Маса, не більш	кг	388

1.3. Мета та задачі, які виконуються у кваліфікаційній роботі

Мета роботи – модернізація існуючої машини формування заготовок печива продуктивністю 80 кг/год, із удосконаленням механізму подачі тіста і формування заготовок пряників.

Виконуються задачі [7,8]:

аналіз наявного на ринку обладнання для формування печива і пряників;
кінематичний і конструктивний розрахунок машини формування заготовок печива продуктивністю 80 кг/год;

вибір рішення щодо насадок валків нагнітаючого вузла;

дослідження 3d моделей насадок валків нагнітаючого вузла;

аналіз отриманих результатів щодо напружено-деформованого пропонуваного валків.

вирішення окремих питань охорони праці та окремих питань безпеки у надзвичайних ситуаціях

2. Підбір засобів, методів та методик досліджень

2.1 Обґрунтування програмного забезпечення для досліджень

Для дослідження міцності та рівня деформації нагнітаючих валків машини формування заготовок печива найбільш ефективним рішенням з точки зору співвідношення затрат до результату є використовувати програмне забезпечення для інженерного аналізу методом скінченних елементів (МСЕ) [9]. Існує кілька потужних програмних пакетів, які підходять для цієї задачі.

Програми, які можна використовувати для аналізу міцності та деформації:

ANSYS. Потужний та універсальний пакет для МСЕ аналізу, що охоплює широкий спектр фізичних явищ. ANSYS Workbench пропонує зручний інтерфейс для моделювання та аналізу.

Abaqus. Ще один потужний пакет, який особливо добре підходить для аналізу нелінійних задач, таких як пластична деформація та контактні задачі.

COMSOL Multiphysics. Програмне забезпечення для моделювання мультифізичних процесів, включаючи механіку твердого тіла, теплопередачу та гідродинаміку.

NX Nastran. Потужний вирішувач для лінійних та нелінійних задач статички, динаміки та теплопередачі.

Серед інших, SolidWorks Simulation [9-11] має ряд переваг, які роблять його привабливим для дослідження інженерними працівниками нагнітаючих валків.

Інтеграція з SolidWorks CAD. SolidWorks Simulation повністю інтегрований з SolidWorks CAD, що дозволяє безпосередньо використовувати 3D-моделі валків для аналізу. Це значно спрощує та прискорює процес моделювання та аналізу. Інженеру не потрібно експортувати/імпортувати моделі між різними програмами, що зменшує ризик помилок.

Зручний інтерфейс користувача. SolidWorks Simulation має інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, що робить його відносно легким у вивченні та використанні, навіть для користувачів з невеликим досвідом у МСЕ аналізі. Це важливо для швидкого освоєння та застосування в умовах виробництва.

Широкий спектр аналізів. SolidWorks Simulation підтримує різні типи аналізу, включаючи.

Статичний аналіз. Для визначення напружень та деформацій під дією статичних навантажень (тиск тіста). Це дозволить визначити, чи витримують валки статичне навантаження без руйнування.

Частотний аналіз. Призначений для дослідження власних частот коливань валків. Це важливо для уникнення резонансних явищ, які можуть призвести до вібрацій та руйнування.

Аналіз на втому. Для оцінки довговічності валків під дією циклічних навантажень (постійне обертання валків). Це дозволить прогнозувати термін служби валків.

Тепловий аналіз. Для визначення розподілу температури у валках. Це важливо, оскільки температура може впливати на властивості PEEK та на процес формування тіста.

Аналіз падіння. Для моделювання ударних навантажень (наприклад, при випадковому падінні валка).

Моделювання контактної взаємодії. Важливим аспектом аналізу нагнітаючих валків є моделювання контакту між ними та тістом. SolidWorks Simulation має потужні інструменти для моделювання контактної взаємодії, що дозволяє отримати точні результати. Це дозволить врахувати тиск тіста на валки та деформацію в зоні контакту.

Моделювання нелінійних матеріалів. PEEK є термопластичним полімером, який може проявляти нелінійну поведінку при певних умовах (особливо при підвищених температурах). SolidWorks Simulation підтримує моделювання нелінійних матеріалів, що дозволяє врахувати цю особливість при аналізі.

Вартість та доступність. SolidWorks Simulation часто є більш доступним за ціною порівняно з такими пакетами, як ANSYS або Abaqus, особливо для невеликих підприємств. Також багато інженерів вже знайомі з SolidWorks, що зменшує витрати на навчання.

2.2. Застосування SolidWorks Simulation у дослідженнях в роботі

Застосування SolidWorks Simulation [11] для статичного аналізу в роботі, з урахуванням особливостей поставлених задач, матиме наступний вигляд.

1. Підготовка CAD-моделі в SolidWorks:

Створення (імпорт) моделі. Створити деталь або збірку в SolidWorks, яку потрібно проаналізувати. Якщо модель створена в іншому CAD-пакеті, треба імпортувати її у форматі, сумісному з SolidWorks (наприклад, STEP, IGES, Parasolid).

Спрощення геометрії (за потреби). Для прискорення розрахунків та покращення якості сітки, спростіть геометрію моделі, видаливши дрібні елементи, фаски, заокруглення, які не суттєво впливають на результати аналізу, але значно збільшують кількість елементів сітки.

Перевірка геометрії. Необхідно переконатися у відсутності помилок геометрії, таких як самоперетини, незв'язані поверхні, малі зазори та інші. Тут доцільно використавши інструменти SolidWorks для перевірки та виправлення геометрії.

2. Створення дослідження в SolidWorks Simulation:

Створення нового дослідження. У вкладці Simulation обрати "Нове дослідження".

Вибір типу дослідження. У нашому випадку це "Статичний" тип дослідження.

Визначення властивостей дослідження. Далі бажано задати назву дослідження та інші параметри (наприклад, одиниці вимірювання).

3. Визначення матеріалу.

Застосування матеріалу з бази даних. У дереві дослідження клацніть правою кнопкою миші на "Деталь" та оберіть "Застосувати матеріал". Виберіть потрібний матеріал з бібліотеки SolidWorks або створіть власний матеріал, задавши його механічні властивості (модуль Юнга, коефіцієнт Пуассона, густина, межа міцності на розрив та текучість, коефіцієнт теплового розширення, тощо).

Врахування залежності властивостей від температури. Якщо температура деталі під час роботи значно змінюється, необхідно врахувати залежність властивостей матеріалу від температури. Для цього можна використовувати криві залежності властивостей від температури, які можна задати в діалоговому вікні "Матеріал".

4. Задання граничних умов (закріплень).

Фіксовані опори. Задати місця, де деталь жорстко закріплена. Оберіть тип фіксації (наприклад, "Фіксована геометрія", "Шарнір", "Ковзання").

Інші типи закріплень. За потреби, використовувати інші типи закріплень, такі як пружні опори, задані переміщення або обертання.

Правильний вибір закріплень. Правильний вибір закріплень є критично важливим для отримання коректних результатів аналізу. Закріплення повинні відповідати реальним умовам експлуатації деталі.

5. Задання навантажень.

Сила. Задати величину та напрямок сили, що діє на деталь.

Тиск. Задати тиск, що діє на поверхню деталі.

Момент. Задати величину та напрямок моменту, що діє на деталь.

Температура. Задати температуру деталі або її окремих поверхонь.

Гравітація. Задати прискорення вільного падіння.

Правильне задання навантажень. Навантаження повинні відповідати реальним умовам експлуатації деталі. Важливо правильно визначити величину, напрямок та місце прикладання навантажень.

6. Створення сітки скінченних елементів.

Створення сітки. У дереві дослідження клацнути правою кнопкою миші на "Сітка" та обрати "Створити сітку".

Вибір типу сітки. Обрати тип сітки (наприклад, твердотільна, оболонкова, балочна). Для деталей складної форми рекомендується використовувати тетраедричні елементи.

Керування розміром елементів. Задати розмір елементів сітки. Дрібніші елементи забезпечують більшу точність результатів, але збільшують час

розрахунку. Рекомендується використовувати локальне згущення сітки в областях з високими градієнтами напружень.

Перевірка якості сітки. Перевірте якість створеної сітки. Уникати елементів з великим співвідношенням сторін (*aspect ratio*) та елементів з виродженою геометрією.

7. Запуск розрахунку.

Запуск дослідження. У дереві дослідження клацнути правою кнопкою миші на "Дослідження" та обрати "Запустити".

Моніторинг процесу розрахунку. Слідкувати за процесом розрахунку. У разі виникнення помилок, перевірте правильність задання параметрів дослідження.

8. Аналіз результатів.

Перегляд результатів. Перегляньте результати аналізу, такі як розподіл напружень (діаграма напружень по Мізесу, головних напружень), деформацій, переміщень, коефіцієнт запасу міцності.

Використання інструментів візуалізації. Використовувати інструменти візуалізації SolidWorks Simulation для аналізу результатів. Можна створювати перерізи, ізолінії, вектори, анімації та інші візуалізації.

Оцінка результатів. Порівняти отримані результати з допустимими значеннями. Переконайтесь, що напруження в деталі не перевищують межу міцності матеріалу, а деформації не впливають на функціональність деталі.

Створення звітів. Створити звіт про проведене дослідження, який містить інформацію про модель, матеріали, навантаження, граничні умови, результати аналізу та висновки.

Практичні поради.

Поступове ускладнення моделі. Починати аналіз з простої моделі та поступово додавати деталі та складніші умови.

Перевірка результатів. Перевіряти результати аналізу на адекватність. Порівнювати результати з аналітичними розрахунками або експериментальними даними, якщо це можливо.

Використання довідкової інформації. Використовувати довідкову інформацію SolidWorks Simulation та інші джерела для отримання додаткової інформації про методи аналізу та налаштування параметрів.

Навчання та практика. Для ефективного використання SolidWorks Simulation необхідно пройти навчання та отримати практичний досвід.

.

3. Заходи з модернізації машини формування заготовок печива продуктивністю 80 кг/год

3.1. Опис конструкції і принципу роботи машини формування заготовок печива продуктивністю 80 кг/год

Машина формування заготовок печива продуктивністю 80 кг/год складається із елементів:

Станина, привод, формувальна головка, відрізний механізм, посилочний механізм, стіл.

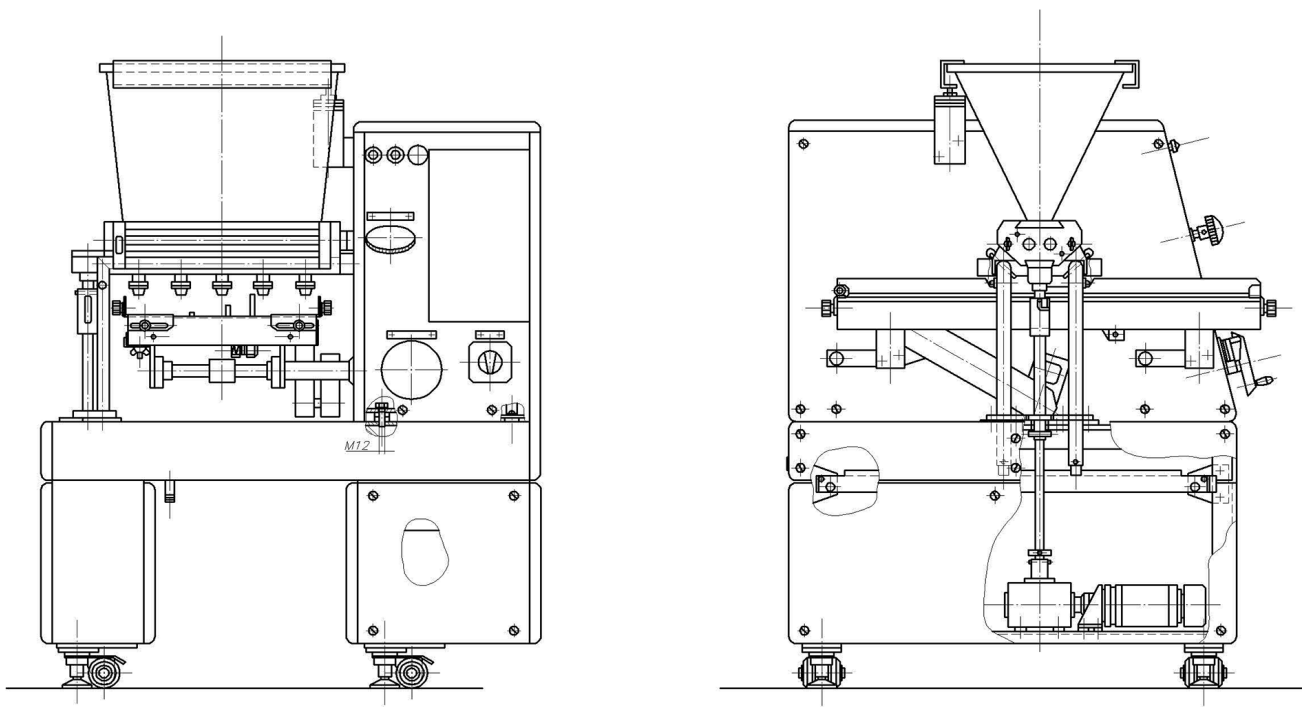


Рис. 3.1. Машина формування заготовок печива продуктивністю 80 кг/год

Станина - це основна частина виробу, де розташовані всі механічні частини та механізми. Каркас складається з опорної плити та прикріплених боковин.

Бокові стінки спираються на шатунні вали, важелі ріжучого механізму і конвеєра, кронштейни, на яких кріпиться завантажувальна головка.

Привідний елемент кріпиться до плити станини.

Формувальна головка — це ємність, у якій міститься тісто, з якого формують пряники. Годівна головка підтримується двома валами, прикріпленими до кронштейнів з боків ліжка.

Всередині головки змонтовано два ролики з канавками, які безперервно переміщуються назустріч один одному в процесі роботи машини за допомогою муфти, а пара шестерень, прикріплених до валу живильного бункера, обертається.

Дно живильного бункера являє спеціальну конструкцію, в отвори якої вставлені змінні форми для різних видів пряників.

До складу відрізного механізму входять валик з прикріпленими до нього пальцями, навколо якого натягнута нитка для розрізання тканини.

Один із пальців має ролик, який котиться вздовж копіювального пристрою під час руху ріжучого механізму, опускаючи струну після відрізання шматка тканини (коли ріжучий механізм рухається назад).

Вал у складі відрізного механізму за допомогою пальців вільно фіксується на вилці важеля відрізного механізму і просто демонтується для кріплення або натягування струни. Стіл призначений для переміщення деки в зону формування печива і з зони формування. Стіл є зварною рамою зі змонтованим уверх листом.

Тісто, подане у завантажувальну горловину, зтягується при допомозі нагнітаючих валків і продавлюється через формочки, на виході з яких відрізається за допомогою струни відрізного механізму. Далі тістові заготовки падають до бритванок, які подаються столом.

3.2. Заходи з модернізації машини формування заготовок печива продуктивністю 80 кг/год

Одним із найважливіших вузлів машини формування заготовок печива є відсадочна головка (лист 2) з вальцями 21, 22, яка забезпечує необхідні параметри відсаджених тістових заготовок.

Даний вузол є досить складним в експлуатації та обслуговуванні машини формування заготовок печива.

У кваліфікаційній роботі пропонується замінити діючий вузол відсадочної головки на вузол зі змінними модулями формоутворення тістових заготовок печива 11 [12,13].

Представлений на листі 3 графічної частини відсадочний вузол дозволяє оперативно здійснити демонтаж сопел 24 для відсадки печива для їх очистки, миття, а також для заміни на сопла з відмінною формою транспортного каналу для тіста.

Нагнітаючі валки 21, 22 із пластиковими робочими поверхнями дозволять відсаджувати тістові вироби із тіста майже з довільною в'язкістю і практично не залежить від величини коефіцієнта тертя тіста до сталі.

