

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Модернізація машини для формування пряників марки ФПЛ1 із
дослідженням роботи відсадочної головки

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

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Смольчук І.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Зварич Н.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
2020

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)
« 25 » вересня 2020 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

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

студенту Смольчук Іван Володимирович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Модернізація машини для формування пряників марки ФПЛ1 із дослідженням роботи відсадочної головки

Керівник роботи Зварич Наталя Миколаївна, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 25 » вересня 2020 року № 4/7-672.

2. Термін подання студентом завершеної роботи 21 грудня 2020 року

3. Вихідні дані до роботи Технічний паспорт та інструкції з експлуатації, монтажу та технічного обслуговування і ремонту машини для формування пряників марки ФПЛ1. Існуюча технологія виготовлення пряників.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)
Анотація. Вступ. 1. Аналіз сучасного стану об'єкту дослідження, вибір і обґрунтування основних напрямків дослідження. 2. Методи та методика досліджень. 3. Розроблення нових проектно-технологічних і технічних вирішень машини для формування пряників марки ФПЛ1. 4. Математичне моделювання відсаджувального вузла. 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 5.1 Заходи з охорони праці. 5.2. Заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях. Висновки. Перелік посилань. Додатки.

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

Машина для формування пряників марки ФПЛ1. Вигляд загальний. (1 л. ф.А1).

Машина для формування пряників марки ФПЛ1. Кінематична схема. (1 л. ф.А1).

Матриця машини для формування пряників марки ФПЛ1. (1 л. ф.А1).

Формуючий валик машини для формування пряників марки ФПЛ1 (1 л. ф.А1).

Математичний опис роботи валкових машин (1 л. ф.А1).

Результати досліджень відсаджування (1 л. ф.А1).

Математичний опис процесу відрізання тіста (2 л. ф.А1).

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях</i>	<i>Кравець О.І. – к.т.н., доц. Стадник І.Я. – д.т.н., проф.</i>		
<i>Нормоконтроль</i>	<i>Ворощук В.Я. – к.т.н., доц.</i>		

7. Дата видачі завдання 28 вересня 2020 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Анотація		
2	Вступ		
3	1. Аналіз сучасного стану об'єкту дослідження, вибір і обґрунтування основних напрямків дослідження		
4	2. Методи та методика досліджень		
5	3. Розроблення нових проектно-технологічних і технічних вирішень машини для формування пряників марки ФПЛ1		
6	4. Математичне моделювання відсаджувального вузла		
7	5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях		
8	5.1 Заходи з охорони праці		
9	5.2. Заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях		
10	Висновки		
11	Перелік посилань		
12	Додатки		
13	Графічна частина		
14	Машини для формування пряників марки ФПЛ1. Вигляд загальний.		
15	Машини для формування пряників марки ФПЛ1. Кінематична схема.		
16	Матриця машини для формування пряників марки ФПЛ1.		
17	Формуючий валик машини для формування пряників марки ФПЛ1		
18	Математичний опис роботи валкових машин		
19	Результати досліджень відсаджування		
20	Математичний опис процесу відрізання тіста		
21			
22			
23			
24			
25			

Студент

_____ (підпис)

Смольчук І.В.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Зварич Н.М.

_____ (прізвище та ініціали)

Анотація

Автор кваліфікаційної роботи освітнього рівня «магістр» – Смольчук Іван Володимирович .

Тема кваліфікаційної роботи: Модернізація машини для формування пряників марки ФПЛ1 із дослідженням роботи відсадочної головки.

Кваліфікаційну роботу виконано в Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя в 2020 році

Кваліфікаційна робота складається з пояснювальної записки обсягом 83 сторінок (26 рисунків) та графічної частини 8 креслень формату А1.

В роботі пропонується заходи з модернізації машини для формування пряників марки ФПЛ1, в результаті чого досягається забезпечення відсаджування виробів із тіста з любою в'язкістю.

Метою даної роботи є встановлення режимів відсаджування та відрізання тістових заготовок.

Задачами, що вирішуються в роботі є:

аналіз сучасних конструктивних в технологічних рішень при виготовленні пряників;

розробка заходів з модернізації машини для формування пряників з виконанням конструктивних розрахунків;

математичне моделювання і теоретичне дослідження процесу відсаджування та відрізання тістових заготовок в машині для формування пряників марки ФПЛ1;

розробка заходів з техніки безпеки;

вирішення питань безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Ключові слова: тісто, печиво, відсаджування, машина.

Abstract

Smolchuk I. V. Gingerbread cookies making machine FPL1 modernization including the study of depositing head operation. 133 “Industrial Machinery Engineering” – Ternopil Ivan Puluj National Technical University.-Ternopil, 2020.

Measures to modernize gingerbread cookies making machine FPL1 are proposed in the qualifying paper. As a result, jiggling of dough goods with any viscosity is achieved, which practically does not depend on the coefficient of the dough friction to steel.

The aim of this paper is to establish jiggling and cutting conditions of dough pieces.

The tasks that are solved in the paper are:

- analysis of modern design and technological solutions in gingerbread production;
- development of measures to modernize making machine with design calculations;
- mathematical modeling and theoretical study of the process of jiggling and cutting dough pieces in gingerbread cookies making machine FPL1;
- development of safety measures;
- solving emergency life safety issues.

Keywords: dough, cookies, forming, machine.

Зміст

Анотація	4
Abstract	5
Зміст.....	6
Вступ.....	8
1. Аналіз сучасного стану об'єкту дослідження, вибір і обґрунтування основних напрямків дослідження.....	10
1.1. Огляд сучасних конструкцій технологічного обладнання для формовки кондитерських виробів	10
1.2. Аналіз та короткий опис об'єкту дослідження.	23
1.3. Техніко – економічне обґрунтування модернізації.	24
1.4. Мета та задачі кваліфікаційної роботи.	25
2. Методи та методика досліджень.....	27
2.1. Вибір методів і засобів досліджень у кваліфікаційній роботі.....	27
2.2. Застосування інформаційних технологій у кваліфікаційній роботі.	27
2.3. Вибір методів аналізу похибок теоретичних й експериментальних досліджень.....	28
3. Розроблення нових проектно-технологічних і технічних вирішень машини для формування пряників марки ФПЛ1.....	30
3.1. Опис конструкції і принципу роботи модернізованої машини для формування пряників марки ФПЛ1	30
3.2. Технологічний розрахунок нагнітальних валків.....	32
3.3. Розрахунок частоти обертання привідного барабана конвеєра	34
3.4. Розрахунок частоти обертання привідного барабана конвеєра	35
3.5. Розрахунок потужності двигуна на розрізання печива	36

3.6. Проектний розрахунок конвеєра для транспортування лотків	38
3.7. Розрахунок вала транспортера.....	42
3.8. Розрахунок формуючих валків	45
4. Математичне моделювання відсаджувального вузла.....	48
4.1. Математичне моделювання процесу відсаджування	48
4.2. Математична модель відрізання.....	52
4.3. Опис програми вирішення математичної моделі.	57
4.4. Результати роботи програми розрахунку процесу відсаджування.....	61
4.5. Аналіз результатів роботи програми для розрахунку процесу відсаджування.....	62
4.6. Результати досліджень процесу різання тіста.....	62
5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	66
5.1 Заходи з охорони праці.....	66
5.2. Заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях	70
Висновки	81
Перелік посилань.....	83
Додатки.....	85

Вступ

При виробництві продуктів харчування важливого значення надається споживчим якостям продукції та асортименту готової продукції. У випадку пряників їх покращання можна досягти в першу чергу за рахунок технології обробки тіста і формування заготовок, а також вдосконалення існуючих рецептур печива шляхом внесення додаткових компонент.

Одним із найважливіших вузлів машини для формування пряників є відсадочна головка з вальцями, яка забезпечує необхідні параметри відсаджених тістових заготовок. Тому питання удосконалення його конструкції та режимів використання є важливим і потребує уваги.

Завданнями кваліфікаційної магістерської роботи є
аналіз сучасних конструктивних в технологічних рішень при виготовленні
пряників;

розробка заходів з модернізації машини для формування пряників з
виконанням конструктивних розрахунків;

математичне моделювання і теоретичне дослідження процесу
відсаджування та відрізання тістових заготовок в машині для формування
пряників марки ФПЛ1;

розробка заходів з техніки безпеки;

вирішення питань безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Об'єкт дослідження. Об'єктом дослідження були процеси при
відсаджуванні і відрізанні заготовок печива.

Предмет дослідження. Машина для формування пряників марки ФПЛ1 і її
відсадочна головка.

Методи досліджень. В роботі використані експериментальні і теоретичні
методи досліджень.

Наукова новизна.

Визначальними характеристиками для процесу нагнітання є геометричні
параметри валків, а також релогічні характеристики тіста.

При зростанні швидкості занурення леза ножа у середовищі тіста спостерігається зростання його питомої сили різання.

При різанні продукту під кромкою ножа мають місце пружні та пластичні деформації.

Для готових видів печива зусилля різання більше ніж у десять разів від у зусилля різання тіста.

Одержані результати можна застосувати при аналізі роботи чинних та конструюванні нових одиниць обладнання для формування , вдосконаленні існуючих, а також для покращання режимів відтиску сиру.

Результати, подані у магістерській роботі доповідалися на ІХ Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» 25-26 листопада 2020 року.

Магістерська кваліфікаційна робота складається із п'яти частин, додатка та графічної частини обсягом 8 аркушів А1.

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

1.1. Огляд сучасних конструкцій технологічного обладнання для формовки кондитерських виробів

ТІСТОВІДСАДОЧНІ МАШИНИ ФІРМИ "МІМАК" (ІТАЛІЯ)



Рис. 1.1. Машина відсадочно-дозувальні для печива, бісквітів, безе DA 400

Машина відсадочно-дозувальна моделі DA 400 (рис. 1.1.), найменша з представлених на ринку автоматичних відсадочно-дозувальних машин, представляє широкі можливості виробництва виробів різної рецептури і форми.

Корпус машини виконаний із листової сталі, група дозування легко знімається і розбирається для чищення.

Горизонтальний транспортер виготовлений з харчового алюмінію, покритого зверху листом з неіржавіючої сталі.

Основні робочі функції машини: регулювання часу дозування, пристосування, що запобігає капанню тесту (короткочасний рух вальців у зворотному напрямі створює ефект засмоктування тіста), автоматичне просування дек, автостарт, регулювання відстані між заготовками, вертикальне опускання-підняття столу для відділення заготовок.

Додаткові пристосування: варіатор швидкості для мотора групи дозування, електронний контролер просування дек, група дозування насосного типу.

Взаємозамінні дозуючі вальцеві і насосні вузли і штампи із набором різнотипних форм забезпечують багатоманіття печива та інших кондвиробів.

Вальцевий дозувальний механізм здійснює витискування та відсадження високов'язкого тіста. Вальці із корозійностійкої сталі з насічкою протискують тісто крізь змонтовані на штампі насадки.

Адаптери для рідкого тіста, встановлені всередині бункери, дозволяють, використовуючи групу дозування вальцевого типу, працювати з рідким тістом.

Група дозування насосного типу є додатковою і повністю взаємозамінна з групою дозування вальцевого типу. Рекомендується для бісквітів, безе. Обертання зубчатих вальців відсадочної головки забезпечує засмоктування тіста з бункера, після чого відсаджує крізь насадки без суттєвого впливу на структурні параметри тіста.

Технічні характеристики:

Продуктивність, до кг/год	200
Кількість відсаджень в мін	20
Пам'ять комп'ютера, програм	1
Обертання насадок	Ні
Ширина дек, см	40,45,60
Габаритні розміри, см	87x130x135
Вага, кг	195
Встановлена потужність, кВт	1

МАШИНИ ВІДСАДОЧНО-ДОЗУВАЛЬНІ ДЛЯ ПЕЧИВА, БІСКВІТІВ, БЕЗЕ EURODROP



Рис. 1.2. Машина відсадочно-дозувальна моделі EURODROP.

Машина відсадочно-дозувальна моделі EURODROP (рис. 1.2.) представляє широкі можливості виробництва виробів різної рецептури і форми.

Корпус машини виконаний із листової сталі, група дозування легко знімається і розбирається для чищення. Горизонтальний транспортер виготовлений з харчового алюмінію, покритого зверху листом з неіржавіючої сталі.

Основні робочі функції машини: 1) комп'ютер на 99 програм, що дозволяє встановлювати тип головки дозування, вага, форму виробу, кількість рядів на піддоні (відстань між заготовками), швидкість обертання вальців (за наявності варіатора швидкості) 2) пристосування, що запобігає капанню тіста (короткочасний рух вальців у зворотному напрямі створює ефект засмоктування тіста) 3) привід обертання насадок для печива типу "колечко" (модель EURODROP RV) 4) автоматичне просування дек 5) автостарт 6) вертикальне опускання-підняття столу для відділення заготовок.

Додаткові пристосування: варіатор швидкості для мотора групи дозування, електронний контролер просування дек, група дозування насосного типу.

Взаємозамінні дозуючі вальцеві і насосні вузли і штампи із набором різнотипних форм забезпечують багатоманіття печива та інших кондвиробів.

Вальцевий дозувальний механізм здійснює витискування та відсадження високов'язкого тіста. Вальці із корозійностійкої сталі з насічкою протискують тісто крізь змонтовані на штампі насадки.

Адаптери для рідкого тіста, встановлені всередині бункери, дозволяють, використовуючи групу дозування вальцевого типу, працювати з м'яким тістом.

Група дозування насосного типу є додатковою і повністю взаємозамінна з групою дозування вальцевого типу. Рекомендується для бісквітів, безе. Обертання зубчатих вальців головки забезпечує засмоктування тіста з бункера, після чого відсаджує крізь насадки без суттєвого впливу на структурні параметри тіста.

Технічні характеристики:

Продуктивність, до кг/год (в зал. від моделі)	200
Кількість відсаджень в хв.	25
Пам'ять комп'ютера, програм	99
Обертання насадок	так
Ширина дек, см	40,45,60
Габаритні розміри, см	96x135x138
Вага, кг	240
Встановлена потужність, кВт	1,5

МАШИНИ ВІДСАДОЧНО-ДОЗУВАЛЬНІ MINIDROP PRO I MINIDROP

Minidrop - це компактна і багатофункціональна машина для виробництва печива і кондитерських виробів.

Електронна система дозволяє оператору точно і швидко управляти всіма робочими функціями машини і працювати з 100 різними рецептурами печива. Панель управління оснащена рідкокристалічним дисплеєм, що робить машину виключно практичною і функціональною. Всі робочі параметри Minidrop були розроблені з метою максимального спрощення освоєння оператором процесу управління машиною.

Машина виконана з алюмінію, корпус - з неіржавіючої сталі. Всі частини, дотичні з тістом, є повністю розбірними, що забезпечує швидке і ретельне чищення машини.

Група дозування вальцевого типу призначена для роботи з густим тістом (кураб'є, вівсяне і мигдалеве печива, і ін.)

Група дозування насосного типу є додатковою і призначена для роботи з рідким тістом для відсадження бісквіта, "магдален" і т.д.

Особливості конструктора:

- взаємозамінні групи дозувань, штампи і насадки
- група дозування на ширину 400 мм (Minidrop) або 600 (Minidrop Pro)
- обертання насадок з варіатором швидкості
- автоматичне переміщення дек з заготовками;
- змінна лінійна швидкість переміщення дек з заготовками;
- настройка висоти розміщення стола;
- автоматизований контроль опускання столу у процесі відсадження;
- понад сотню програм керування;
- поворотний рух столу;
- максимальна швидкість - до 40 відсаджень в хвилину.

В стандартну комплектацію Minidrop входять:

- група дозування вальцевого типу
- штамп, що обертається, з 6 виходами
- 6 гладких і 6 зубчатих бронзових насадок діаметром 10 мм
- 6 гладких і 6 зубчатих пластикових насадок діаметром 8 мм для відсадження виробів типу "колечко"



Рис. 1.3. Зразки продукції, що випускається з використанням головки вальцевого типу

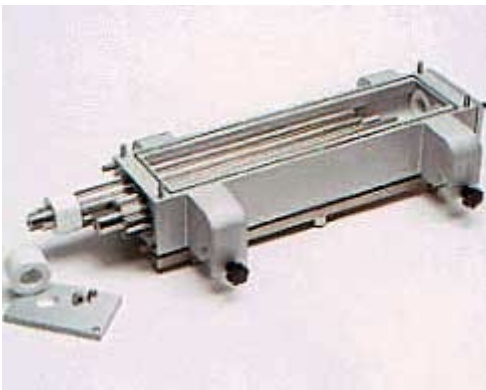


Рис. 1.4. Зразки продукції, що випускається з використанням головки насосного типу.

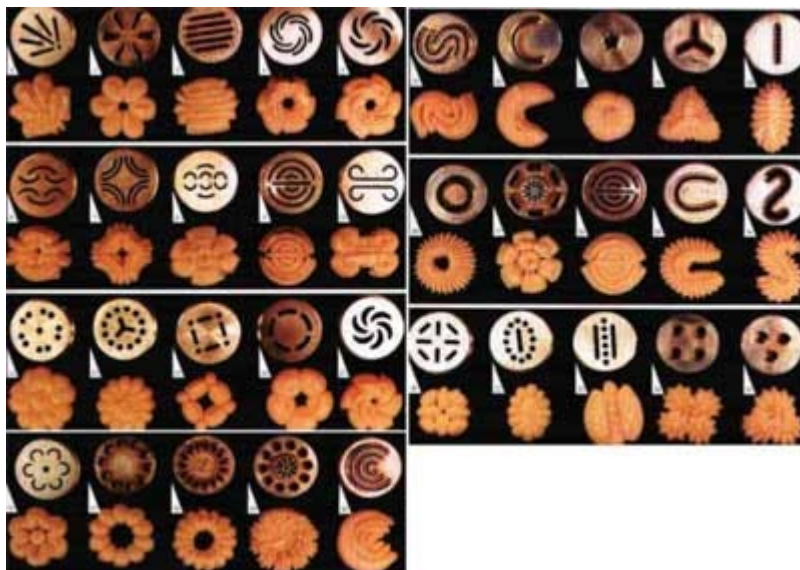


Рис. 1.5. Фігурні насадки.