3.3. Технологічний розрахунок машини формування заготовок печива

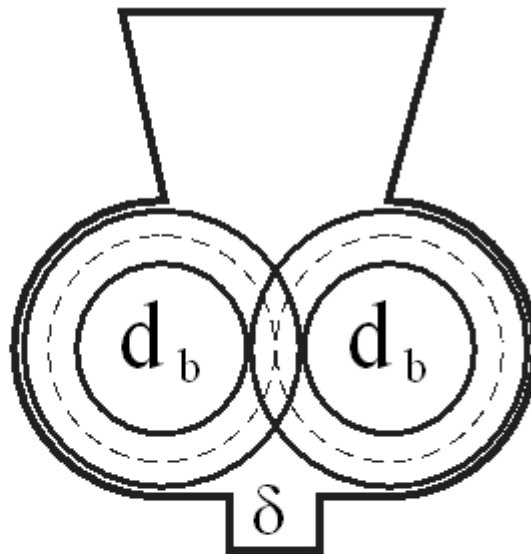


Рис. 3.2. Розрахункова схема валків

Продуктивність по тістових заготовках формувальної машини:

$$\Pi := 80 \quad (\text{кг/год})$$

$$\text{Густина тіста: } \rho_T := 1020 \quad (\text{кг/м}^3)$$

Діаметр барабана: $d_B := 0.01744 \cdot 2 = 0.035 \text{ (м)}$

Зазор між валками: $\delta := 0.0225 \cdot 2 - 0.01744 \cdot 2 = 0.01 \text{ (м)}$

Довжина робочої ділянки валків: $L := 0.470 \text{ (м)}$

Площа пласта подачі тіста: $S := \delta \cdot L \quad S = 0.004756 \text{ (м}^2\text{)}$

Необхідна довжина тістового пласта, який повинен пройти між валками за годину:

$$H := \frac{\Pi}{\rho_T \cdot S} \quad H = 16.49 \text{ (м)}$$

Необхідна швидкість руху пласта тіста (рівна лінійній швидкості валків):

$$v_B := \frac{H}{60} \quad v_B = 0.275 \text{ (м/хв)}$$

Необхідна частота обертання валків:

$$n_B := \frac{v_B}{\pi \cdot d_B} \quad n_B = 2.508 \text{ (об/хв)}$$

Питому потужність на нагнітання тіста приймемо згідно паспортних даних:

$$N_{П.Т} := 0.00457 \text{ (кВт/кг)}$$

Необхідна потужність на нагнітання при коефіцієнті корисної дії:

$$\eta := 0.7$$

$$N_T := \frac{N_{П.Т} \cdot \Pi}{\eta} \quad N_T = 0.522 \text{ (кВт)}$$

Кутова частота обертання валків:

$$\omega_B := \frac{\pi \cdot n_B}{30} \quad \omega_B = 0.263 \text{ (рад/с)}$$

Крутний момент на валку:

$$T_T := \frac{1}{2} \cdot \frac{N_T \cdot 1000}{\omega_B} \quad T_T = 994.296 \text{ (Н*м)}$$

Питоме навантаження на валки:

$$q := \frac{T_T}{2 \cdot L \cdot d_B} \quad q = 3.033 \times 10^4 \text{ (Н/м)}$$

3.4. Розрахунок робочої частоти спрацьовування механізму різання

Лінійна швидкість стрічки конвеєра, що забезпечує транспортування заготовок, повинна перевищувати лінійну швидкість формованого пласта до 4 раз. Приймаємо перевищення в 3.33 рази:

Тоді лінійна швидкість стрічки буде:

$$V_K := 3.33 \cdot \omega_B \quad V_K = 0.875 \quad (\text{м/хв})$$

Діаметр привідного барабана конвеєра: $d_K := 0.065 \quad (\text{м})$

Необхідна частота барабана конвеєра:

$$n_K := \frac{V_K}{\pi \cdot d_K} \quad n_K = 4.283 \quad (\text{об/хв})$$

Кутова частота обертання барабана конвеєра:

$$\omega_K := \frac{\pi \cdot n_K}{30} \quad \omega_K = 0.449 \quad (\text{рад/с})$$

Розрахунок тривалості кінематичного циклу різального механізму

Маса заготовок печива типу "Святкове" складає []: $m_{\Pi} := 0.0113 \quad (\text{кг})$

Кількість відсадочних головок: $z_T := 5 \quad (\text{шт})$

Необхідна кількість печива для забезпечення проектної продуктивності:

$$Z_{\Pi} := \frac{\Pi}{m_{\Pi} \cdot 60} \quad Z_{\Pi} = 117.99 \quad (\text{шт/хв})$$

Частота циклу роботи різальної

$$T_{\text{стр}} := \frac{Z_{\Pi}}{60 \cdot z_T} \quad T_{\text{стр}} = 0.393 \quad (1/\text{с})$$

Тривалість циклу

$$t := \frac{1}{T_{\text{стр}}} \quad t = 2.542 \quad (\text{с})$$

Кутова частота кривошипа приводу струни:

$$\omega_{\text{стр}} := 2 \cdot \pi \cdot T_{\text{стр}} \quad \omega_{\text{стр}} = 2.471 \quad (\text{рад/с})$$

3.5. Розрахунок необхідної потужності двигуна на нарізання порцій тіста

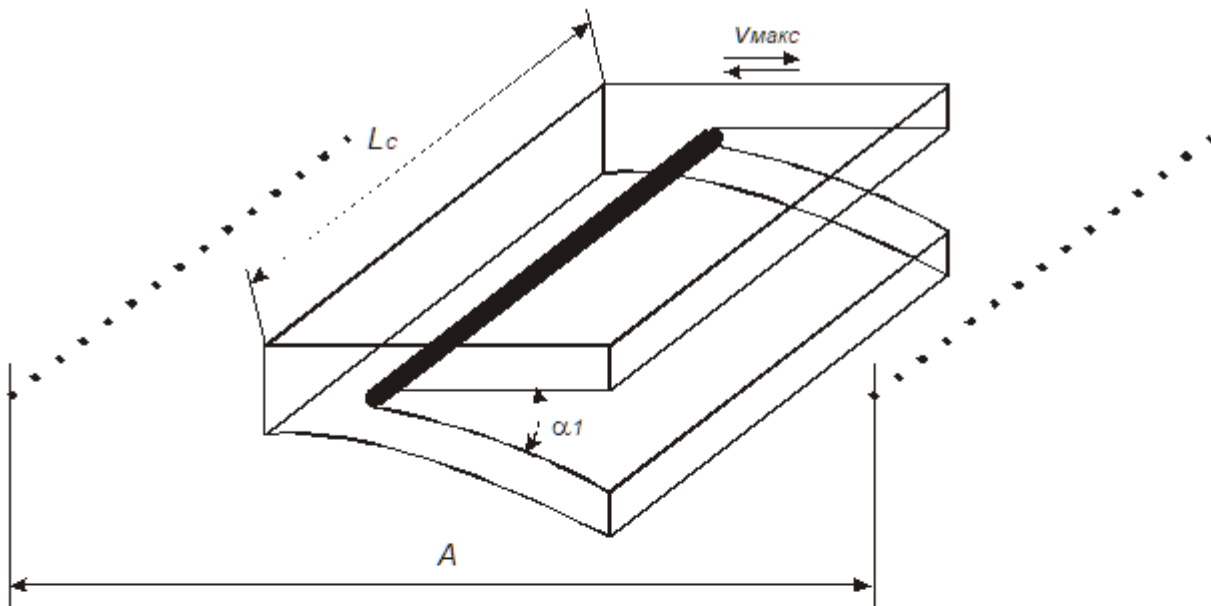


Рис. 3.3. Розрахункова схема руху струни

Товщина струни: $h_c := 0.00075 \quad (\text{м})$

Довжина струни: $L_c := 0.470 \quad (\text{м})$

Ширина струни: $S_c := 0.0015 \quad (\text{м})$

Приведений кут різання: $\alpha_1 := 15 \cdot \frac{\pi}{180} \quad (\text{рад})$

Коефіцієнт кута заточки $K_{\alpha_1} := 0.65$

Лобова поверхня струни:

$$S_{\text{лб}} := L_c \cdot S_c \quad S_{\text{лб}} = 0.00071 \quad (\text{м}^2)$$

Розрахуємо питоме зусилля різання при частоті рухів: Розрахуємо питоме зусилля різання при частоті рухів:

$$T_{\text{стр}} = 0.393 \text{ (1/с)}$$

Кутова частота кривошипа:

$$\omega_{\text{стр}} = 2.471 \text{ (рад/с)}$$

Масова доля жиру в суміші: $\psi_{\text{ж}} := 0.24$

Максимальна швидкість руху струни при його амплітуді A []:

$$A := 0.1 \text{ (м)}$$

$$v_{\text{макс}} := \frac{2 \cdot A}{t} \quad v_{\text{макс}} = 0.079 \text{ (м/с)}$$

Питоме зусилля різання:

$$P_{\text{різ}} := 6.3 \cdot 10^5 \cdot \left(\frac{2}{3} \cdot v_{\text{макс}} \right)^{0.14} \cdot h_c^{0.46} \cdot S_c^{0.58} \cdot \psi_{\text{ж}}^{0.08} \quad P_{\text{різ}} = 312.73 \text{ (Н/м)}$$

$$P_{\text{пит}} := P_{\text{різ}} \cdot K_{\alpha 1} \quad P_{\text{пит}} = 203.28 \text{ (Н/м)}$$

Розрахуємо необхідний крутний момент для приводу різального механізму.

Радіус кола, описаного внутрішнім кривошипом: $R_{\text{вн}} := 0.3 \text{ (м)}$

$$M_{\text{кр}} := P_{\text{пит}} \cdot (R_{\text{вн}}) \cdot (L_c)$$

$$M_{\text{кр}} = 28.66 \text{ (Н*м)}$$

Коефіцієнт запасу потужності $\eta_a := 1.1$

Коефіцієнт корисної дії приводу $\eta := 0.7$

$$N_1 := \frac{\eta_a \cdot M_{\text{кр}} \cdot \omega_{\text{стр}}}{\eta \cdot 1000} \quad N_1 = 0.111 \text{ (кВт)}$$

3.6. Розрахунок храпового механізму опускання стола

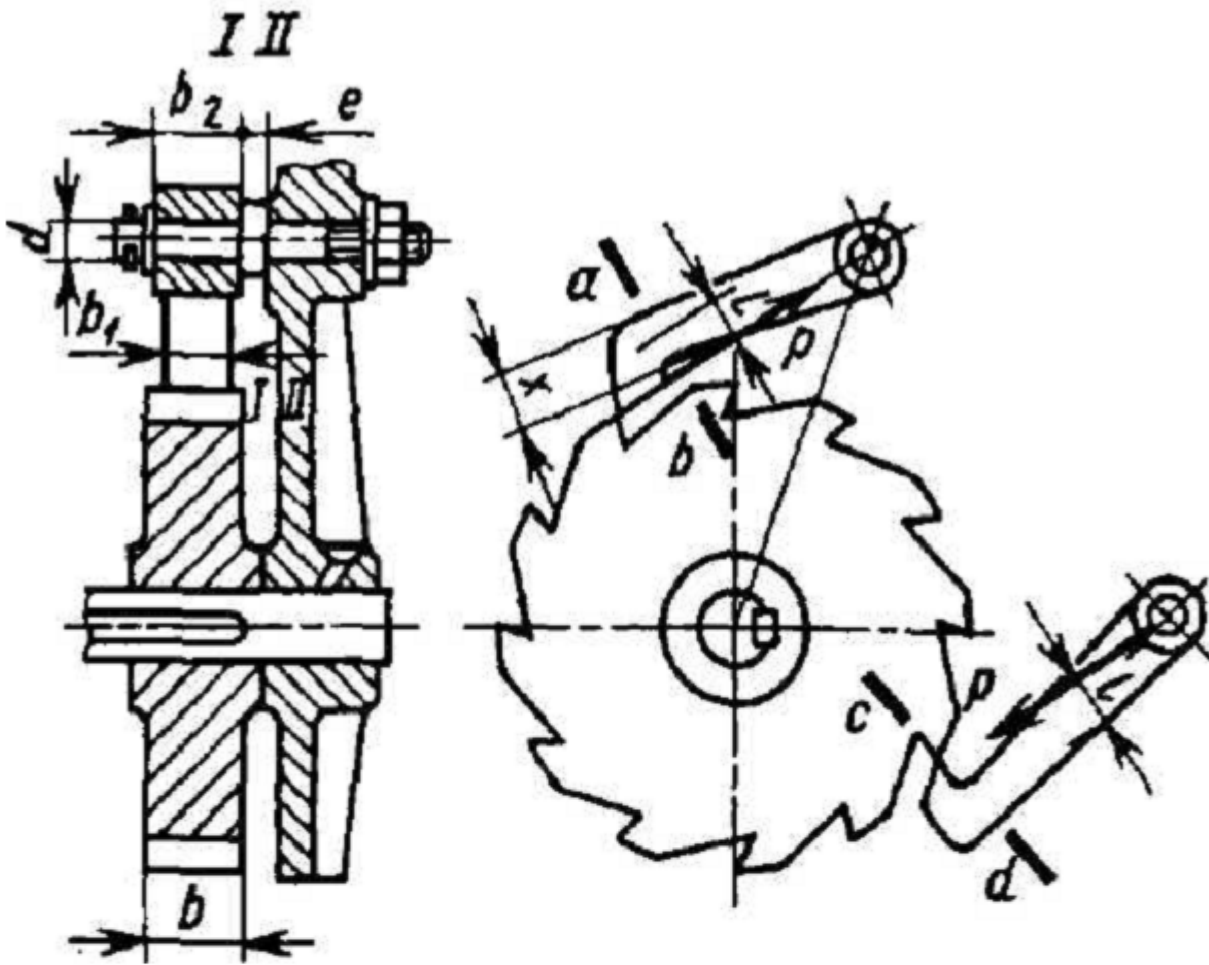


Рис. 3.4. Розрахункова схема храповика

Одним із визначальних факторів при конструкторному розрахунку храповика є кут повороту або число зубів колеса, а також переданий крутний момент.

Попереднє число зубів храпового колеса приймають $z=8...200$.

Приймаємо число зубів храпового колеса $z := 22$

Фактичний кут повороту колеса храповика (на один зуб)

$$\alpha := \frac{360}{z} \quad \alpha = 16.364$$

Для наших умов вибараємо хrapову передачу із зовнішнім зачепленням. Тоді модуль хrapового колеса визначається за формулою:

$$m = 1.75 \cdot \sqrt[3]{\frac{M_{кр}}{z \cdot \psi \cdot \sigma_{зг.доп}}}$$

де $M_{кр} := 185 \text{ (Н*м)}$ крутний момент на столі.

$$\psi = \frac{b}{m} \quad \text{відношення ширини колеса до модуля;}$$

Для сталі 35Л і 45Л $\psi = 1.5 \dots 4.0$. Приймаємо $\psi := 4$

$\sigma_{зг.доп}$ - допустиме напруження на згин. Для сталей 35Л і 45Л

$$\sigma_{зг.доп} := 80 \text{ (МПа)}$$

Розрахуємо попереднє значення модуля хrapового колеса:

$$m := 1.75 \cdot \sqrt[3]{\frac{M_{кр}}{z \cdot \psi \cdot \sigma_{зг.доп}}} \quad m = 0.52 \quad (\text{мм})$$

Приймаємо рекомендоване стандартне значення модуля

$$m := 2.4 \quad (\text{мм})$$

Тоді попередня розрахункова ширина зуба

$$b := \psi \cdot m \quad b = 9.6 \quad (\text{мм})$$

Проведемо перевірку лінійного тиску за формулою

$$\frac{2 \cdot M_{кр}}{m \cdot z \cdot b} \leq q$$

де q - допустимий лінійний тиск на одиницю довжини зуба.

Для сталей 35Л і 45Л:

$$q := 300 \quad (\text{Н/мм})$$

$$\frac{2 \cdot M_{\text{кр}}}{m \cdot z \cdot b} = 0.73 \quad (\text{Н/мм})$$

Таким чином, умова міцності виконується.

Ширину собачки вибираємо за формулою:

$$b_1 := 0.8 \cdot b \quad b_1 = 7.7 \quad (\text{мм})$$

Напруження в небезпечних перерізах a-b чи c-d собачки розраховуємо за формулою:

$$\sigma_{\text{зг}} = \frac{M_{\text{зг}}}{W} + \frac{P}{F} \leq \sigma_{\text{зг.доп}} ,$$

де P - колове зусилля:

$$P := \frac{2 \cdot M_{\text{кр}}}{m \cdot z} \quad P = 7.008 \quad (\text{Н})$$

$M_{\text{зг}}$ - згинний момент:

$$M_{\text{зг}} = P \cdot L$$

L - плече згину собачки $L := 10 \quad (\text{мм})$

$$M_{\text{зг}} := P \cdot L \quad M_{\text{зг}} = 70.076 \quad (\text{Н*мм})$$

W - момент

$$W = \frac{b_1 \cdot x^2}{6}$$

$x := 18 \quad (\text{мм})$ - ширина собачки;

$$W := \frac{b_1 \cdot x^2}{6} \quad W = 414.72 \quad (\text{мм}^3)$$

F - площа поперечного перерізу

$$\underline{\underline{F}} := b_1 \cdot x \quad F = 138.24 \quad (\text{мм}^2)$$

Таким чином, напруження в небезпечних перерізах a-b чи c-d собачки:

$$\sigma_{зг} := \frac{M_{зг}}{W} + \frac{P}{F} \quad \sigma_{зг} = 0.22 \quad (\text{МПа})$$

$$\sigma_{зг} < \sigma_{зг.доп}$$

Отже, умова міцності виконується.

Розрахуємо діаметр осі собачки. Для осі собачки виберемо сталь 45.

В перерізі I-I діаметр осі собачки розраховується за формулою:

$$d = \sqrt[3]{\frac{P}{0.1 \cdot \sigma_{зг.сб}} \cdot \frac{b_2}{2}}$$

де $\sigma_{зг.сб} := 50$ (МПа) допустиме напруження згину для матеріалу собачки.

b_2 - ширина собачки в ділянці осі:

$$b_2 := 0.9 \cdot b \quad b_2 = 8.6 \quad (\text{мм})$$

Тоді
:

$$d := \sqrt[3]{\frac{P}{0.1 \cdot \sigma_{зг.сб}} \cdot \frac{b_2}{2}} \quad d = 1.823 \quad (\text{мм})$$

Вибираємо $\underline{\underline{d}} := 4$ (мм)

В перерізі II-II діаметр осі собачки розраховується за формулою:

$$d = \sqrt[3]{\frac{P}{0.1 \cdot \sigma_{зг.сб}} \cdot \left(\frac{b_2}{2} + e \right)}$$

де e - відстань між собачкою і її основою. $\underline{\underline{e}} := 3$ (мм)

Тоді

:

$$d := \sqrt[3]{\frac{P}{0.1 \cdot \sigma_{\text{зг.сб}} \cdot \left(\frac{b_2}{2} + e\right)}} \quad d = 2.173 \quad (\text{мм})$$

Вибираємо: $d := 4 \quad (\text{мм})$

3.5. Особливості експлуатації і технічного обслуговування

Технологія експлуатації і технічного обслуговування обладнання визначається його будовою і технологічним процесом, який реалізовується [14,15]. Основними елементами машини формування заготовок печива продуктивністю 80 кг/год є наступні.

Двовалковий нагнітач. Забезпечує рівномірну подачу тіста до відсадочної головки. Два валки, що обертаються в зустрічному напрямку, затягують тісто та створюють необхідний тиск для його екструзії.

Відсадочна головка. Містить формуючі насадки (фільєри), які визначають форму та розмір печива.

Струнний різальний механізм. Розташований безпосередньо під відсадочною головою. Тонка металева струна, що рухається з певною швидкістю, відрізає заготовки печива заданої довжини.

Підйомний стіл для бритванок. Призначений для розміщення бритванок (листів для випікання). Завдяки храповому механізму, стіл здійснює вертикальний рух, синхронізований з роботою відсадочної головки та струнного різального механізму, забезпечуючи акуратне розміщення відрізаних заготовок на британках.

Система керування. Контролює роботу всіх вузлів машини, регулює швидкість подачі тіста, швидкість руху струн, висоту підйому столу та інші параметри.

Перед початком роботи необхідно виконати наступні дії.

Перевірка технічного стану. Оглянути машину на наявність пошкоджень, перевірити надійність кріплення всіх вузлів та з'єднань.

Санітарна обробка. Ретельно очистити всі частини машини, що контактують з тістом, від залишків попередньої роботи. Використовувати дозволені миючі та дезінфікуючі засоби.

Встановлення формуючих насадок. Вибрати та встановити насадки, що відповідають необхідній формі та розміру печива.

Регулювання параметрів. Встановити необхідні параметри роботи машини за допомогою системи керування. швидкість подачі тіста, швидкість руху струн, висоту підйому столу, довжину відрізаних заготовок.

Перевірка роботи на холостому ході. Запустити машину без тіста для перевірки коректності роботи всіх механізмів.

Під час роботи з машиною необхідно дотримуватися наступних правил.

Завантаження тіста. Завантажувати тісто в нагнітач рівномірно, уникаючи перевантаження. Консистенція тіста повинна відповідати рекомендаціям виробника машини.

Контроль процесу відсадки. Постійно контролювати процес відсадки, звертаючи увагу на форму, розмір та вагу заготовок. У разі виявлення відхилень, негайно зупинити машину та усунути причину.

Синхронізація роботи. Слідкувати за синхронністю роботи відсадочної головки, струнного різального механізму та підйомного столу.

Безпека. Не допускати до роботи з машиною осіб, які не пройшли інструктаж з техніки безпеки.

Не проводити ремонтні роботи під час роботи машини.

Використовувати захисні засоби (рукавички, окуляри).

У разі виникнення аварійної ситуації, негайно вимкнути машину.

Обслуговування та технічний догляд

Для забезпечення безперебійної та довготривалої роботи машини необхідно регулярно проводити технічне обслуговування.

Щоденне. Очищення всіх частин машини від залишків тіста, змащування рухомих частин.

Щотижневе. Детальна перевірка стану всіх вузлів та механізмів, регулювання натягу струн, перевірка стану підшипників.

Щомісячне. Заміна зношених деталей, перевірка стану електропроводки.

Періодичне (згідно з рекомендаціями виробника). Капітальний ремонт.

Безпека праці

Безпека праці є пріоритетним аспектом при експлуатації будь-якого промислового обладнання. При роботі з машиною для відсадки печива необхідно дотримуватися наступних правил.

Загальні вимоги.

Працівники повинні бути ознайомлені з інструкцією з експлуатації машини.

Робоче місце повинно бути добре освітленим та вільним від сторонніх предметів.

Не допускається перебування сторонніх осіб в зоні роботи машини.

Вимоги після закінчення роботи.

Вимкнути машину від електромережі.

Провести очищення та санітарну обробку машини.

Можливі несправності та способи їх усунення

Несправність	Можлива причина	Спосіб усунення
Нерівномірна подача тіста	Недостатня кількість тіста в нагнітачі, нерівномірна консистенція тіста	Додати тісто в нагнітач, перемішати тісто, відрегулювати зазор між валками нагнітача.
Нечіткий зріз заготовок	Недостатній натяг струн, затуплені струни	Відрегулювати натяг струн, замінити струни.
Деформація заготовок при відсадці на бритванки	Неправильне регулювання висоти підйому столу	Відрегулювати висоту підйому столу, синхронізувати роботу столу з роботою відсадочної головки та струнного різака.
Заклинювання механізмів	Забруднення, недостатнє змащування	Очистити та змастити механізми.

4. Моделювання і дослідження насадок валків нагнітаючого вузла машини формування заготовок печива продуктивністю 80 кг/год

4.1 Постановка задач для дослідження

Поставимо задачу дослідити конструкції насадок для валків з різними внутрішніми діаметрами, щоб знайти найбільш надійний варіант. Внутрішній отвір насадок з конструктивних міркувань оберемо 17 мм, 20 мм і 22 мм. Як матеріал застосуємо міцний пластик поліетеретеркетон, який дозволений до контакту з харчовими продуктами.

РЕЕК (Polyetheretherketone) [16] — один із найміцніших термопластиків із хорошими механічними, термічними й хімічними властивостями. Його часто використовують у харчовій промисловості для деталей, що працюють в агресивних умовах. РЕЕК зарекомендував себе як чудовий матеріал для деталей навантажених робочих органів у харчовій промисловості, які контактують з харчовими продуктами, завдяки своїм унікальним властивостям. Він забезпечує надійну, безпечну та гігієнічну роботу обладнання. В загальному властивості РЕЕК можна схарактеризувати наступним чином.

Механічна міцність. Витримує високі навантаження під час екструзії тіста.

Стійкість до температури. Підходить для роботи при температурах, які виникають у процесі обробки тіста.

Хімічна інертність. Не взаємодіє з харчовими продуктами та не виділяє шкідливих речовин.

Легка оброблюваність. Може бути виготовлений із високою точністю.

Завдяки цим властивостям РЕЕК є ідеальним матеріалом для виготовлення деталей робочих органів у харчовій промисловості, які контактують з харчовими продуктами.

Фізико-механічні характеристики РЕЕК

Властивість	Значення
Густина	~1.3 г/см ³
Межа міцності на розтяг	90–100 МПа
Модуль пружності	~4 ГПа
Ударна в'язкість (IZOD)	50–70 Дж/м
Температура експлуатації	до 260°C
Температура плавлення	~343°C
Твердість (по Шору)	D85
Стійкість до стирання	Висока
Хімічна стійкість	Висока (до кислот, лугів і органічних розчинників)
Гігієнічність	Відповідає стандартам FDA для харчової промисловості.

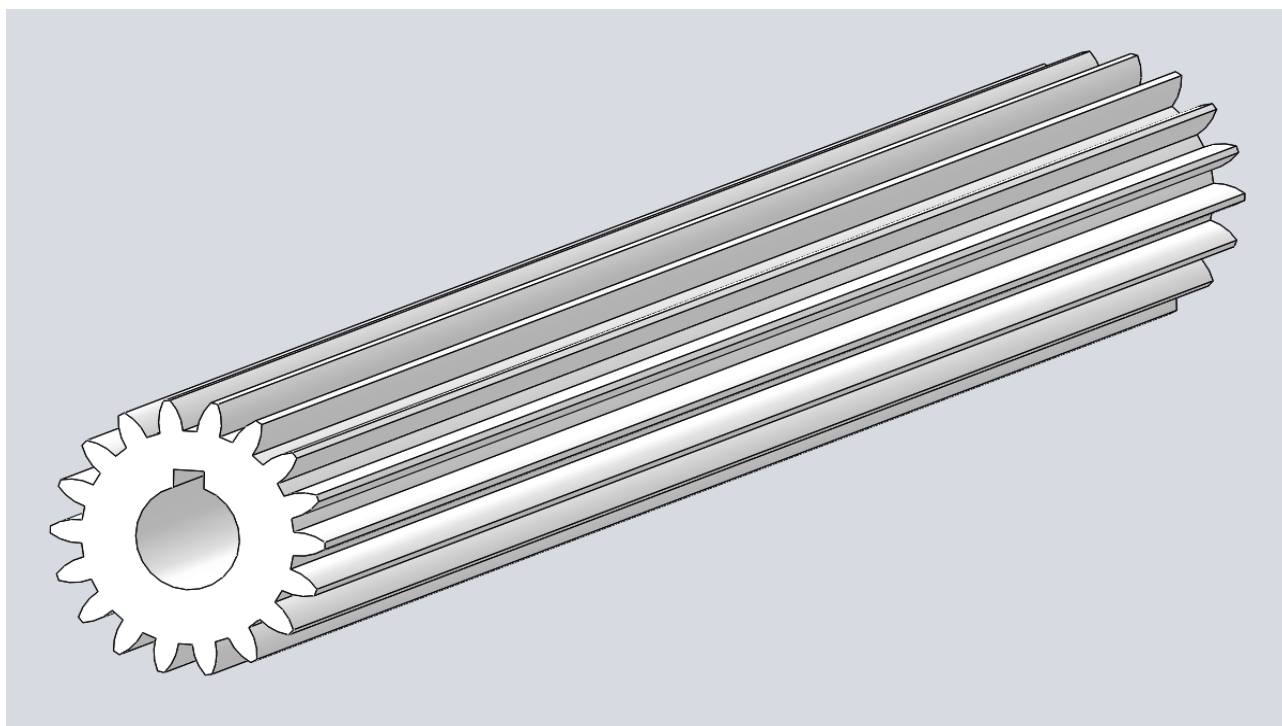


Рис. 4.1. 3D модель насадки валка.

3D модель насадки валка (рис. 4.1.) виконаємо на базі шестерні із Toolbox, задавши довжину (470 мм), число зубів (18) і модуль (2,25) і розмірів внутрішнього наскрізного отвору (17 мм, 20 мм і 22 мм). Після цього сформуємо шпонковий паз. Відповідно до діаметрів отворів валків це шпонки з профілем: 5x5 мм, 6x6 мм і 7x8 мм. [9]

Геометричні обмеження і параметри навантаження представлено на рис. 4.2. По внутрішньому отвору і бічних сторонах пазу це Roller/Slider, а з торців - Fixed. Прикладений момент 15 Нм на елемент. [17]

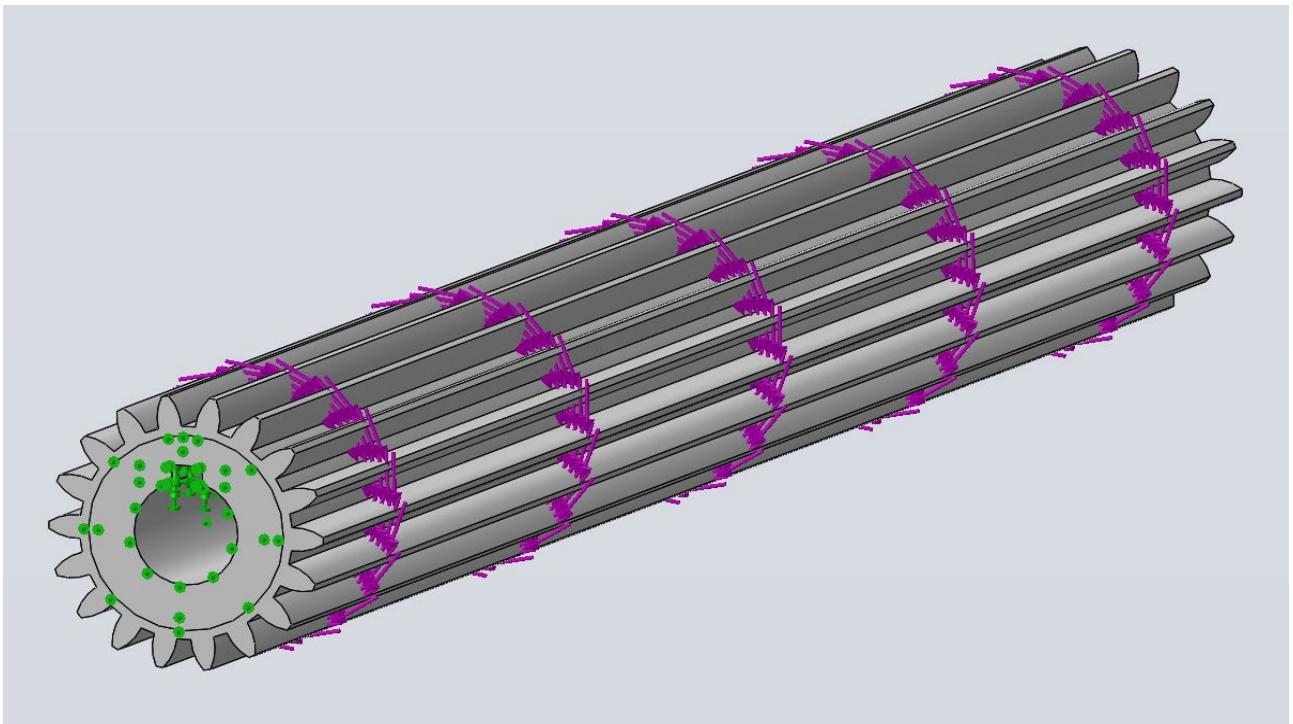


Рис 4.2. Геометричні обмеження і схема навантаження насадки валка

Насадки валка мають складну геометрію із плоскими, круглими і евольвентоподібними елементами. Сітку будуємо з використанням опції Blended curvature-based mesh (рис. 4.3.) та пропонованим SolidWorks Simulation параметрами сітки по замовчуванню.

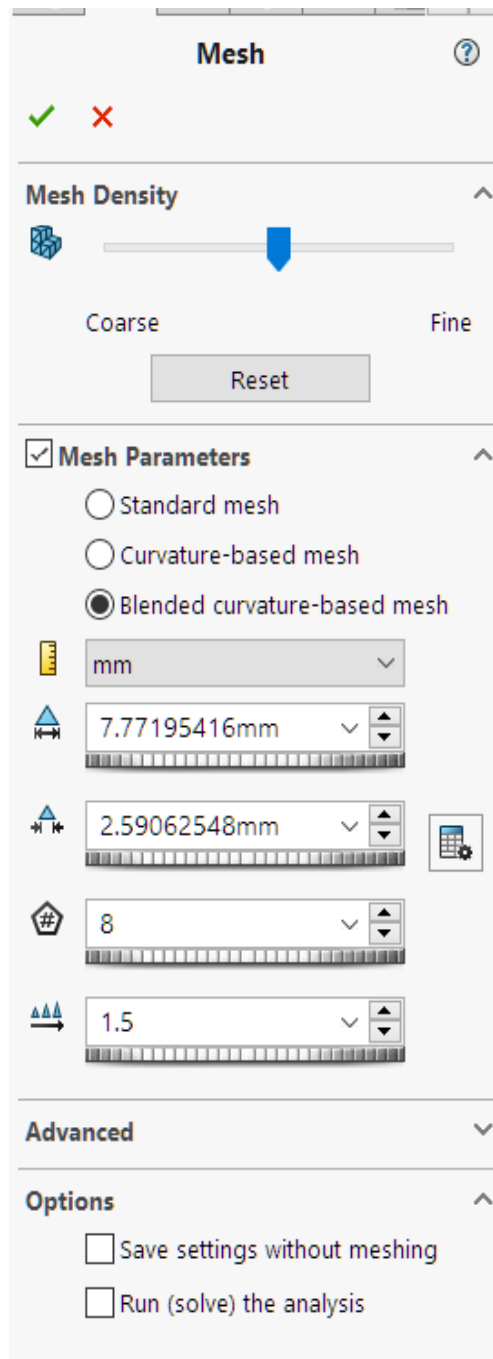


Рис 4.3. Побудова розрахункової сітки

Насадка валка із сіткою показана на рис. 4.4. Виконаємо дослідження напружено-деформованого стану насадки валка з діаметром наскрізного отвору 17 мм і пазом під шпонку 5x5 мм і покажемо результати на рис. 4.5-4.8.