Рис. 1.6. Промислова тістовідсадочна машина ADR

Промислова відсадочно-дозувальна машина ADR (рис. 1.6.) призначена для відсадження різного виду виробів (пісочне печиво, магалени, екслери і т.д.) безпосередньо на стрічку тунельної печі.

Машина виготовляється під ширину стрічки печі клієнта (наприклад, 900 мм або 1300 мм). Встановлюється на регульованих по висоті ніжках з фіксацією. Знімна головка дозування вальцевого типу з пристроєм засмоктування тесту для запобігання капання. Головка дозування оснащена механічним пристроєм підняття-опускання (за допомогою ексцентриків) з приводом від електромотора.

Рухи головки вперед-назад здійснюється за допомогою безщіткового електродвигуна з регульованою швидкістю.

Машина поставляється в комплекті з однією пластиною дозування. Для виробництва виробів у формі “колечка” головка машини може оснащуватися приводом обертання. Кількість насадок на пластині визначається клієнтом залежно від розміру виробів.

В комплекті з машиною поставляється також 1 пластина для промивки головки із зливом води.

Панель управління змонтована на корпусі машини. Управління - за допомогою програмованого логічного контроллера (PLC).

Додаткове устаткування:

Пристрій зняття головки дозування (рекомендується при використуванні 2-х головок дозувань (вальцевого і насосного типу))

Технічні характеристики:

Продуктивність, циклів/хв	20
Робоча ширина	довільна
Привід	електропневматичний
Напруга	380 В / 50 Гц



Рис. 1.7. Дозуюча головка машини ADR.



Рис. 1.8. Зразки продукції що випускаються з допомогою головки вальцевого типу машини ADR

ТІСТОВІДСАДОЧНІ МАШИНИ ДЛЯ ПЕЧИВА (З НАПОВНЮВАЧЕМ)



Рис. 1.9 – Тістовідсадочна машини для печива (з наповнювачем)

Тістовідсадочні машини (рис. 1.9.) призначені для виробництва печива або бісквітів з наповнювачем. Корпус машини виготовлений із неіржавіючої сталі і алюмінію. Мотори змінної швидкості і різні пристосування роблять можливим формування великого асортименту пісочного печива з начинками з крему і джему.

Серія MAGICA. Основні характеристики:

потужність, кВт/год	1,2
напруга, В	380
довжина, мм	1750
ширина, мм	760
висота, мм	1480
продуктивність шт/год	5000
маса, кг	280

ТІСТОВІДСАДОЧНІ МАШИНИ ДЛЯ ПЕЧИВА (РОТОРНОГО ТИПУ)



Рис. 1.10 –Тістовідсадочна машини роторного типу

Тістовідсадочні машини роторного типу (рис. 1.10) призначені для виробництва цукрового печива. Конструкція володіє відмінними технічними характеристиками, які відповідають найвищим стандартам гігієни і безпеки.

Серія ROT 500. Основні характеристики:

потужність, кВт/год	1
напруга, В	220
довжина, мм	2900
ширина, мм	1080
висота, мм	1430
розмір дека, мм	400-500
маса, кг	600

ТІСТОВІДСАДОЧНІ МАШИНИ ФІРМИ "DELFIN" (ІТАЛІЯ)

Машина відсадочно-дозувальна Bisky (рис. 1.11). Ці моделі машин надають можливість працювати з густими тестами (кураб'є, вівсяне печиво, мигдалеве, кокосове), рідкими (бісквіт, безе, магдалени), а також з твердими тестами типу пряникового для виробництва різаних ниткою виробів.

Корпус машини виконаний повністю з неіржавіючої сталі, група дозування легко знімається і розбирається для чищення. Горизонтальний транспортер виготовлений з харчового алюмінію.

Основні робочі функції:

комп'ютер на 99 програм, що дозволяє встановлювати тип головки дозування, вага, форму виробу, кількість рядів на деку (відстань між заготовками), швидкість обертання вальців, швидкість обертання дюз, через які відбувається відсадження.

автоматичне просування дек

автостарт, можливість повернення листа оператору або потокова схема

вертикальне опускання-підняття столу для відділення заготовок з ручним регулюванням

приспосовування, що запобігає капанню тесту

6 гладких бронзових насадок або 6 бронзових насадок з нарізкою

привід обертання насадок для печива типу "колечко", в комплекті 12-у насадками із зміщеним центром (6 - плоских і 6 - зубчатих) ОПЦІЯ

приспосовування різання ниткою в комплекті з 1 штампом

1 штамп з 6-ма насадками для різання ниткою

штамп, що обертається, з 6 кублами для насадок



Рис. 1.11 – Машина відсадочно-дозувальна Bisky

Група дозування вальцевого типу здійснює видавлювання і відсадження густого і м'якого тесту. Вальцевий дозувальний механізм здійснює витискування та відсадження тіста різної в'язкості. Вальці із корозійностійкої сталі з насічкою протискують тісто крізь змонтовані на штампі насадки.

Адаптери для рідкого тіста, встановлені всередині бункери, дозволяють, використовуючи групу дозування вальцевого типу, працювати з м'якими тестами.

Група дозування насосного типу є додатковою і повністю взаємозамінна з групою дозування вальцевого типу. Рекомендується для бісквітів, безе. Обертання зубчатих вальців головки забезпечує засмоктування тіста з бункера, після чого відсаджує крізь насадки без суттєвого впливу на структурні параметри тіста.

Таблиця 1.3

Технічні характеристики машин Bisky.

Модель	Bisky 400	Bisky 600
Продуктивність, до кг/год	80	120
Кількість відсаджень за хв	30	30
Кількість відрізів за хв	70	70
Пам'ять комп'ютера, програм	99	99
Ширина, мм	400	600
Потужність, кВт	1,8	1,8
Габаритні розміри, мм	1240x1130x1440	1240x1330x1440
Вага, кг	200	240

Duero (рис. 1.12) - це зручна і багатофункціональна машина для виробництва печива і кондитерських виробів.

Керуюча електроніка дає змогу оператору ефективно управляти всіма роботою машини і працювати з великою (понад 100) кількістю рецептур печива. Панель управління оснащена рідкокристалічним дисплеєм, що робить машину виключно практичною і функціональною. Всі робочі параметри Duero були розроблені з метою максимального спрощення освоєння оператором процесу управління машиною.



Рис. 1.12 – Електронна відсадочно-дозувальна машина Duero

Машина виконана з алюмінію, корпус - з неіржавіючої сталі. Всі частини, дотичні з тістом, є повністю розбірними, що забезпечує швидке і ретельне чищення машини.

Вальцевий дозувальний механізм сконструйована для роботи на в'язкому тісті. Насосний дозувальний механізм є опцією і сконструйований під роботу на рідкому тістові для відсадження бісквіта, "магдален" і т.д. Пристрій різання струною призначений для формування твердих сортів печива і пряників.

Технічні особливості Duero

- всі параметри задаються з комп'ютерної панелі управління;
- група дозування на ширину 400, 460 або 600 мм ;
- обертання насадок з варіатором швидкості ;
- автоматичне просування дек з електронним контролем ;
- регульована швидкість переміщення дек;
- автоматизоване підняття столу (стіл може опускатися кілька разів під час одного відсадження) ;
- електронний контроль опускання столу під час відсадження ;
- реверс вальців, що запобігає капанню тесту автостарт ;

комп'ютер на 150 програм ;
 поворотний рух столу ;
 максимальна швидкість - до 40 відсаджень в хвилину ;
 автоматизоване управління обертанням вальців і швидкістю обертання насадок.

Таблиця 1.4 – Технічні характеристики машин Duero:

Модель	Duero 400	Duero 600
Продуктивність, до кг/год	80	120
Місткість бункера, літрів	30	45
Кількість відсаджень в хв.	30	30
Кількість відрізів в хв.	70	70
Кількість заготовок в ряду, шт	6	9
Пам'ять комп'ютера, програм	150	150
Ширина, мм	400	600
Потужність, кВт	2	2
Габаритні розміри, мм	1240x1230x1440	1240x1430x1440
Вага, кг	400	460

В стандартну комплектацію Duero входять:

- комплект струнного різання для виробництва печива
- група дозування вальцевого типу
- привід обертання насадок
- штамп, що обертається, з 6 виходами
- 6 гладких або 6 зубчатих бронзових насадок діаметром 10 мм

1.2. Аналіз та короткий опис об'єкту дослідження.

Машина для формування пряників ФПЛ-1 призначена для формування з кондитерського тіста заготовок пряників з одночасною укладкою їх на деко

Технічні характеристики формовочної машини:

Продуктивність машини, відрізів/хвилину	80
Середня продуктивність, кг/год	800
Регульована вага заготовок пряників, г	15-50
Привід:	двигун-редуктор МРА- II 1,1/63
число обертів тихохідного валу, об/хв	63
Електродвигун:	
Потужність, кВт	1.1
Число обертів, об/хв	1400
Форми:	
круглі діаметр 40мм	5шт
овальні розміри, 27x49 мм	5шт
Габаритні розміри:	
довжина, мм	1610-1750
ширина, мм	806
висота, мм	1213
Вага машини, кг	520

1.3. Техніко – економічне обґрунтування модернізації.