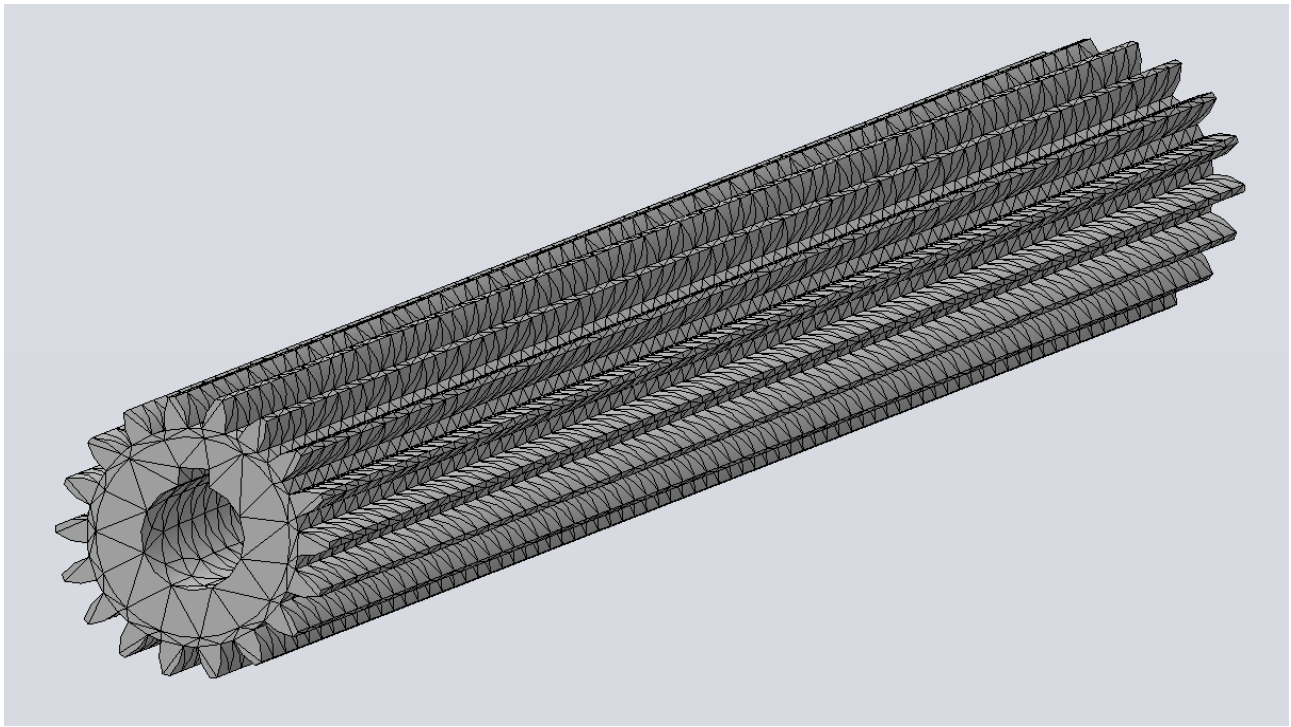


Рис. 4.4. Насадка валка із сіткою

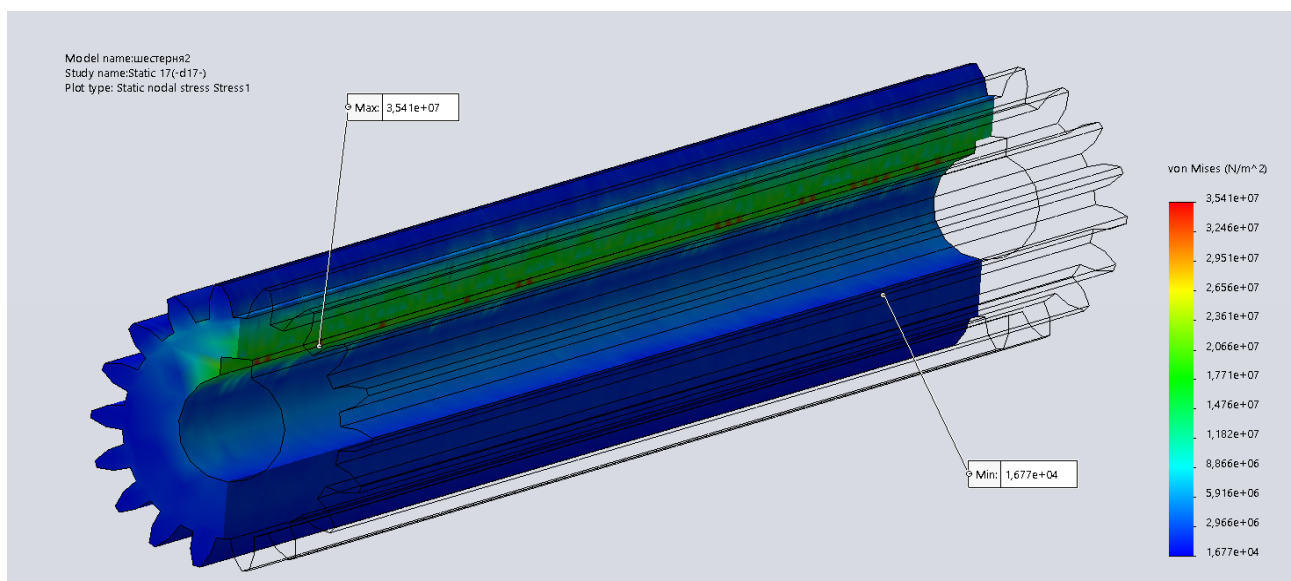


Рис. 4.5. Епюра напружень за фон Мізесом в насадки валка (діаметр наскрізного отвору 17 мм і паз під шпонку 5x5 мм, момент 15 Нм) нагнітаючого вузла машини формування заготовок печива.

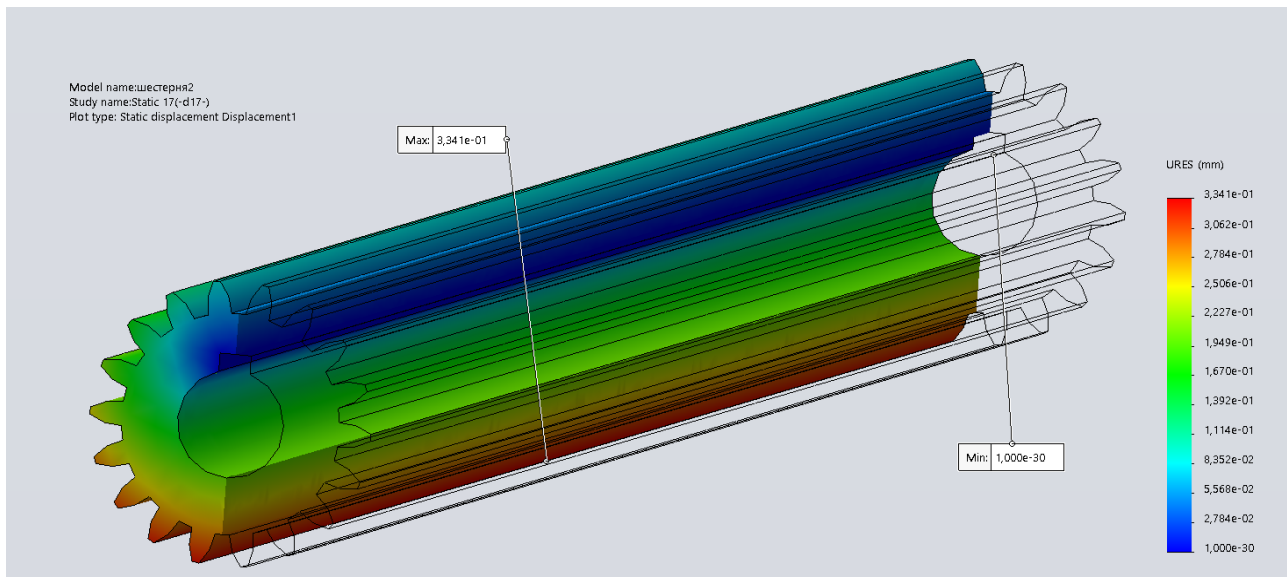


Рис. 4.6. Статичне переміщення в насадки валка (діаметр наскрізного отвору 17 мм і паз під шпонку 5x5 мм, момент 15 Нм) нагнітаючого вузла машини формування заготовок печива.

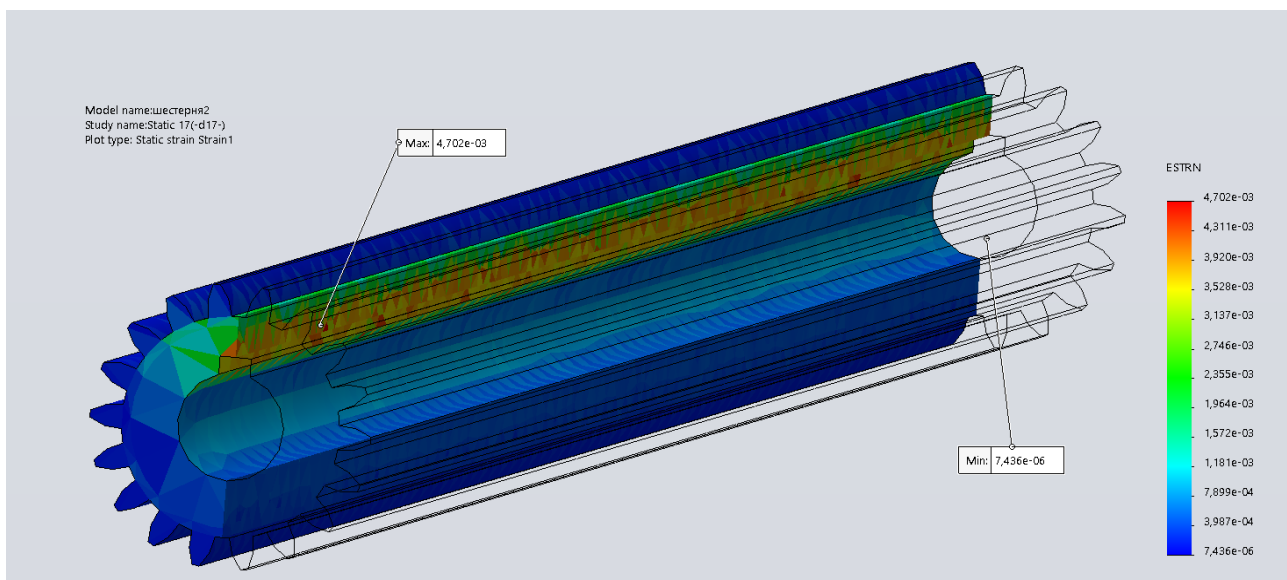


Рис. 4.7. Статична деформація в насадки валка (діаметр наскрізного отвору 17 мм і паз під шпонку 5x5 мм, момент 15 Нм) нагнітаючого вузла машини формування заготовок печива.

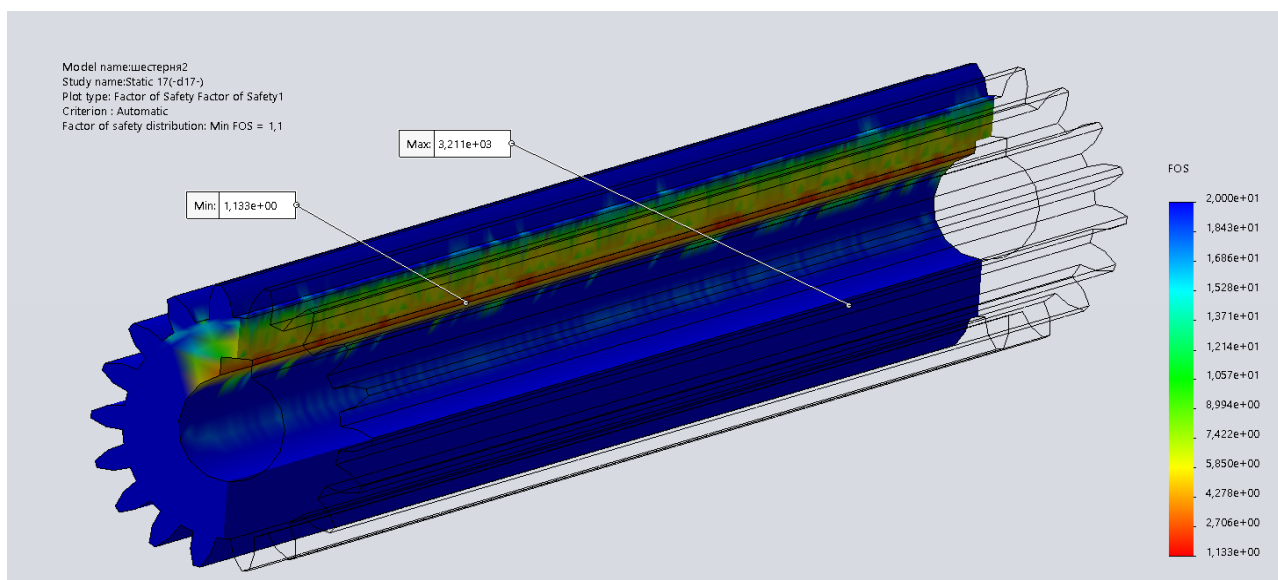


Рис. 4.8. Коефіцієнт запасу міцності в насадки валка (діаметр наскрізного отвору 17 мм і паз під шпонку 5x5 мм, момент 15 Нм) нагнітаючого вузла машини формування заготовок печива.

Зведемо в таблицю 4.2 основні результати дослідження (діаметр наскрізного отвору 17 мм і паз під шпонку 5x5 мм, момент 15 Нм) нагнітаючого вузла машини формування заготовок печива.

Таблиця 4.2

Основні результати дослідження (діаметр наскрізного отвору 17 мм і паз під шпонку 5x5 мм, момент 15 Нм) нагнітаючого вузла машини формування заготовок печива

Параметр	Найменше значення	Найбільше значення
Напруження, Von Mises, Н/м ²	16771.515625	35412064
Переміщення, Displacement, мм	0	0.334085763
Деформація, Strain	7.43607507e-06	0.00470215362
Запас міцності, Factor of Safety	1.13339615	3210.69897461

Виконаємо дослідження напружено-деформованого стану насадки валка з діаметром наскрізного отвору 20 мм і пазом під шпонку 6х6 мм і покажемо результати на рис. 4.9-4.12

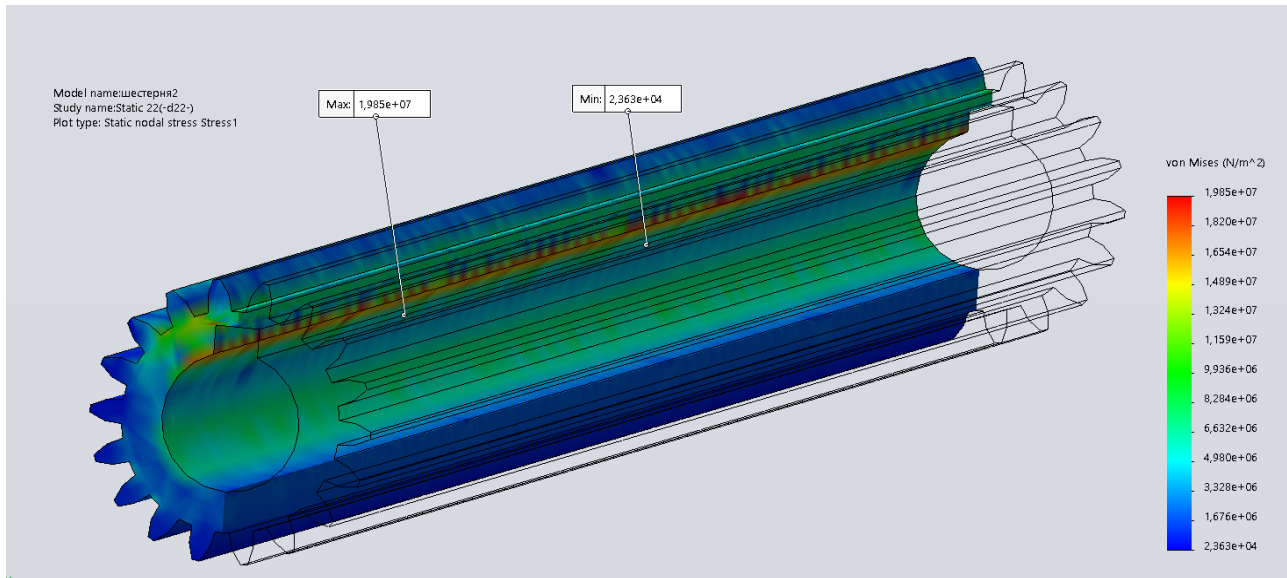


Рис. 4.9. Епюра напружень за фон Мізесом в насадки валка (діаметр наскрізного отвору 20 мм і паз під шпонку 6х6 мм, момент 15 Нм) нагнітаючого вузла машини формування заготовок печива.