При виробництві продуктів харчування важливого значення надається органолептичним показникам продукції.

Покращення органолептичних показників можна досягти в першу чергу за рахунок покращення технології обробки тіста, а також вдосконалення існуючих рецептур печива шляхом внесення додаткових компонент.

Додаткові компоненти вносяться на двох етапах: перед здійсненням процесу замішування тіста і після відсадки готових виробів. При замішуванні тіста доцільно вносити розчинні і несипкі компоненти (наприклад, харчосмакові і ароматизуючі добавки, родзинки, курагу тощо). Після відсадки вносяться сипкі

добавки, які дають змогу вирішити комплексну задачу: надання виробам бажаного смаку, а також забезпечення для готової продукції належного товарного вигляду.

Одним із найважливіших вузлів машини для формування пряників є відсадочна головка з вальцями, яка забезпечує необхідні параметри відсаджених тістових заготовок.

Даний вузол є досить складним в експлуатації та обслуговуванні машини для формування пряників.

В магістерській роботі пропонується замінити діючий вузол відсадочної головки на вузол зі змінними модулями формоутворення тістових заготовок пряників 53.

Модернізований відсадочний вузол дозволяє оперативно здійснити демонтаж сопел для формування пряників для їх очистки, миття, а також для заміни на сопла з відмінною формою транспортного каналу для тіста.

Нагнітаючі вальці шестерної конструкції являють собою конструкцію з насічками. Така конструкція валків, на відміну від вала схожого по принципу дії на шестерний насос, дозволить відсаджувати тістові вироби із тіста з любою в'язкістю.

1.4. Мета та задачі кваліфікаційної роботи.

Метою даної роботи є встановлення режимів відсаджування та відрізання тістових заготовок машині для формування пряників марки ФПЛ1, які впливають на роботу машини.

Задачами, що вирішуються в роботі є:

аналіз сучасних конструктивних в технологічних рішень при виготовленні печива;

розробка заходів з модернізації машини для формування пряників марки ФПЛ1 з виконанням конструктивних розрахунків;

математичне моделювання і теоретичне дослідження процесу формування пряників;

математичне моделювання, теоретичне і експериментальне дослідження режимів відсаджування та відрізання тістових заготовок в машині для формування пряників марки ФПЛ1

вирішення питань охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

2. Методи та методика досліджень

2.1. Вибір методів і засобів досліджень у кваліфікаційній роботі

В даній магістерській роботі передбачається проведення теоретичних і практичних досліджень.

Для проведення теоретичних досліджень в роботі застосуємо математичні методи в поєднанні з пакетами прикладних програм, наприклад, MathCad, Calc.

Дослідження процесу відсаджування здійснюємо за допомогою тензодатчиків і перетворювального пристрою фірми “Омрон”.

Для зважування рецептурних компонент застосуємо електронні ваги.

2.2. Застосування інформаційних технологій у кваліфікаційній роботі.

На сучасному етапі розвитку науки і техніки однією з найважливіших вимог часу є підвищення організаційно-технологічної гнучкості виробництва, впровадження автоматизованих систем в різні його сфери, а в першу чергу – в проектування і управління технологічними процесами.

Якісна реалізація цих вимог можлива за допомогою створення інтегрованих систем САПР і їх реалізація на сучасного технологічного обладнання і обчислювальної техніки.

Використання ЕОМ дає змогу об'єднати на одному робочому місці процеси проектування, розрахунку обладнання з автоматичним виготовленням креслень та супровідної технічної документації. Це можливо при наявності необхідного програмного забезпечення.

Завданням на кваліфікаційну магістерську роботу передбачається виконання ряду завдань, для вирішення яких необхідно застосувати відповідне програмне забезпечення.

Для виконання пошуку інформації в мережі Інтернет застосували один із найбільш поширених інтернет-браузерів Mozilla FireFox.

Для оформлення текстової частини розрахунково-пояснювальної записки застосовано найбільш поширений редактор Write.

Для виконання інженерних розрахунків та побудови графіків використано Calc, MathCAD та Visual Basic.

Для виконання графічних побудов застосовували пакет AutoCAD.

2.3. Вибір методів аналізу похибок теоретичних й експериментальних досліджень.

При обробці отриманих в ході числових і практичних експериментів даних застосовувались методики математичної статистики [4]. При цьому визначали наступні показники:

середнє арифметичне значення набору отриманих в процесі вимірювань величин:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

де X_i – поточне значення експериментального заміру величини;

n – кількість повторних замірів.

Абсолютне значення відхилення від середнього арифметичного значення величини заміру:

$$\Delta X = \bar{X} - X_i$$

Середньоквадратичне відхилення замірів:

$$\bar{S} = \sqrt{S^2}$$

Середня квадратична похибка середнього арифметичного експериментальних замірів величини:

$$S_{\bar{X}} = \frac{\bar{S}}{\sqrt{n}}$$

Точність визначення експериментальних замірів величин:

$$E_{\alpha} = t_{\alpha, f} \cdot S_{\bar{X}},$$

де $t_{\alpha, f}$ – число Стьюдента.

Відносну похибку експериментальних замірів величин:

$$\Omega = \left[\frac{E_{\alpha}}{\bar{X}} \right] \cdot 100 \%$$

Достовірність проведення замірів експериментальних досліджень забезпечувались три...чотирикратним повторюванням експериментальних замірів.

3. Розроблення нових проектно-технологічних і технічних вирішень машини для формування пряників марки ФПЛ1.

3.1. Опис конструкції і принципу роботи модернізованої машини для формування пряників марки ФПЛ1

Машина марки ФПЛ1 складається із наступних основних вузлів, комплектуючих і деталей:

Станина, привід, блок зірочок, головка, механізм відрізний, транспортер, посилюючий механізм, стіл.

Станина являється базовою частиною виробу, на якій розташовані всі вузли і механізми машини. Станина складається із плити і прикріплених до неї боковин.

Боковини чіпляються опорою вала шатунів, ричагів відрізного механізму і транспортера, а також кронштейнів на яких кріпиться завантажувальна головка.

До плити станини кріпляться елементи приводу.

Завантажувальна головка являється ємкістю, що заповнюється тістом для подальшого формування його в заготовки пряників. Завантажувальна головка опирається на два вала, закріплені в кронштейнах встановлених на боковинах станини.

Всередині головки розташовані два нагнітаючих вальці з рифленням на зовнішній поверхні, котрі при роботі на машини безперервно обертаються назустріч один одному, за допомогою обгонних муфт і пари шестерень, встановлених на валах завантажувальної воронки.

Дном завантажувальної воронки є корпус штанга, в п'ять отворів якого вставляються змінні формочки для різноманітних сортів пряників.

Відрізний механізм складається із валика із закріпленими на ньому пальцями, на яких натягується струна, що відрізає тістові заготовки.

На одному із пальців встановлено ролик, який при русі відрізного механізму котиться по копіру і здійснює опускання струни після відрізки тістових заготовок (при русі назад відрізного механізму).

Вал відрізного механізму з пальцями вільно лежить в вилках важилів відрізного механізму і легко може бути знятим для встановлення і затяжки струни.

Стрічковий транспортер складається із двох вальців з барабанами, на яких натягнута транспортерна стрічка. Натяжні стрічки здійснюються за допомогою спеціальних гвинтів, що шарнірно з'єднані з валами транспортера.

Стіл призначений для підтримання транспортерної стрічки з встановленими на ньому деками. Стіл представляє собою зварну раму з встановленим зверху листом.

Тісто, поміщене в завантажувальну воронку, затягується нагнітаючими вальцями і проштовхується через формочки, при виході з яких відрізається струною відрізного механізму. Відрізані тістові заготовки падають на дека, що рухаються по стрічковому транспортері.

3.2. Технологічний розрахунок нагнітальних валків

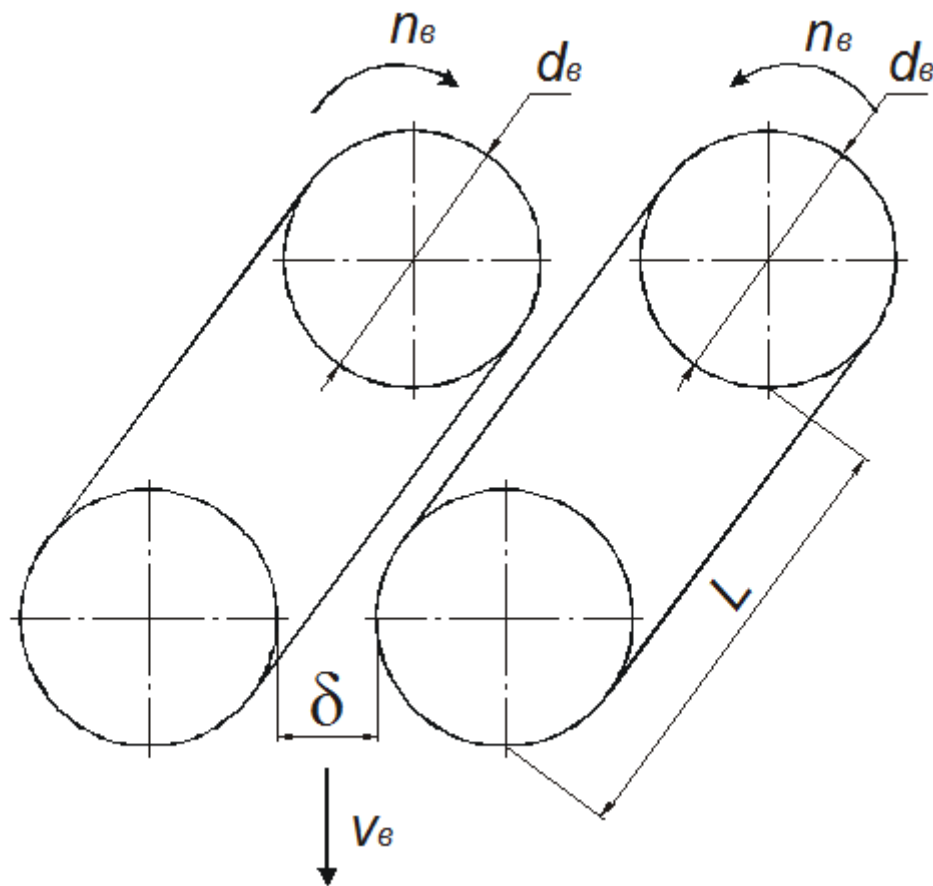


Рис. 3.1. Розрахункова схема валків

Продуктивність по тістових заготовках формовочної машини:

$$\Pi := 800 \quad (\text{кг/год})$$

$$\text{Густина тіста: } \rho_T := 1080 \quad (\text{кг/м}^3)$$

$$\text{Діаметр барабана: } d_B := 0.125 \quad (\text{м})$$

$$\text{Зазор між валками: } \delta := 0.0025 \quad (\text{м})$$

$$\text{Довжина робочої ділянки валків: } L := 0.405 \quad (\text{м})$$

$$\text{Площа зазору між валками: } S := \delta \cdot L \quad S = 0.001013 \quad (\text{м}^2)$$

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

$$H := \frac{\Pi}{\rho_T \cdot S} \quad H = 731.596 \quad (\text{м})$$

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

$$v_B := \frac{H}{60} \quad v_B = 12.193 \quad (\text{м/хв})$$

Необхідна частота обертання валків:

$$n_B := \frac{v_B}{\pi \cdot d_B} \quad n_B = 31.05 \quad (\text{об/хв})$$

Питому потужність на нагнітання тіста приймемо згідно паспортних даних:

$$N_{\text{п.т}} := 0.000457 \quad (\text{кВт/кг})$$

Необхідна потужність на нагнітання при коефіцієнті корисної дії:

$$\eta := 0.7$$

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

Кутова частота обертання валків:

$$\omega_B := \frac{\pi \cdot n_B}{30} \quad \omega_B = 3.252 \quad (\text{рад/с})$$

Крутний момент на валку:

$$T_T := \frac{1}{2} \cdot \frac{N_T \cdot 1000}{\omega_B} \quad T_T = 80.314 \quad (\text{Н*м})$$

Питоме навантаження на валки:

$$q := \frac{T_T}{2 \cdot L \cdot d_B} \quad q = 793.221 \quad (\text{Н/м})$$

3.3. Розрахунок частоти обертання привідного барабана конвеєра

Згідно рекомендацій НПО "УкрНДІПродмаш" 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:

$$V_K := 3.33 \cdot \omega_B \quad V_K = 10.828 \text{ (м/хв)}$$

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

Необхідна частота барабана конвеєра:

$$n_K := \frac{V_K}{\pi \cdot d_K} \quad n_K = 53.024 \text{ (об/хв)}$$

Кутова частота обертання барабана конвеєра:

$$\omega_K := \frac{\pi \cdot n_K}{30} \quad \omega_K = 5.553 \text{ (рад/с)}$$

Розрахунок тривалості кінематичного циклу різального механізму

Маса заготовок печива типу "Святкове" складає []: $m_{\Pi} := 0.0503 \text{ (кг)}$

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

Необхідна кількість печива для забезпечення проектної продуктивності:

$$Z_{\Pi} := \frac{\Pi}{m_{\Pi} \cdot 60} \quad Z_{\Pi} = 265.08 \text{ (шт/хв)}$$

Частота циклу роботи різальної струни:

$$T_{\text{стр}} := \frac{Z_{\Pi}}{60 \cdot z_T} \quad T_{\text{стр}} = 0.884 \text{ (1/с)}$$

Тривалість циклу різання:

$$t := \frac{1}{T_{\text{стр}}} \quad t = 1.132 \text{ (с)}$$

3.4. Розрахунок частоти обертання приводного барабана конвеєра

Згідно рекомендацій НПО "УкрНДІПродмаш" 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:

$$V_K := 3.33 \cdot \omega_B \quad V_K = 10.828 \text{ (м/хв)}$$

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

Необхідна частота барабана конвеєра:

$$n_K := \frac{V_K}{\pi \cdot d_K} \quad n_K = 53.024 \text{ (об/хв)}$$

Кутова частота обертання барабана конвеєра:

$$\omega_K := \frac{\pi \cdot n_K}{30} \quad \omega_K = 5.553 \text{ (рад/с)}$$

Розрахунок тривалості кінематичного циклу різального механізму

Маса заготовок печива типу "Святкове" складає []: $m_{\Pi} := 0.0503 \text{ (кг)}$

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

Необхідна кількість печива для забезпечення проектної продуктивності:

$$Z_{\Pi} := \frac{\Pi}{m_{\Pi} \cdot 60} \quad Z_{\Pi} = 265.08 \text{ (шт/хв)}$$

Частота циклу роботи різальної струни:

$$T_{\text{стр}} := \frac{Z_{\Pi}}{60 \cdot z_T} \quad T_{\text{стр}} = 0.884 \text{ (1/с)}$$

Тривалість циклу різання:

$$t := \frac{1}{T_{\text{стр}}} \quad t = 1.132 \text{ (с)}$$

Кутова частота кривошипа приводу струни:

$$\omega_{\text{стр}} := 2 \cdot \pi \cdot T_{\text{стр}} \quad \omega_{\text{стр}} = 5.552 \text{ (рад/с)}$$

3.5. Розрахунок потужності двигуна на розрізання печива

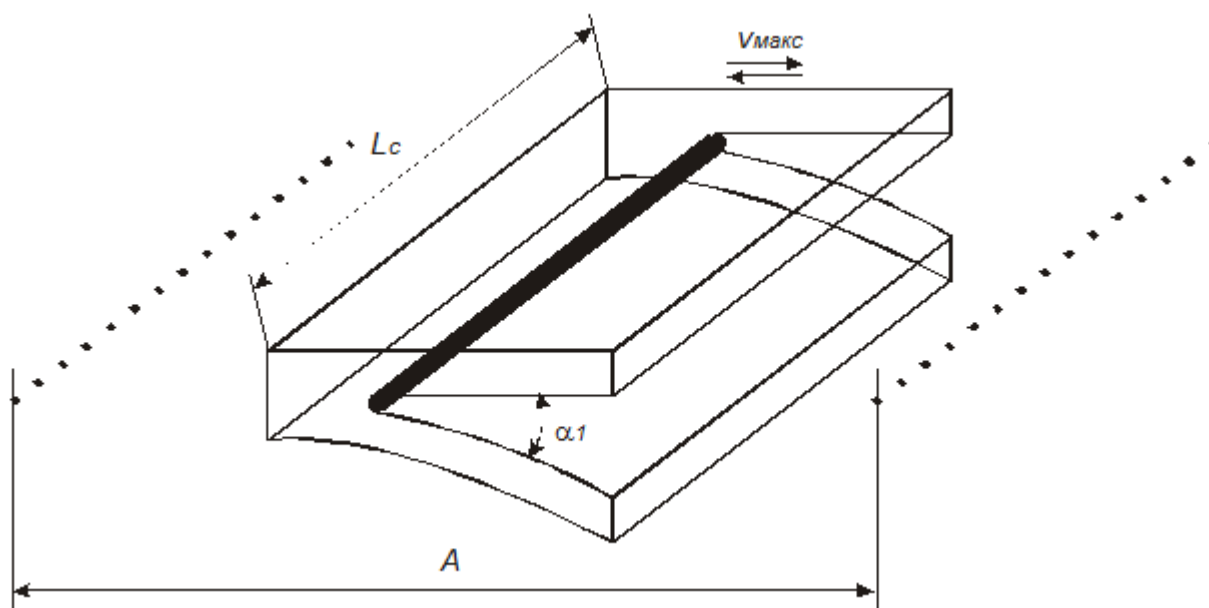


Рис. 3.2. Розрахункова схема руху струни

Товщина струни: $h_c := 0.0015$ (м)

Довжина струни: $L_c := 0.405$ (м)

Ширина струни: $S_c := 0.0015$ (м)

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

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

Лобова поверхня струни:

$S_{\text{лб}} := L_c \cdot S_c$ $S_{\text{лб}} = 0.00061$ (м²)

Розрахуємо питоме зусилля різання при частоті рухів:

$T_{\text{стр}} = 0.884$ (1/с)

Кутова частота кривошипа:

$\omega_{\text{стр}} = 5.552$ (рад/с)

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

Максимальна швидкість руху струни при його амплітуді A []:

$$A := 0.1 \quad (\text{м})$$

$$v_{\text{макс}} := \frac{2 \cdot A}{t} \quad v_{\text{макс}} = 0.177 \quad (\text{м/с})$$

Питоме зусилля різання:

$$P_{\text{різ}} := 6.3 \cdot 10^5 \cdot \left(\frac{2}{3} \cdot v_{\text{макс}} \right)^{0.14} \cdot h_c^{0.46} \cdot S_c^{0.58} \cdot \psi_{\text{ж}}^{0.08} \quad P_{\text{різ}} = 481.79 \quad (\text{Н/м})$$

$$P_{\text{пит}} := P_{\text{різ}} \cdot K_{\alpha 1} \quad P_{\text{пит}} = 313.16 \quad (\text{Н/м})$$

Розрахуємо необхідний крутний момент для приводу різального механізму.