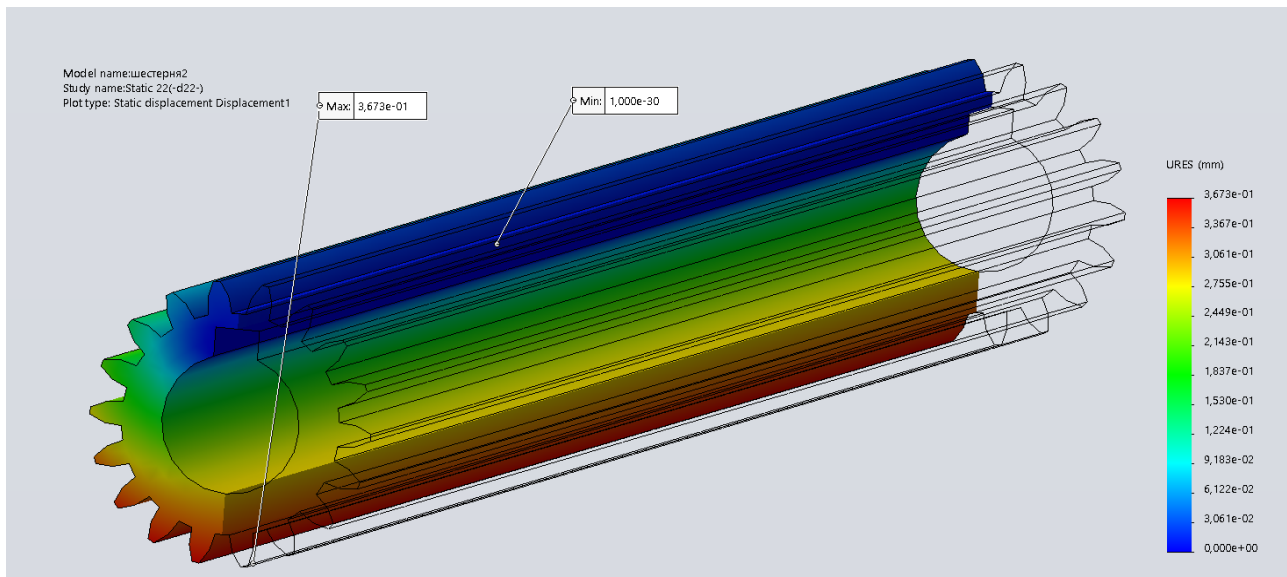


Рис. 4.10. Статичне переміщення в насадки валка (діаметр наскрізного отвору 20 мм і паз під шпонку 6х6 мм, момент 15 Нм) нагнітаючого вузла машини формування заготовок печива.

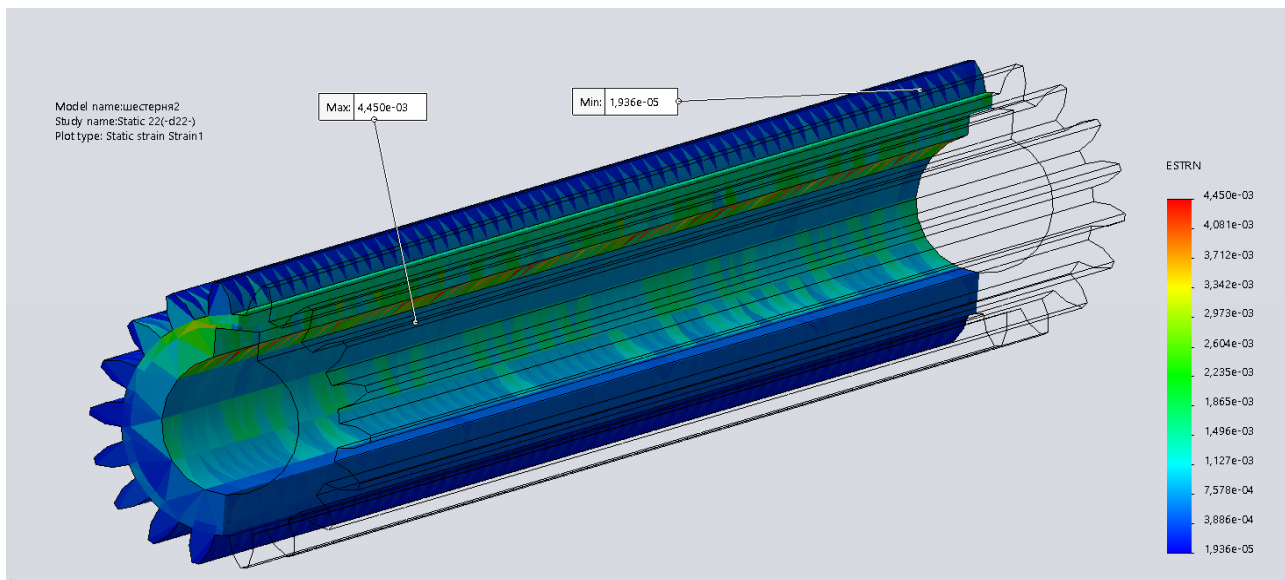


Рис. 4.11. Статична деформація в насадці валка (діаметр наскрізного отвору 20 мм і паз під шпонку 6х6 мм, момент 15 Нм) нагнітаючого вузла машини формування заготовок печива.

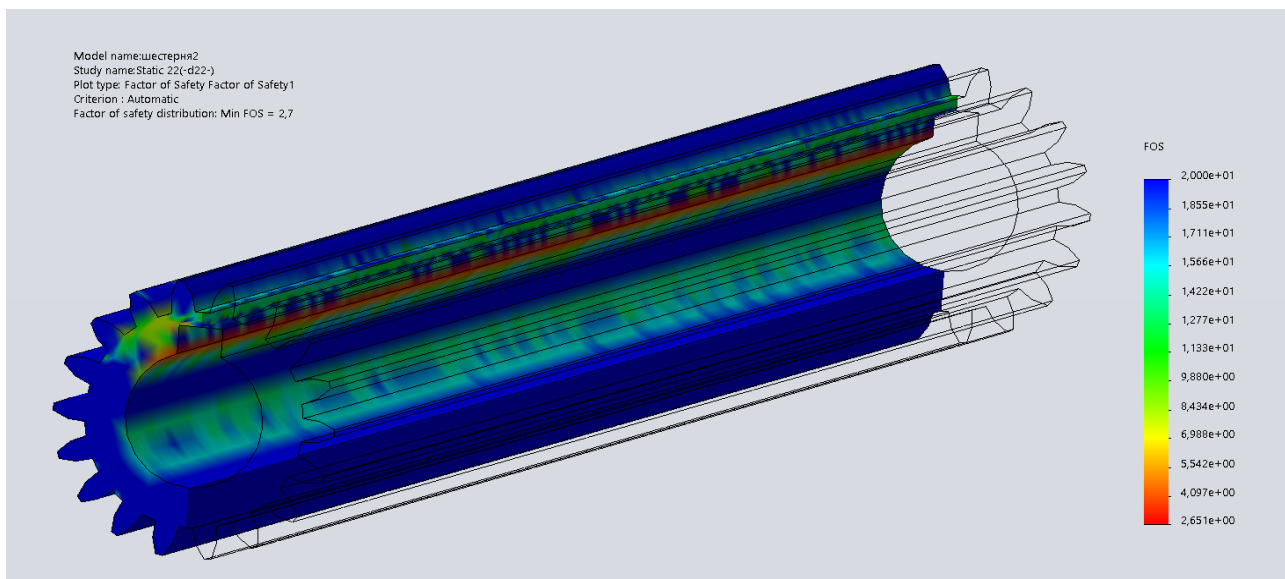


Рис. 4.12. Коефіцієнт запасу міцності в насадці валка (діаметр наскрізного отвору 20 мм і паз під шпонку 6х6 мм, момент 15 Нм) нагнітаючого вузла машини формування заготовок печива.

Зведемо в таблицю 4.3 основні результати дослідження (діаметр наскрізного отвору 20 мм і паз під шпонку 6х6 мм, момент 15 Нм) нагнітаючого вузла машини формування заготовок печива.

Основні результати дослідження (діаметр наскрізного отвору 20 мм і паз під шпонку 6х6 мм, момент 15 Нм) нагнітаючого вузла машини формування заготовок печива

Параметр	Найменше значення	Найбільше значення
Напруження, Von Mises, Н/м ²	61013.796875	21237056
Переміщення, Displacement, мм	0	0.341151267
Деформація, Strain	2.56934163e-05	0.00429299753
Запас міцності, Factor of Safety	2.87204361	1430.1496582

Виконаємо дослідження напружено-деформованого стану насадки валка з діаметром наскрізного отвору 22 мм і пазом під шпонку 7х8 мм і покажемо результати на рис. 4.13-4.16

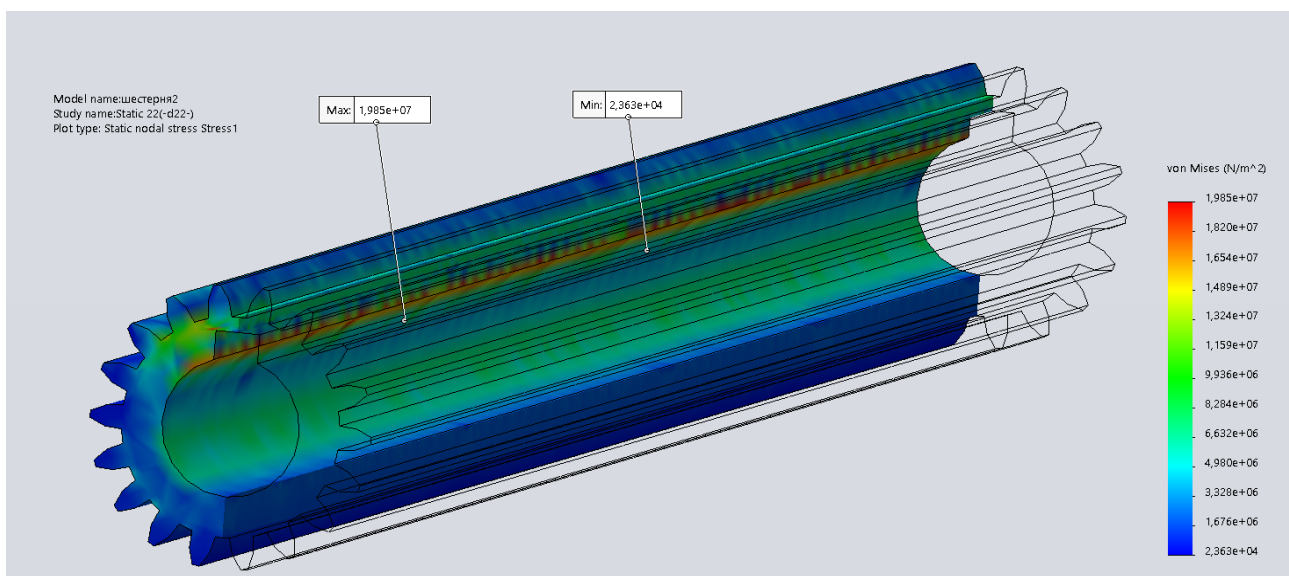


Рис. 4.13. Епюра напружень за фон Мізесом в насадки валка (діаметр наскрізного отвору 22 мм і паз під шпонку 7х8 мм, момент 15 Нм) нагнітаючого вузла машини формування заготовок печива.

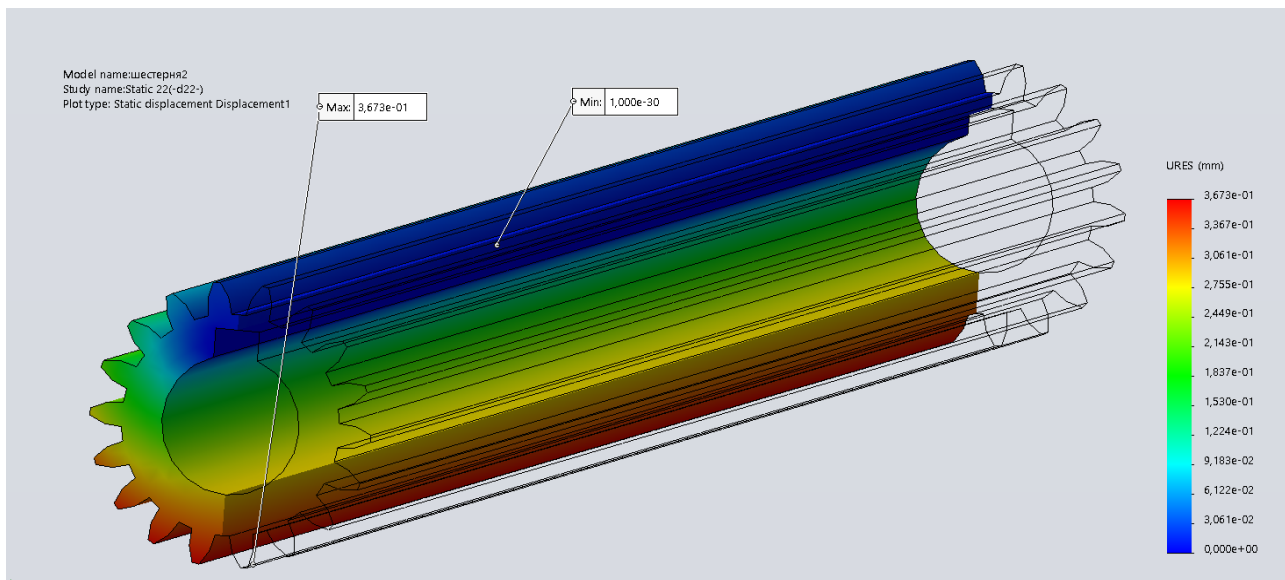


Рис. 4.14. Статичне переміщення в насадці валка (діаметр наскрізного отвору 22 мм і паз під шпонку 7х8 мм, момент 15 Нм) нагнітаючого вузла машини формування заготовок печива.

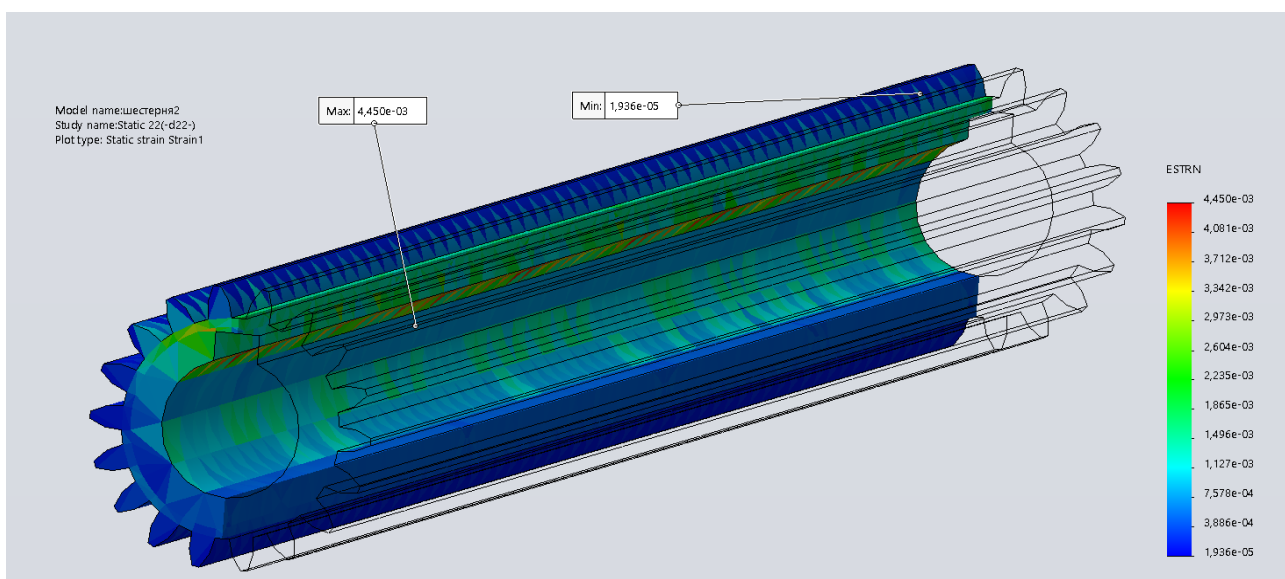


Рис. 4.15. Статична деформація в насадці валка (діаметр наскрізного отвору 22 мм і паз під шпонку 7х8 мм, момент 15 Нм) нагнітаючого вузла машини формування заготовок печива.