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

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

$$M_{\text{кр}} = 38.05 \quad (\text{Н*м})$$

Коефіцієнт запасу потужності $\eta_a := 1.1$

Коефіцієнт корисної дії приводу $\eta := 0.7$

$$N_1 := \frac{\eta_a \cdot M_{\text{кр}} \cdot \omega_{\text{стр}}}{\eta \cdot 1000} \quad N_1 = 0.332 \quad (\text{кВт})$$

3.6. Проектний розрахунок конвеєра для транспортування лотків

Основними складовими одиницями конвеєра для подачі лотків є: рама, привідний і натяжний вал, напрямлюючі ланцюга і привід. На валах встановлені зірочки, які зеднані між собою замкнутими ланцюговими контурами; між ланцюговими контурами розташовані упори, які в свою чергу шарнірне зеднані з контурами ланцюгів. Тяговим елементом являється роликівий ланцюг. Для проведення розрахунку попередньо вибираємо ланцюг ПР-12,5-1820-2 з кроком $t=12,7$, так як значних зусиль на даному конвеєрі не передбачується. Також з конструктивних міркувань приймаємо кількість зубців зірочки рівна $z=19$, тоді діаметр ведучої зірочки визначиться за формулою:

$$d_3 := \frac{12.7}{\sin\left(\frac{\pi}{19}\right)} \quad d_3 = 77.159 \quad (\text{мм})$$

Частота обертання привідної зірочки:

$$n_3 := \omega_K \cdot \frac{30}{\pi} \quad n_3 = 53.024 \quad (\text{об/хв})$$

Швидкість руху стрічки конвеєра:

$$V_K = 10.828 \quad (\text{м/хв})$$

З конструктивних даних машини вибираємо ширину лотка печива виходячи із кількості комірок по ширині формуючого ротору. Ширина формуючого ротора рівна 400 мм і кількість штук печива по ширині барабану буде рівна 5 шт. На лотку по довжині помістимо 8 рядів печива. Розміри лотка будуть 400x650 мм.

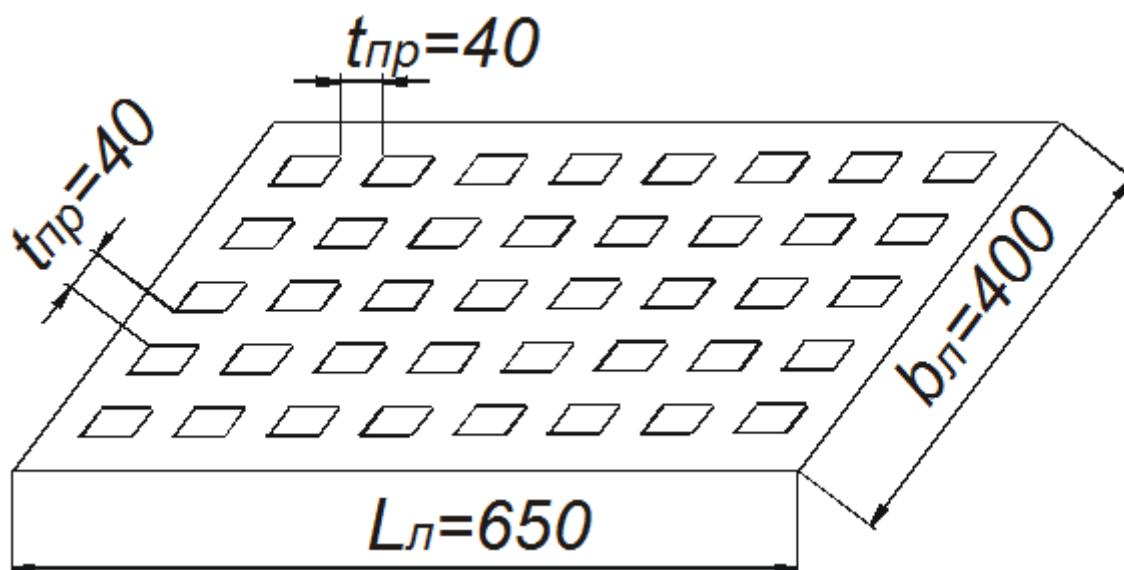


Рис. 3.3. Схема дека з тістовими заготовками

Визначаємо лінійні навантаження:

1) погонне навантаження від ланцюгів:

$$\text{-від одного ланцюга} \quad q_{\text{л}} := 7.35 \quad (\text{Н/м})$$

$$\text{-від двох ланцюгів} \quad q_{2\text{л}} := 2 \cdot 7.35 \quad q_{2\text{л}} = 14.7 \quad (\text{Н/м})$$

Вага упора $m_2 := 5$ (Н), тоді погонне навантаження від маси

$$q_0 := q_{2\text{л}} + m_2 \quad q_0 = 19.7 \quad (\text{Н/м})$$

2) погонне навантаження від роликкоопор

$$\text{крок:} \quad t_p := 0.75 \quad (\text{м})$$

$$\text{вага ролика:} \quad G_p := 12 \quad (\text{Н})$$

$$q_p := \frac{G_p}{t_p} \quad q_p = 16 \quad (\text{Н/м})$$

Погонне навантаження q_v на робочій ділянці складається із ваги продукту і ваги лотка.

$$\text{Вага продукту:} \quad q_{\text{Прод}} := 10.2 \quad (\text{Н})$$

$$\text{Вага лотка} \quad G_{\text{л}} := 60 \quad (\text{Н})$$

$$\text{Довжина конвеєра:} \quad L_{\text{к}} := 0.650 \quad (\text{м})$$

$$q_v := q_{\text{Прод}} + \frac{G_{\text{л}}}{L_{\text{к}}} \quad q_v = 102.508 \quad (\text{Н/м})$$

Довжину ланцюгового конвеєра вибираємо $l_{1 \dots 2} := 1.7$ м і на контурі з конструктивних міркувань приймаємо 4 зіштовхувачі. Визначаємо опір руху і натяг стрічки. Методом обходу по контуру проводимо тяговий розрахунок (рис.). Для цього коефіцієнт опору на

прямолінійних ділянках з прямими роликкоопорами $\omega := 0.022$

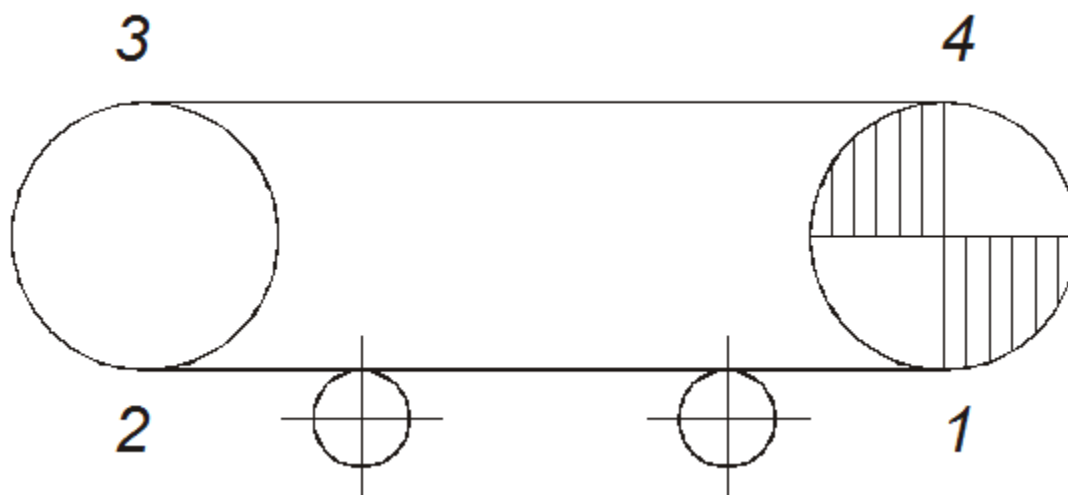


Рис. 3.4. Розрахункова схема тягового розрахунку конвеєра

Натяг стрічки в точці 1 збігання стрічки з приводного барабану приймаємо:

$$S_1 := 50 \quad (\text{H})$$

Натяг в точці 2 для холостої ділянки:

$$S_2 := S_1 + (q_{2л} + q_p) \cdot \omega \cdot l_{1...2} \quad S_2 = 51.148 \quad (\text{H})$$