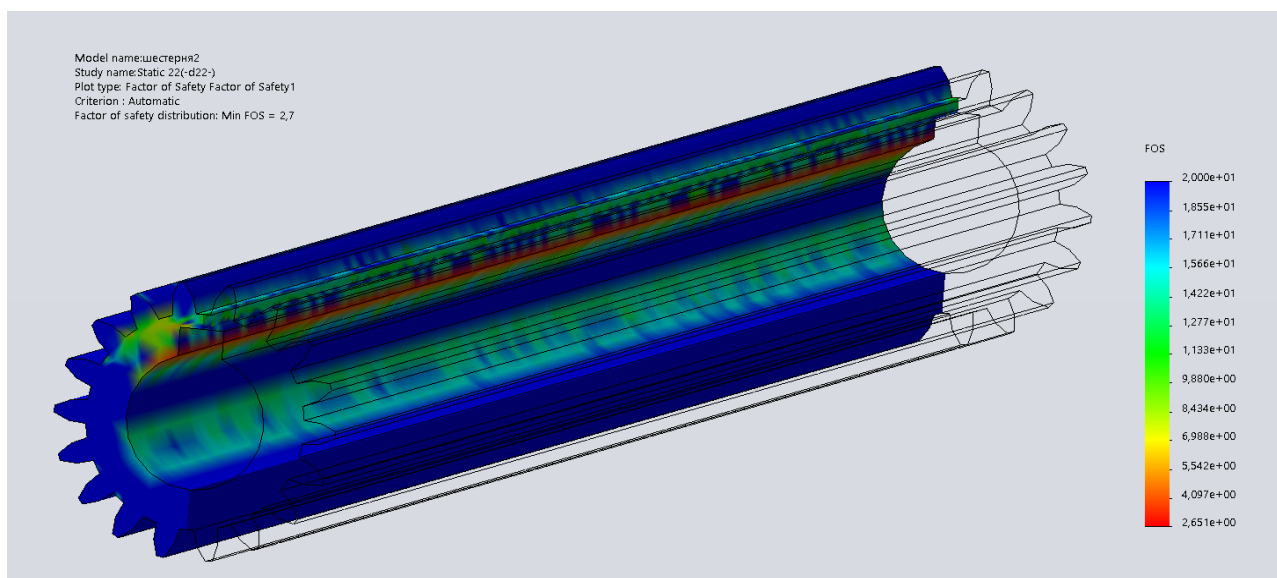


Рис. 4.16. Коефіцієнт запасу міцності в насадці валка (діаметр наскрізного отвору 22 мм і паз під шпонку 7х8 мм, момент 15 Нм) нагнітаючого вузла машини формування заготовок печива.

Зведемо в таблицю 4.4 основні результати дослідження (діаметр наскрізного отвору 22 мм і паз під шпонку 7х8 мм, момент 15 Нм) нагнітаючого вузла машини формування заготовок печива.

Таблиця 4.4

Основні результати дослідження (діаметр наскрізного отвору 22 мм і паз під шпонку 7х8 мм, момент 15 Нм) нагнітаючого вузла машини формування заготовок печива

Параметр	Найменше значення	Найбільше значення
Напруження, Von Mises, Н/м ²	23625.40039063	19847536
Переміщення, Displacement, мм	0	0.367316067
Деформація, Strain	1.93589822e-05	0.00444997707
Запас міцності, Factor of Safety	2.65082932	1263.11499023

Як бачимо, найкращі показники запасу міцності у рішення на базі діаметра отвору 20 мм і профіля шпонки 6x6. Максимальні напруження є у шпоночних пазах. Поставимо задачу збільшити запас міцності насадки валка. Виконаємо це за рахунок додаткового шпонкового паза навпроти наявного. Схема 3D моделі насадки валка з двома шпонковими пазами представлена на рис. 4.17. Схема навантаження і значення моменту аналогічні, як у одношпонкового варіанту.

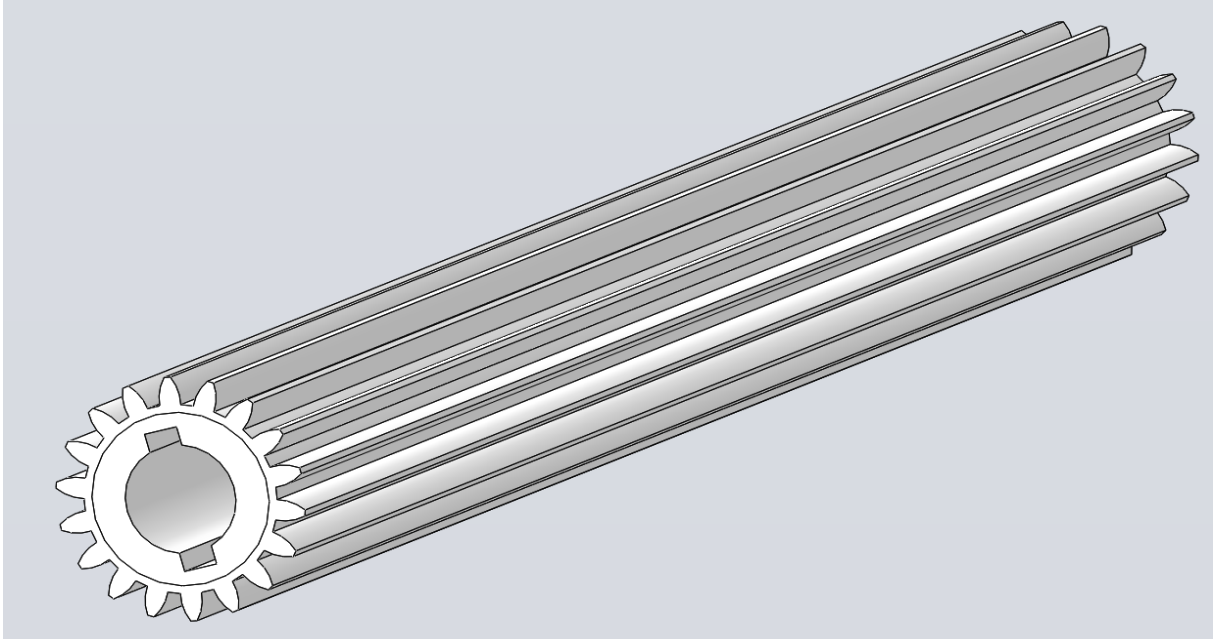
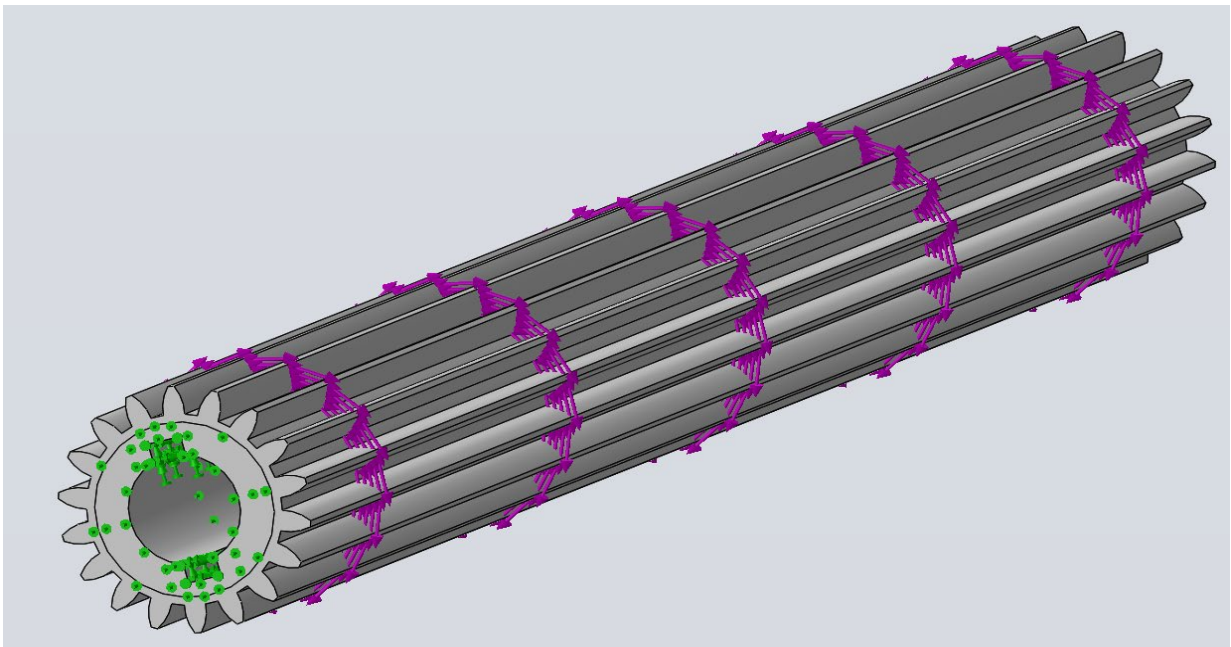


Рис. 4.17. Схема 3D моделі насадки валка з двома шпонковими пазами



4.18 Схема кріплення і навантаження для двошпонкового виконання насадки валка з діаметром наскрізного отвору 20 мм і пазом під шпонку 5x5 мм

Виконаємо дослідження напружено-деформованого стану насадки валка з діаметром наскрізного отвору 22 мм і двома пазами під шпонку 7x8 мм. Результати покажемо на рис. 4.19-4.22

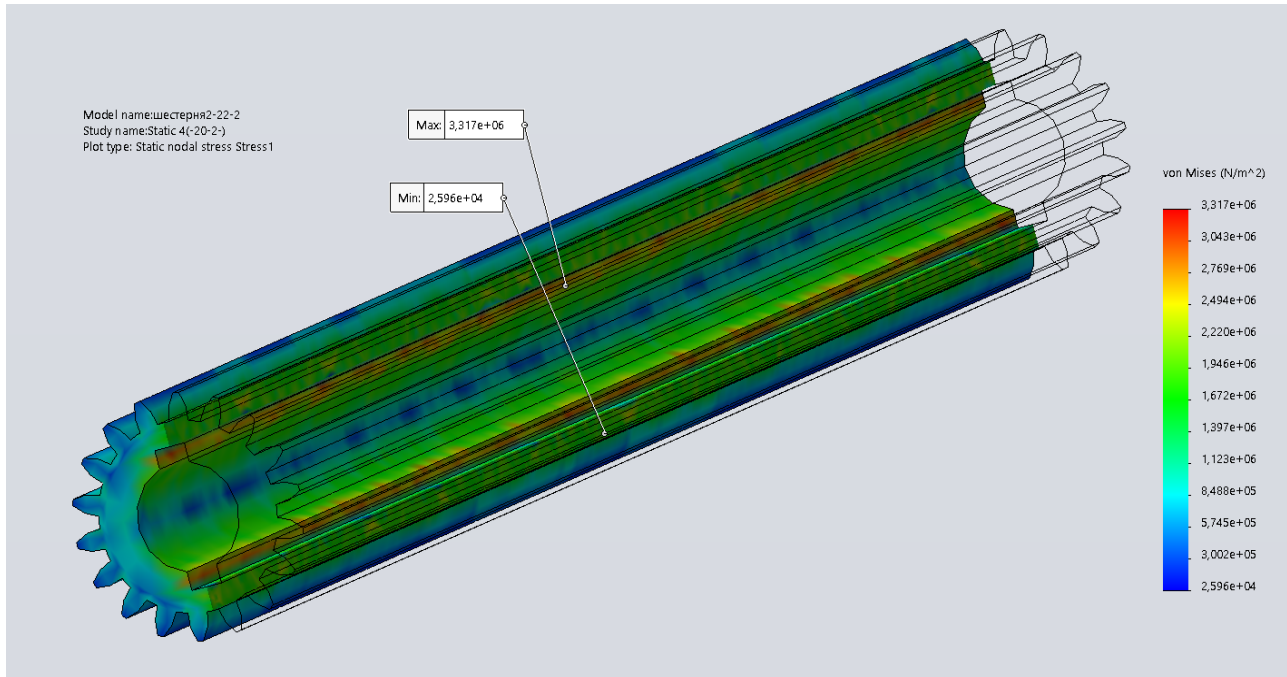


Рис. 4.19. Епюра напружень за фон Мізесом в насадки валка (діаметр наскрізного отвору 20 мм, 2 пази під шпонку 6x6 мм, момент 15 Нм) нагнітаючого вузла машини формування заготовок печива.

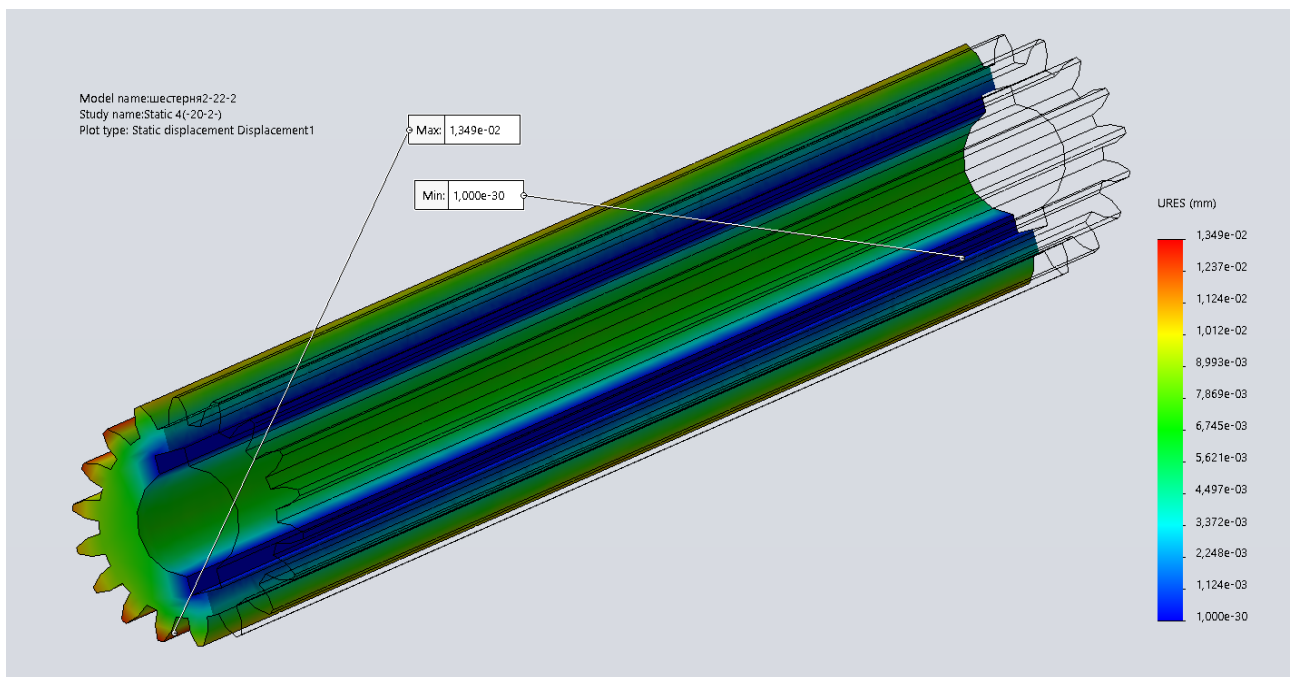


Рис. 4.20. Статичне переміщення в насадки валка (діаметр наскрізного отвору 20 мм, 2 пази під шпонку 6x6 мм, момент 15 Нм) нагнітаючого вузла машини формування заготовок печива.

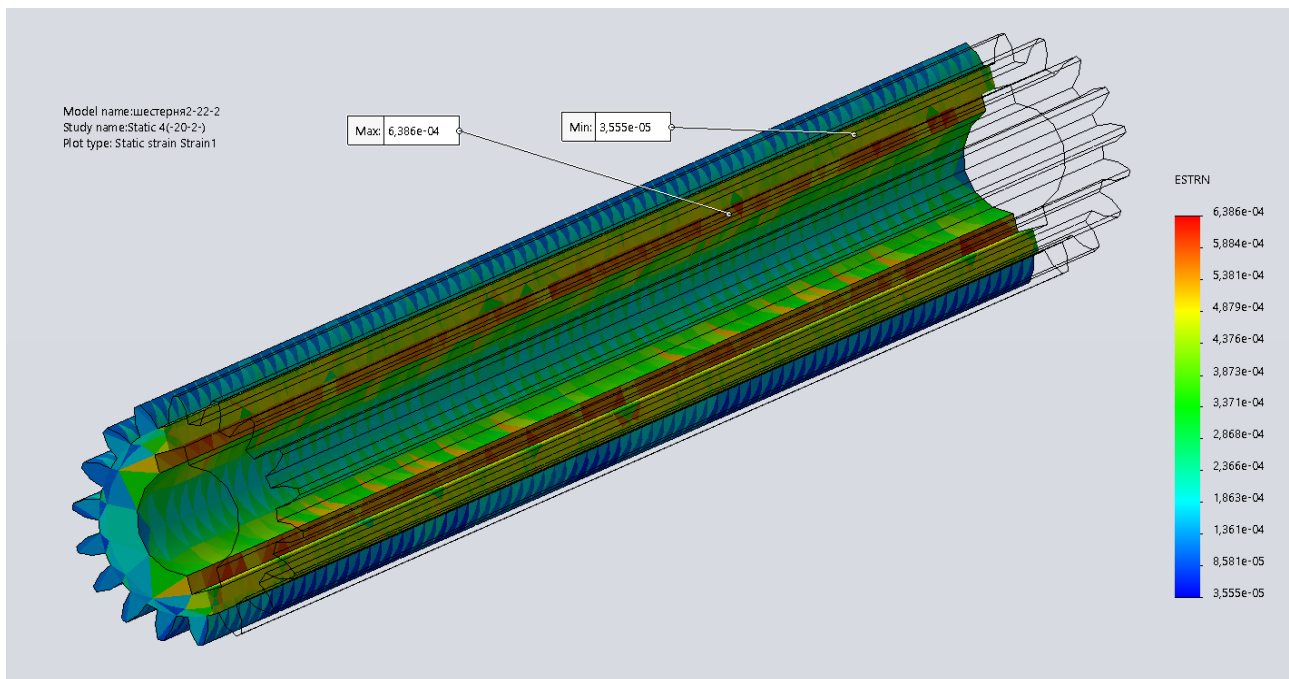


Рис. 4.21. Статична деформація в насадці валка (діаметр наскрізного отвору 20 мм, 2 пази під шпонку 6х6 мм, момент 15 Нм) нагнітаючого вузла машини формування заготовок печива.