Натяг в точці 3 при огинанні ведучої зірочки:

$$S_3 = K \cdot S_2$$

де $K := 1.07$ коефіцієнт, який враховує опір при огинанні ланцюгом зірочки

$$S_3 = K \cdot S_2 \quad S_3 = 54.729 \quad (\text{H})$$

Натяг в точці 4 для робочої вітки:

$$S_4 := S_3 + (q_{2л} + q_p + q_B) \cdot \omega \cdot l_{1...2} \quad S_4 = 59.711 \quad (\text{H})$$

Тягове зусилля конвеєра:

$$W := S_4 - S_1 \quad W = 9.711 \quad (\text{H})$$

Потужність електродвигуна при коефіцієнті корисної дії η і коефіцієнті запасу: $K_з$

$$\eta := 0.8 \quad K_3 := 1.1$$

$$N_K := \frac{W \cdot V_K \cdot K_3}{1020 \cdot \eta} \quad N_K = 0.142 \quad (\text{кВт})$$

Крутий момент на вихідному валу конвеєра:

$$M_K := 9550 \cdot \frac{N_K}{n_3} \quad M_K = 25.528 \quad (\text{Н*м})$$

Номінальне корисне навантаження однієї відки конвеєра:

$$F_{\text{тк}} := 2 \cdot \frac{M_K}{d_K} \quad F_{\text{тк}} = 392.73 \quad (\text{Н})$$

Максимальне навантаження ланцюга при пуску передачі:

$$F_{\text{ткmax}} := 2.2 \cdot F_{\text{тк}} \quad F_{\text{ткmax}} = 864.01 \quad (\text{Н})$$

Максимальна сила, яка діє на вали:

$$R_{\text{кmax}} := 1.15 \cdot F_{\text{ткmax}} \quad R_{\text{кmax}} = 993.62 \quad (\text{Н})$$

За споживаною потужністю виберемо електродвигун.

Необхідна потіжність:

$$N_{\text{дв}} := N_K + N_1 + N_T \quad N_{\text{дв}} = 0.996 \quad (\text{кВт})$$

Вибираємо мотор-редуктор МРА-II 11/63 із наступними характеристиками:

$$\text{Потужність: } N_{\text{дв}} := 1.1 \quad (\text{кВт})$$

$$\text{Частота обертання } n_{\text{дв}} := 63 \quad (\text{об/хв})$$

3.7. Розрахунок вала транспортера

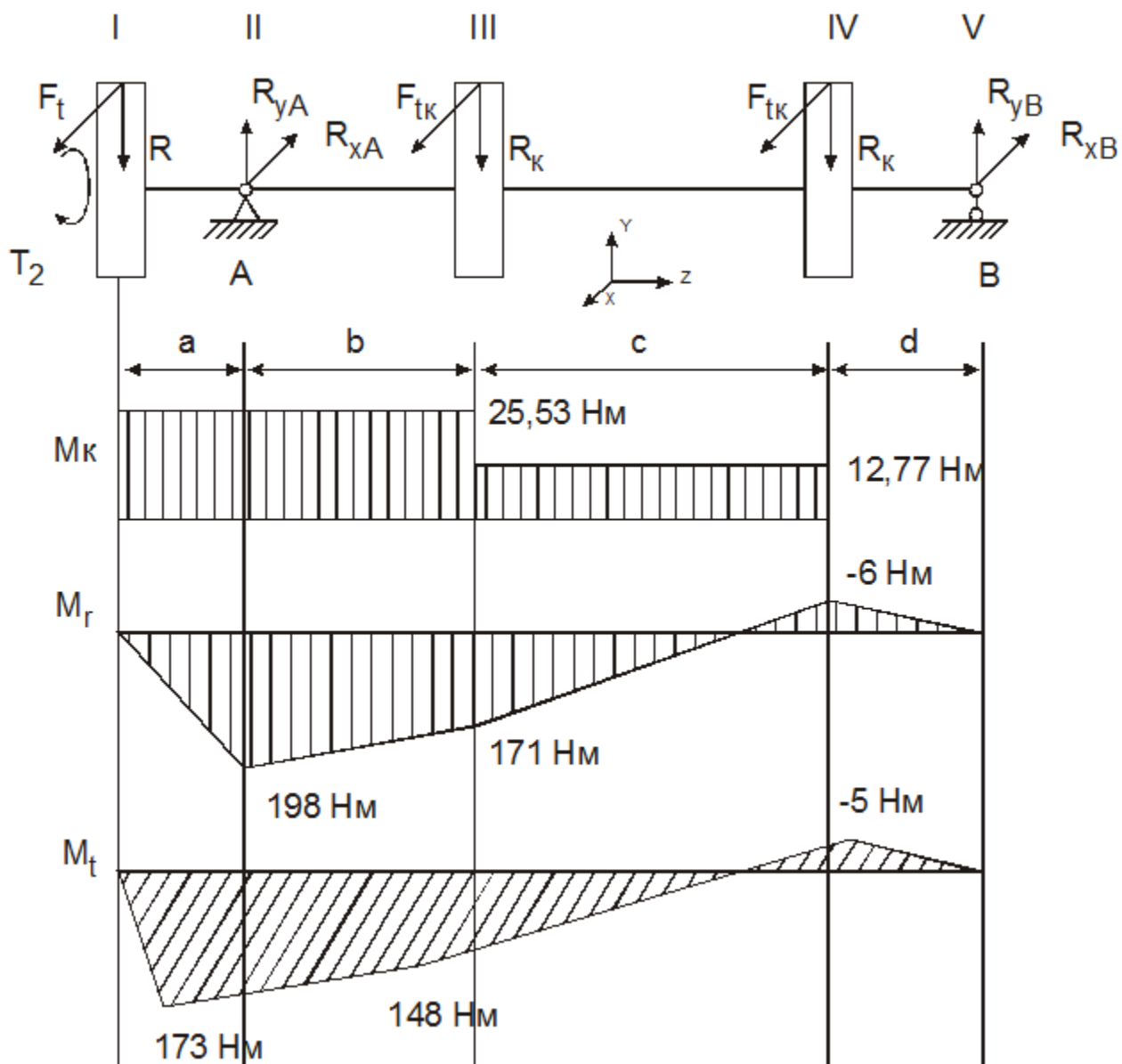


Рис. 3.5. Епюра навантажень на валу конвеєра

Значення геометричних параметрів вала: $a := 0.10 \text{ (м)}$

$b := 0.02 \text{ (м)}$

$c := 0.45 \text{ (м)}$

$d := 0.02 \text{ (м)}$

Визначимо реакції в опорах:

$$R_{yB} := \frac{R_{kmax} \cdot b + R_{kmax} \cdot (b + c) - R_{max} \cdot a}{b + c + d} \quad R_{yB} = 588.7 \quad (H)$$

$$R_{yA} := R_{max} + 2 \cdot R_{kmax} - R_{yB} \quad R_{yA} = 3382.63 \quad (H)$$

$$R_{xB} := \frac{F_{tkmax} \cdot b + F_{tkmax} \cdot (b + c) - F_{tmax} \cdot a}{b + c + d} \quad R_{xB} = 511.91 \quad (H)$$

$$R_{xA} := F_{tmax} + 2 \cdot F_{tkmax} - R_{xB} \quad R_{xA} = 2941.41 \quad (H)$$

Моменти:

$$M_{rI} := 0 \quad M_{rI} = 0 \quad (H^*M)$$

$$M_{rII} := R_{max} \cdot a \quad M_{rII} = 198.41 \quad (H^*M)$$

$$M_{rIII} := R_{max} \cdot (a + b) - R_{yA} \cdot b \quad M_{rIII} = 170.44 \quad (H^*M)$$

$$M_{rIV} := R_{max} \cdot (a + b + c) - R_{yA} \cdot (b + c) + R_{kmax} \cdot c \quad M_{rIV} = -11.77 \quad (H^*M)$$

$$M_{tI} := 0 \quad M_{tI} = 0 \quad (H^*M)$$

$$M_{tII} := F_{tmax} \cdot a \quad M_{tII} = 172.53 \quad (H^*M)$$

$$M_{tIII} := F_{tmax} \cdot (a + b) - R_{xA} \cdot b \quad M_{tIII} = 148.21 \quad (H^*M)$$

$$M_{tIV} := F_{tmax} \cdot (a + b + c) - R_{xA} \cdot (b + c) + F_{tkmax} \cdot c \quad M_{tIV} = -10.24 \quad (H^*M)$$