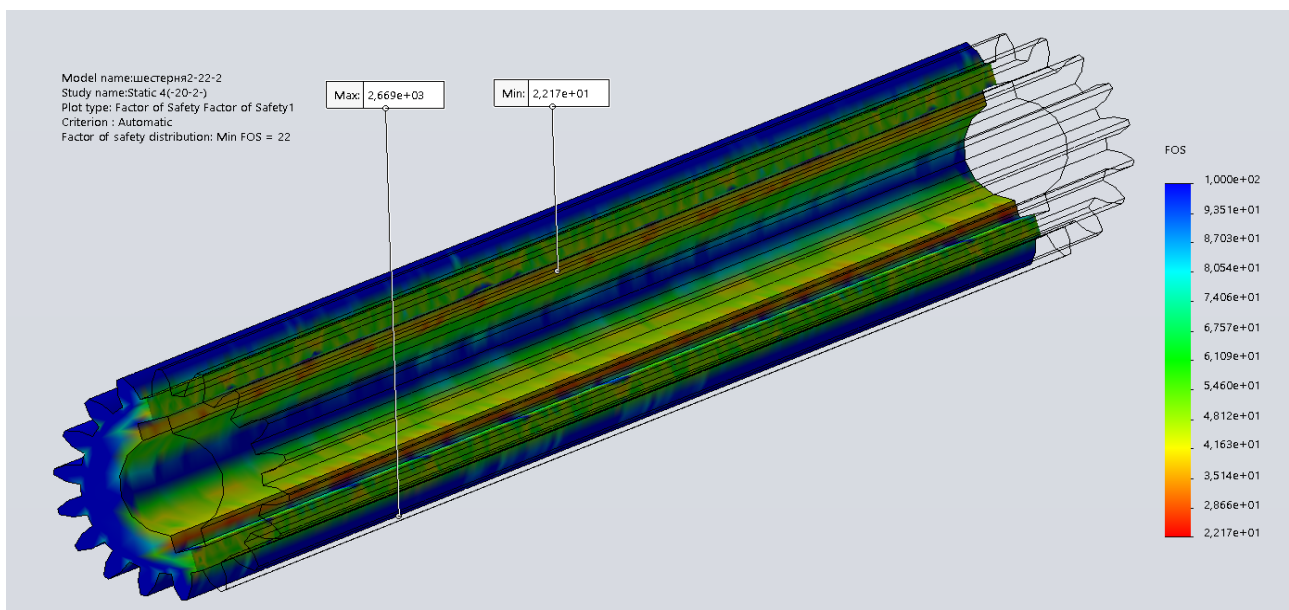


Рис. 4.22. Коефіцієнт запасу міцності в насадці валка (діаметр наскрізного отвору 20 мм, 2 пази під шпонку 6х6 мм, момент 15 Нм) нагнітаючого вузла машини формування заготовок печива.

Зведемо в таблицю 4.5 основні результати дослідження (діаметр наскрізного отвору 20 мм, 2 пази під шпонку 6х6 мм, момент 15 Нм) нагнітаючого вузла машини формування заготовок печива.

Таблиця 4.5

Основні результати дослідження (діаметр наскрізного отвору 20 мм, 2 пази під шпонку 6х6 мм, момент 15 Нм) нагнітаючого вузла машини формування заготовок печива

Параметр	Найменше значення	Найбільше значення
Напруження, Von Mises, Н/м ²	25955.23828125	3317193
Переміщення, Displacement, мм	0	0.0134898955
Деформація, Strain	3.5550067e-05	0.000638629368
Запас міцності, Factor of Safety	22.17353058	2668.68920898

4.2. Аналіз отриманих результатів

В розділі 4.1 виконано дослідження [18] насадок валків довжиною 470 мм, числом зубів 18 і модулем 2,25 мм, внутрішніми наскрізними отворами 17 мм, 20 мм і 22 мм. В отворах розміщено шпонкові пази 5х5 мм, 6х6 мм і 7х8 мм відповідно. Насадки валків виготовлено з РЕЕК. В результаті дослідження [19] напружено-деформованого стану найкраще зарекомендував себе варіант насадки валка з отвором діаметром 20мм, та пазом під шпонку 6х6мм. Зокрема, мінімальний коефіцієнт запасу міцності складає 2.87. Для виконань 17 мм / 5х5 мм і 22 мм / 7х8 мм коефіцієнти запаси міцності відповідно будуть 1.13 та 2.65.

З отриманих результатів видно, що максимальні напруження є у шпоночних пазах, тому поставили задачу збільшити запас міцності за рахунок додаткового

шпонкового паза аналогічної геометрії навпроти наявного. В результаті виконання дослідження напружено-деформованого стану встановили, що коефіцієнт запасу міцності складає 22.17. Конструкція зарекомендувала себе достатньо надійною і придатною до застосування.

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 роботі з екструдером

У цеху виробництва печива використовуються: просіювач, насоси для рідин, місильна машина, формувальна машина, транспортери, піч та глазурувальна машина.

Просіювач. Основна небезпека [20,21] – статична електрика та загоряння борошняного пилу. Необхідно заземлення та вентиляція. Привід закритий кожухами. Гранично допустима напруженість ЕП на робочому місці: до 1 год - 60 В/м, від 1 до 9 год – не більше 60 В/м.

Насоси. Важливі якісне складання та точний монтаж, ущільнення. Небезпечні фактори: вібрація та ураження струмом через вологість. Застосовується віброізоляція та заземлення. Підтікання не повинно перевищувати норми. При несправності (задівання робочих органів, підвищена вібрація, шум) робота заборонена. Трубопроводи герметичні.

Місильна машина. Корито з місильним органом та електроприводом. Обов'язкове заземлення та кожухи на рухомих елементах.

Транспортери. Потрібно унеможливити контакт робітників з рухомими елементами за допомогою огорож та кожухів.

Піч. Небезпека – теплові опіки. Максимальна допустима температура поверхонь для дотику – 50°C. Застосовується теплоізоляція.

Обладнання фарбується у світлі тони (крім нержавіючих матеріалів), фарби без шкідливих домішок. Фарби зі свинцем, кадмієм, хромом не допускаються.

Розміщення обладнання відповідає технологічній схемі, забезпечує потоковість процесу, короткі комунікації, виключає зустрічні потоки.

Повинен бути вільний доступ до обладнання для роботи, контролю, миття та дезінфекції.

Частини, що контактують з сировиною, доступні для чищення, миття та дезінфекції.

При проектуванні та монтажі: проходи в місцях постійного перебування – не менше 1,5 м; біля вікон – не менше 1 м; для огляду та регулювання – не менше 0,8 м; для огляду трубопроводів – не менше 0,7 м; між лініями та головними проїздами – не менше 2,4 м; між машинами в одному ряду – не менше 0,35 м.

Освітлення відповідає нормам. Природне освітлення: СК – 1:6 - 1:8 (виробничі), 1:10 (побутові). КЕО – з урахуванням характеру праці. Штучне освітлення – переважно люмінесцентні лампи, в тяжких умовах – лампи розжарювання.

Між транспортером та стіною – не менше 0,7 м, між двома транспортерами – не менше 0,9 м. При ширині стрічки до 60 см транспортер можна встановлювати впритул до стіни, понад 60 см – розрив не менше 0,4 м.

Небезпеки, пов'язані з рухомими елементами, нормуються ГОСТами.

Секції агрегатів мають двері, запобіжні прилади, механізми фотоелектричного блокування та кінцеві електричні контактні датчики.

Матеріали обладнання, що контактують з сировиною, дозволені органами санепідемнагляду.

5.1.2. Вимоги з охорони праці і техніки безпеки до машини формування заготовок печива продуктивністю 80 кг/год

Машина повинна відповідати чинним стандартам безпеки, технічним регламентам та санітарним нормам. Персонал, що працює з машиною, повинен пройти навчання та інструктаж з охорони праці, правил безпечної експлуатації, надання першої медичної допомоги.

Машина повинна проходити регулярні технічні огляди та обслуговування згідно з графіком, встановленим виробником. Всі дії слід відображати і відповідних журналах.

Всі рухомі частини (вали, шестерні, ланцюги, реміні, формуючі елементи тощо) повинні бути закриті надійними захисними огороженнями, що запобігають випадковому контакту працівників. Огороження повинні бути міцними, надійно закріпленими та легко знімними для обслуговування.

Машина повинна бути обладнана системами блокування, які автоматично зупиняють її роботу при відкритті захисних огорожень, виникненні аварійної ситуації або перевищенні допустимих параметрів (наприклад, тиску, температури). На видному та легкодоступному місці повинні бути розташовані кнопки аварійної зупинки машини,

позначені червоним кольором. Машина повинна бути надійно заземлена. Електропроводка та електрообладнання повинні відповідати вимогам ПУЕ (Правила улаштування електроустановок). На машині повинні бути нанесені чіткі попереджувальні знаки, що вказують на потенційні небезпеки, інформаційні таблички з параметрами машини та інструкції з безпеки.

Матеріали, що контактують з харчовими продуктами, повинні бути дозволені для використання в харчовій промисловості, мати відповідні сертифікати та відповідати санітарним нормам (не виділяти шкідливих речовин, бути стійкими до корозії та легко очищатися). Конструкція машини повинна забезпечувати легке очищення, миття та дезінфекцію всіх поверхонь, що контактують з продуктом. Відсутність важкодоступних місць для скупчення забруднень. Рівень вібрації та шуму, що створюються машиною, не повинен перевищувати допустимі санітарні норми. Вжиття заходів щодо вібро- та шумоізоляції.

Забороняється працювати на несправній машині або з несправними захисними пристроями. Перед початком роботи необхідно перевірити справність машини, наявність та надійність кріплення огорожень, блокувань та заземлення.

Категорично забороняється проводити ремонтні роботи, очищення або змащування машини під час її роботи. Перед цим необхідно вимкнути машину від електромережі та впевнитись у повній зупинці всіх рухомих частин. Необхідно суворо дотримуватися інструкції з експлуатації машини та технологічних регламентів.

Приміщення повинно мати достатнє природне та штучне освітлення, що відповідає санітарним нормам. Ефективна вентиляція для видалення пилу, пари, газів та підтримання комфортних умов праці. До машини повинен бути забезпечений вільний доступ для обслуговування, ремонту та евакуації у разі аварійної ситуації.

Дотримання вимог ОП і ТБ є обов'язковим для забезпечення безпеки працівників та запобігання нещасним випадкам на виробництві.

5.2. Безпека у надзвичайних ситуаціях

Підвищення стійкості промислових об'єктів [21] у надзвичайних ситуаціях є ключовим завданням систем цивільного захисту.

Основними заходами підвищення стійкості об'єктів у мирний час є захист робітників/службовців та інженерно-технічних комплексів від впливу факторів стихійного лиха, аварій (катастроф), первинних і вторинних ядерних вибухів, зокрема забезпечення надійності управління та матеріально-технічного забезпечення, екранування об'єктів від світла, підготовка до відновлення зупиненого виробництва та переходу на аварійний режим.

Забезпечення захисту працівників і службовців є ключовим елементом підвищення стійкості будь-якого господарського об'єкта. Для цього споруджуються захисні споруди. У прилеглих районах будуть створені укриття для захисту найбільших робочих змін компанії та радіаційні укриття для відпочиваючих змін та їхніх сімей. Крім того, заводи з безперервним виробничим процесом будують індивідуальні укриття, якими можна керувати дистанційно. Будуть вжиті підготовчі заходи щодо розведення та евакуації виробничого персоналу та членів їхніх сімей за межі підприємства, збору, зберігання та використання засобів індивідуального захисту.

Важливим елементом захисної підготовки є навчання працівників і службовців умілому користуванню засобами і методами захисту, поведінці в надзвичайних ситуаціях, формуванням для проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт.

Захист інженерно-технологічних комплексів включає збереження фізичної інфраструктури виробництва: будівель і споруд, технологічного обладнання, інженерних комунікацій та енергетичних мереж.

Будівлі та споруди об'єкта повинні бути розосереджені. Між будівлями повинна бути протипожежна зона шириною не менше суми висот двох суміжних будівель.

Більшість важливих промислових будівель повинні бути маловисотними, бажано залізобетонними з металевими каркасами.

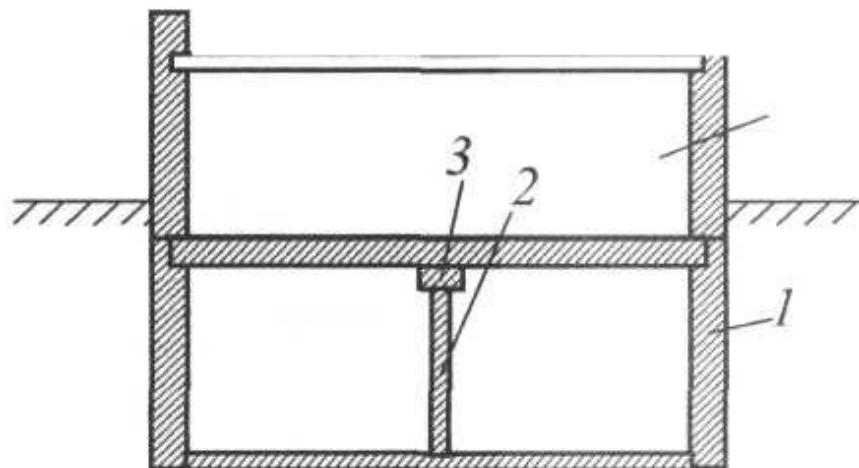


Рис. 5.2 - Підсилення підвальних приміщень:

1 - підвал; 2 - стійка; 3 - балка; 4 - перший поверх

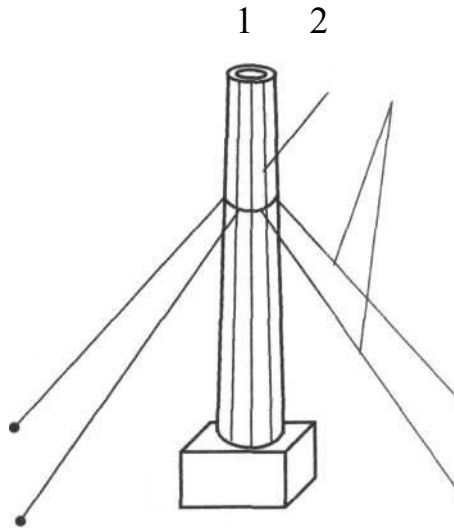


Рис. 5.3 - Укріплення високих споруд:

1 - труба; 2 - відтяжки колони.

У будівлях з камінами перекриття повинні бути із залізобетону або бетонних плит. Великі будівлі повинні бути відокремлені негорючими стінами (протипожежними стінами).

Склади легкозаймистих речовин (бензину, гасу, нафти, мазуту) встановлюються в окремих заглиблених або напівзаглиблених блоках поблизу межі об'єкта або на відкритому повітрі.

Як правило, від стійкості будівель і споруд залежить стійкість всього об'єкта. Для підвищення їх стійкості встановлюють рами, каркаси, колони, контрфорси, проміжні опори та зменшують зазори в несучих конструкціях (рис. 5.2).

Низькі споруди для підвищення їх міцності частково засипають землею (рис. 5.3).

Висотні споруди (труби, башти, вежі) закріплюють розкосами, призначеними для витримування високошвидкісного тиску ударних хвиль, що підвищує їх міцність (рис. 5.4). Резервуари, що містять сильнодіючі отруйні речовини або легкозаймисті рідини, захищаються бандажуванням (утворенням

земляного насипу навколо резервуара, призначеного для утримання всього об'єму рідини).

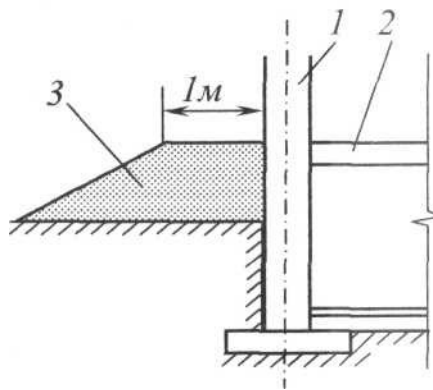


Рис. 5.4 - Обсипання землею напівпідвальних приміщень:

1 - стіна; 2 — перекриття; 3 – обсипання.

Основним заходом підвищення стійкості технічного обладнання є встановлення на ньому спеціальних пристроїв (у вигляді чохлів, наметів, парасольок тощо), що захищають від пошкодження уламками конструкцій, що руйнуються. Якщо саме обладнання не може достатньо витримати високошвидкісний тиск ударної хвилі, його необхідно міцно закріпити на фундаменті анкерними болтами.

При реконструкції або розширенні промислових об'єктів найбільш цінне і спеціалізоване обладнання слід розміщувати на нижніх поверхах, під землею або в спеціальних захисних спорудах. Також рекомендується встановлювати його в самостійній будівлі павільйонного типу з легкою негорючою огорожувальною конструкцією.

Підвищення стійкості систем енергопостачання потребує як загальнорегіональних заходів, так і об'єктових інженерно-технічних заходів.

Електропостачання об'єкта повинно здійснюватися з двох напрямків, а при подачі з одного боку - передбачати автономне (аварійне) джерело живлення (пересувну електростанцію).

Трансформаторні приміщення, розподільні пристрої та обладнання повинні бути надійно захищені, в тому числі від електромагнітного імпульсу ядерного вибуху.

Особливу увагу необхідно приділити стабільності системи газопостачання. Так як вся система газопостачання має кільцеву форму, то можна відрізати пошкоджену частину і використовувати залишилися магістралі.

Газопроводи повинні бути обладнані запірною арматурою та кранами з дистанційним керуванням, які автоматично перекривають газ у разі прориву труби.

Особливе значення має створення сталої системи водопостачання об'єкта. Водопостачання здійснюється з двох джерел: основного і резервного, один з яких бажано підземний (наприклад, артезіанська свердловина).

Резервним джерелом води може бути розташована поблизу водойма з попередньо підключеною до об'єкта системою водопостачання, а також водосховище, захищене від радіаційного, хімічного або біологічного зараження. Мережа водопостачання обладнана засувками для перекриття кожної ділянки в разі аварії.

Стійкість об'єкта залежить також від надійності систем паро- і теплопостачання. Промислові об'єкти повинні мати два джерела пари і тепла: зовнішній і внутрішній центр теплопостачання. Котельні встановлюють під землею або в спеціально обладнаних самостійних захисних спорудах.

Тепломережа прокладена кільцем і підключена паралельно. Паропроводи прокладають під землею в спеціальних траншеях. У паровій і тепловій мережі встановлені запірно-регулюючі пристрої.

Для підвищення стійкості каналізаційних систем необхідно створювати окремі системи для дощової, промислової та побутової стічних вод.

Системи промислової та побутової каналізації повинні мати не менше двох виходів у систему міської каналізації. У разі аварії в міській мережі або насосній станції каналізаційна система повинна бути здатна забезпечити аварійний скид до прилеглих струмків, долин або зливових мереж.

Додатково будуть вжиті такі заходи. Необхідно максимально скоротити запаси вибухонебезпечних, легкозаймистих і сильнодіючих речовин безпосередньо в районі об'єкта. Трубопроводи будуть обладнані автоматичними

запірними пристроями та запірною арматурою для перекриття несправних ділянок. Для цілей дегазації хімічним компаніям, які використовують HAZMAT, необхідно застати різні дегазуючі речовини (луг, аміак, сульфат натрію тощо).

Робоче місце повинно бути обладнане автоматичною сигналізацією для запобігання нещасним випадкам, вибухам і місцевому загазованню. При необхідності необхідно спорудити захисні дамби від локального підтоплення, підготувати і раціонально розмістити засоби пожежогасіння.

Для забезпечення безперервного контролю, захищеної диспетчерської, диспетчерської станції, АТС, радіостанції, резервної електростанції для зарядки акумуляторів АТС і живлення радіостанції, місцевих органів влади, Надійний зв'язок зі старшими офіцерами цивільного захисту та їх штабами, необхідні внутрішні та місцеві підрозділи, а також ефективна система попередження для персоналу та всього виробничого персоналу компанії.

Надійність логістики залежить від налагодження стабільних зв'язків з компаніями-постачальниками, завчасної підготовки складів для зберігання готової продукції, переходу на місцеві закупівлі сировини і палива, будівництва філій компаній за межами великих міст, забезпечується створенням запасів сировини, палива, обладнання, матеріали та деталі на підприємствах і шляхом організації інвентаризації в асоціаціях і галузях.

Оптичне маскування об'єктів народного господарства здійснюється з метою ускладнення їх виявлення та розпізнавання авіакомпаніями в нічний час оптичними засобами. Це заходи щодо зменшення освітленості населених пунктів і господарських об'єктів, інтенсивності світлових сигналів, транспортних вогнів, виробничих вогнів, а також заходи щодо імітації ознак демаскування, зображених на спеціально створених об'єктах обману тощо. Підготовка об'єкта до відновлення включає оцінку можливого збитку, знищення об'єкта за допомогою власної енергії, будівельних матеріалів, розміщення обладнання на відкритих територіях, якщо це необхідно, і перерозподіл робочої сили, місця та обладнання

має включати план пріоритетних заходів щодо відновлення. з урахуванням специфіки.

Для забезпечення цілісності технічної документації доцільно робити її копію у вигляді мікрофільму та зберігати одну копію на місці. Методи і засоби захисту, зазначені в цьому розділі, повинні впроваджуватися на всіх типах переробних підприємств з урахуванням характеру небезпеки для забезпечення надійності роботи підприємства в аварійних ситуаціях.

Висновки

У кваліфікаційній роботі вирішується питання удосконалення конструкції нагнітаючого вузла машини формування заготовок печива продуктивністю 80 кг/год.

У кваліфікаційній роботі пропонується виконати заміну вузла відсадочної головки на виконання зі змінними модулями формування тістових заготовок печива. Нагнітаючі валки із пласликовими робочими поверхнями дозволять формувати тістові вироби із тіста з широким діапазоном в'язкості і практично не залежить від коефіцієнта тертя тіста до сталі. Пропонується застосувати РЕЕК.

Виконано дослідження насадок валків довжиною 470 мм, числом зубів 18 і модулем 2,25 мм, внутрішніми наскрізними отворами 17 мм, 20 мм і 22 мм. В отворах розміщено шпонкові пази 5х5 мм, 6х6 мм і 7х8 мм відповідно. Насадки валків виготовлено з РЕЕК. В результаті дослідження напружено-деформованого стану найкраще закомендував себе варіант насадки валка з овором діаметром 20мм, та пазом під шпонку 6х6мм. Зокрема, мінімальний коефіцієнт запасу міцності складає 2.87. Для виконань 17 мм / 5х5 мм і 22 мм / 7х8 мм коефіцієнти запаси міцності відповідно будуть 1.13 та 2.65.

З отриманих результатів видно, що максимальні напруження є у шпоночних пазах, тому поставили задачу збільшити запас міцності за рахунок додаткового шпонкового паза аналогічної геометрії навпроти наявного. В результаті виконання дослідження напружено-деформованого стану встановили, що коефіцієнт запасу міцності складає 22.17. Конструкція зарекомендувала себе достатньо надійною і придатною до застосування.

В останньому розділі розроблено заходи з охорони праці та дії щодо надзвичайних ситуацій.

Перелік посилань

1. Крупа В.В., інші. Кваліфікаційна робота магістра: структура, вимоги до виконання та захист: Методичні рекомендації для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Галузеве машинобудування» зі спеціальності 133 Галузеве машинобудування галузі знань 13 Механічна інженерія для здобувачів всіх форм здобуття освіти. Тернопіль: ТНТУ, 2023. 66 с.
2. Лисовенко О.Т., інші. Технологічне обладнання хлібопекарських і макаронних виробництв. Київ: Наукова думка, 2000. 283 с.
3. Петько В.Ф., інші. Технологічне устаткування хлібопекарського, макаронного і кондитерського виробництв. Київ: Центр учбової літератури, 2007. 432 с.
4. Самойчук К.О., інші. Технологічне обладнання хлібопекарської і макаронної галузі. Мелітополь: Видавничий будинок ММД, 2021. 372 с.
5. Черевко О.І., інші. Технологічне обладнання малих харчових та переробних виробництв. Частина 3. Технологічне обладнання малих хлібопекарських і макаронних виробництв: Навчальний посібник. Харків: Харківський державний університет харчування та торгівлі, 2013. 96 с.
6. Гайдук О.В., інші. Сучасні технології кондитерського виробництва: підручник. Київ: ІПТО НАПН України, 2020. 440 с.
7. Цехмістрова Г.С. Методологія наукових досліджень. Київ: Видавничий дім «Слово», 2008. 280 с.
8. П'ятницька-Позднякова І.С. Основи наукових досліджень у вищій школі. Київ: Вища школа, 2003. 116 с.
9. Keska P. SolidWorks 2021: Part Modeling, Assemblies, and Drawings. CADvantage, 2021. 1586 p.
10. Lombard M. Mastering SolidWorks. Sybex, 2019. 1219 p.

11. Petrova R.V. Introduction to Static Analysis Using SolidWorks Simulation. CRC Press, 2015. 348 p.
12. Мирончук В.Г., інші. Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості: Навчальний посібник. Вінниця: Нова книга, 2004. 228 с.
13. Закалов О.В., Бортник А.І. Розрахунок типових робочих органів технологічного обладнання харчових виробництв. Тернопіль: Видавництво ТДТУ, 2005. 105 с.
14. Заплетніков І.М., Мирончук В.Г., Кудрявцев В.М. Експлуатація і обслуговування технологічного обладнання харчових виробництв. Київ: Центр учбової літератури, 2016. 344 с.
15. Ялпачик Ф.Ю., інші. Посібник для підготовки наладчика обладнання переробних виробництв. Мелітополь: Видавничий будинок Мелітопольської міської друкарні, 2016. 535 с.
16. Пчелінцев В.О., Дегула А.І. Механічні властивості та конструкційна міцність матеріалів: навчальний посібник. Суми: СумДУ, 2012. 247 с.
17. Weber M., Verma G. SolidWorks Simulation 2017 Black Book. CAD/CAM/CAE Works, 2016. 362 p.
18. Баран Р., Ворощук В. 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 XXI столітті». НУХТ, 2023. Ч. 2. С. 20.
19. Вітенько Т.М., Ворощук В.Я. Сучасні підходи до конструювання і моделювання робочих органів технологічного обладнання харчових виробництв // Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності: третя міжнародна науково-практична конференція, 4–6 вересня 2019 р. / ред. Дейниченко Г.В. ХДУХТ, 2019. С. 108–109.

20. Нікітін О.К., Зайцев В.М. Експериментальна механіка: Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Інформативність фізичних процесів». Київ: НТУУ «КПІ», 2016. 138 с.

21. Стручок В.С. Безпека в надзвичайних ситуаціях: методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2022. 156 с.

Дотаток

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)
Наукове товариство ім. Т.Шевченка

АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Збірник
тез доповідей

**XIII Міжнародної науково-практичної
конференції молодих учених та студентів**
11-12 грудня 2024 року



УКРАЇНА
ТЕРНОПІЛЬ – 2024

УДК 664.7

В.О. Шиян

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ НАГНІТАННЯ ТІСТА

V.O. Shyian

DOUGH INJECTION DESIGN SOLUTIONS ANALYSIS

Кондитерські вироби із тіста займають важливе місце у раціоні сучасної людини завдяки своїй поживності, смаковим властивостям і різноманіттю. Вони є джерелом вуглеводів, жирів, білків і мікроелементів. Кондитерські вироби із тіста характеризуються високим попитом, тому що вони доступні, довго зберігаються і підходять до смаків різних груп споживачів.

Для забезпечення широкого асортименту продукції високої якості та автоматизації процесу формування у кондитерській промисловості використовуються машини, що здійснюють нагнітання тіста. Ці машини часто забезпечують дозування, транспортування, підготовку тіста до формування і саме формування. Вони гарантують рівномірність структури тіста, його текстури, а також точність розмірів майбутніх виробів. Найпоширенішими типами таких машин є поршневі, гвинтові і валкові нагнітачі, а також системи з використанням лопатевих механізмів.

Для машин нагнітання тіста характерними є наступні ключові вузли:

- бункер для завантаження тіста, який приймає сировину може бути укомплектований мішалкою для підтримання однорідності тістової маси;
- система нагнітання тіста, яка може включати поршковий, гвинтовий або валковий механізм, який створює тиск для переміщення тіста до формувальної частини машини;
- формувальні насадки для тіста, які забезпечують виконання виробів певної форми і маси;
- приводи та керуючі механізми, які відповідають за синхронізацію процесів і точність дозування;
- система очищення, яка часто включає відповідні автоматичні чи механізовані системи.

Покращення конструкції нагнітачів тіста спрямоване на підвищення продуктивності, енергоефективності й надійності обладнання. Серед можливих шляхів:

- оптимізація геометрії робочих органів (гвинтів, валків чи поршнів);
- використання нових конструктивних матеріалів і покриттів;
- автоматизація та цифровізація технологічних процесів;
- комп'ютерні симуляції [1];
- вдосконалення привідних механізмів для зниження рівня шуму і впливу на операторів та навколишнє середовище.

Машини для нагнітання тіста є незамінним елементом у кондитерській промисловості, оскільки вони забезпечують стабільність якості продукції і підвищення ефективності виробництва. Вдосконалення їх конструкції через використання сучасних матеріалів і технологій дозволяє знизити енерговитрати, та збільшити асортимент виробів.

Література

1. Ворощук В.Я., Вітенько Т.М. Інжиніринг та 3D моделювання в середовищі SolidWorks: навч. посіб. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2023. 164 с.

22.	М.Б. Дранівська, Н. В. Залуцька, В. Я. Гаврилюк	110
	ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЙ 3D ДРУКУ ЗВАРЮВАННЯМ	
23.	М.О. Ляшук, Р.З. Золотий, к.т.н, доц., Р.І. Королюк, С. Т. Гаврись	112
	ДОСЛІДЖЕННЯ ПРУЖНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗАПОВНЮЮЧИХ СІТОК ПРИ 3D ДРУЦІ	
24.	Р.І. Охнівський, В.П. Семенець, Я.Г. Васишин	113
	АВТОМАТИЗОВАНІ ПРОЦЕСИ У ВИРОБНИЦТВІ МОЛОЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ	
25.	Р.Р.Заверуха, М.І.Котик, Д.В.Чаплій, В.В.Клюк	114
	СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ГІБРИДНИХ АВТОМОБІЛІВ	
26.	Р.Р.Заверуха, М.І.Котик, Д.В.Чаплій, М.Ю.Берник	116
	ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ РІЗНИХ НЕСПРАВНОСТЕЙ СИСТЕМИ ЗАПАЛЮВАННЯ НА ХАРАКТЕР ЗМІНИ ІСКРОУТВОРЕННЯ В ЦИЛІНДРАХ ДВЗ АВТОМОБІЛЯ	
27.	Ю.І. Микитів, В.А. Бойчун, В. В. Матвєєв	118
	ІНТЕГРАЦІЯ ПРОМИСЛОВИХ ДАНИХ ТА ЇХ АНАЛІЗ В ПРИ ВИРОБНИЦТВІ КОРКОВОЇ ПРОДУКЦІЇ	
28.	В. В. Височан	119
	УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ РОБОЧИХ ОРГАНІВ КРЕМОЗБИВАЛЬНИХ МАШИН	
29.	В. М. Сідельник; Н. М. Зварич	120
	ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ ВИРОБУ У АДИТИВНОМУ ВИРОБНИЦТВІ	
30.	В.Й. Оливко, В.М. Антонюк	122
	ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ В АГРАРНОМУ ВИРОБНИЦТВІ	
31.	В.І. Шетеля; А.П. Сорочак	124
	ДОСЛІДЖЕННЯ ВОГНЕСТІЙКОСТІ ТРИМКІХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЛІ АВТОСЕРВІСУ	
32.	В.М. Маслянка, В.-Н.В. Кубах, С.Я. Волинець	125
	ДОСЛІДЖЕННЯ КРУТНОГО МОМЕНТУ НАРІЗАННЯ ТОРЦЕВОЇ КАНАВКИ	
33.	В.М. Приказюк, М.А. Тримбашевський, П.А. Свистун	126
	ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ НАРІЗАННЯ ТОРЦЕВОЇ КАНАВКИ	
34.	В.О. Фільов; В.В. Шанайда	127
	ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ШПИНДЕЛЬНОГО ВАЛА ВЕРТИКАЛЬНО-ФРЕЗЕРНОГО ВЕРСТАТА	
35.	В.О. Шиян	130
	АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ НАГНІТАННЯ ТІСТА	
36.	В.П. Ясній, А.А. Подоляк	131
	ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕФОРМАЦІЙ ОСНОВИ ПРИ ЇЇ СПІЛЬНІЙ РОБОТІ ІЗ СТАЛЕВИМ КАРКАСОМ СПОРУДИ	
37.	В.С. Кожушко	132
	ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМИ SOLIDWORKS ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ПИВОВАРЕНЬ	
38.	Г.О. Харчук; А.П. Сорочак	134
	ДОСЛІДЖЕННЯ МОНОЛІТНОГО ПЕРЕКРИТТЯ СЕКЦІЇ БАГАТОПОВЕРХОВОГО ЖИТЛОВОГО КОМПЛЕКСУ	