Сумарні реакції:

$$R_{Aш} := \sqrt{R_{xA}^2 + R_{yA}^2} \quad R_{Aш} = 4482.64 \quad (H)$$

$$R_{Bш} := \sqrt{R_{xB}^2 + R_{yB}^2} \quad R_{Aш} = 4482.64 \quad (H)$$

Для проектування валів вибираємо нормалізовану сталь 45, для якої

$$\sigma_T := 363 \quad (\text{МПа}) \quad i \quad \sigma_B := 598$$

Діаметр вала з умови міцності на кручення попередньо визначимо для перерізів вала під зубчастими колесами. Оскільки в цих перерізах діють одночасно і згинний, і крутний моменти, то діаметр цих перерізів знайдемо за заниженим допустимим напруженням

$$\tau_{\text{доп}} := 30 \quad (\text{МПа})$$

За [] мінімальний діаметр вала:

$$d_K := \sqrt[3]{\frac{16 \cdot T_1 \cdot 10^3}{\pi \cdot \tau_{\text{доп}}}} \quad d_K = 16.303 \quad (\text{мм})$$

Беремо з конструктивних міркувань: $d_K := 30 \quad (\text{мм})$

Результуючий максимальний згинний момент:

$$M_{\text{max}} := \sqrt{M_{tII}^2 + M_{tI}^2} \quad M_{\text{max}} = 262.931 \quad (\text{Н*м})$$

$$\sigma_{zr} := 32 \cdot \frac{M_{\text{max}}}{\pi \cdot d_K^3} \quad \sigma_{zr} = 0.099 \quad (\text{МПа})$$

$$\tau := 16 \cdot \frac{T_1 \cdot 10^3}{\pi \cdot d_K^3} \quad \tau = 4.815 \quad (\text{МПа})$$

Еквівалентне напруження:

$$\sigma_E := \sqrt{\sigma_{zr}^2 + \tau^2} \quad \sigma_E = 4.816 \quad (\text{МПа})$$

Максимальне еквівалентне напруження при короткотермінових перевантаженнях 150%:

$$\sigma_{E\text{max}} := \sigma_E \cdot 2.5 \quad \sigma_{E\text{max}} = 12.04 \quad (\text{МПа})$$

Допустиме еквівалентне напруження:

$$\sigma_{E\text{доп}} := 0.8 \cdot \sigma_T \quad \sigma_{E\text{доп}} = 290.4 \quad (\text{МПа})$$

Умова статичної міцності виконується, оскільки $\sigma_{E\text{max}} < \sigma_{E\text{доп}}$

3.8. Розрахунок формуючих валків

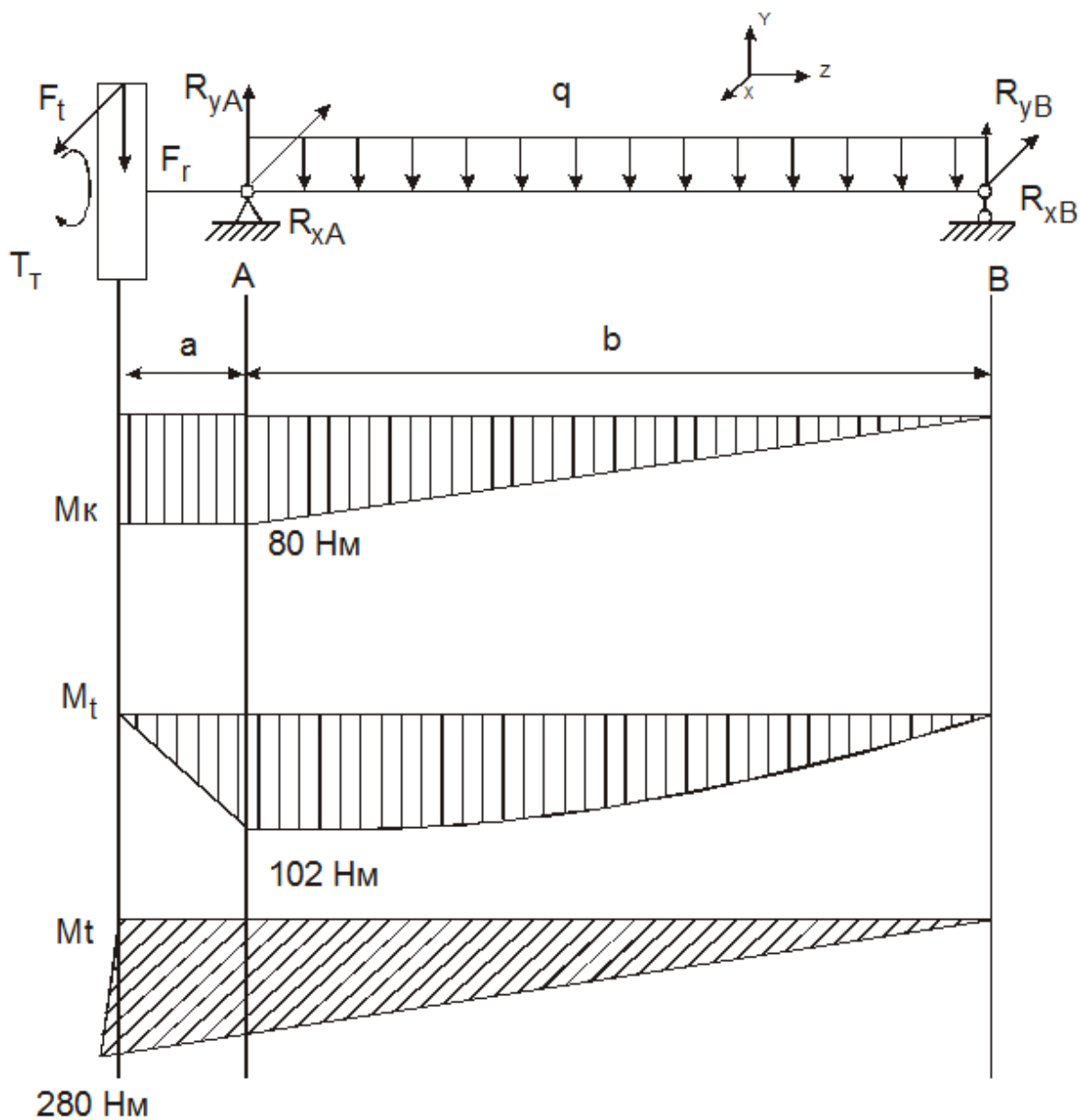


Рис. 3.6. Епюра навантажень на формуючому валку

Значення геометричних параметрів вала: $a := 0.11$ (м)

$b := 0.405$ (м)

Визначимо реакції в опорах:

$$R_{xB} := \frac{F_t \cdot a}{b} \quad R_{xB} = 692.49 \quad (\text{H})$$

$$R_{xA} := F_t - R_{xB} \quad R_{xA} = 1857.15 \quad (\text{H})$$

$$R_{yB} := q \cdot \frac{b}{2} - \frac{F_r \cdot a}{b} \quad R_{yB} = -251.9 \quad (\text{H})$$

$$R_{yA} := \frac{F_r \cdot (a + b)}{b} + q \cdot \frac{b}{2} \quad R_{yA} = 1180.19 \quad (\text{H})$$

Моменти:

$$M_{rII} := F_r \cdot a \quad M_{rII} = 102.08 \quad (\text{H}^*\text{м})$$

$$M_{tII} := F_t \cdot a \quad M_{tII} = 280.46 \quad (\text{H}^*\text{м})$$

Сумарні реакції:

$$R_{Aш} := \sqrt{R_{xA}^2 + R_{yA}^2} \quad R_{Aш} = 2200.42 \quad (\text{H})$$

$$R_{Bш} := \sqrt{R_{xB}^2 + R_{yB}^2} \quad R_{Bш} = 2200.42 \quad (\text{H})$$

Для проектування валів вибираємо нормалізовану сталь 45, для якої

$$\sigma_T := 363 \quad (\text{МПа}) \quad i \quad \sigma_B := 598$$

Діаметр вала з умови міцності на кручення попередньо визначимо для перерізів вала під зубчастими колесами. Оскільки в цих перерізах діють одночасно і згинний, і крутний моменти, то діаметр цих перерізів знайдемо за заниженим допустимим напруженням

$$\tau_{\text{доп}} := 30 \quad (\text{МПа})$$

За [] мінімальний діаметр вала:

$$d_K := \sqrt[3]{\frac{16 \cdot T_1 \cdot 10^3}{\pi \cdot \tau_{\text{доп}}}} \quad d_K = 16.303 \quad (\text{мм})$$

Беремо з конструктивних міркувань: $d_K := 40 \quad (\text{мм})$

Результуючий максимальний згинний момент:

$$M_{\text{max}} := \sqrt{M_{rII}^2 + M_{tII}^2} \quad M_{\text{max}} = 298.46 \quad (\text{H}^*\text{м})$$

$$\sigma_{зг} := 32 \cdot \frac{M_{\max}}{\pi \cdot d_K^3} \quad \sigma_{зг} = 0.048 \quad (\text{МПа})$$

$$\tau := 16 \cdot \frac{T_1 \cdot 10^3}{\pi \cdot d_K^3} \quad \tau = 2.031 \quad (\text{МПа})$$

Еквівалентне напруження:

$$\sigma_E := \sqrt{\sigma_{зг}^2 + \tau^2} \quad \sigma_E = 2.032 \quad (\text{МПа})$$

Максимальне еквівалентне напруження при короткотермінових перевантаженнях 150%:

$$\sigma_{E\max} := \sigma_E \cdot 2.5 \quad \sigma_{E\max} = 5.08 \quad (\text{МПа})$$

Допустиме еквівалентне напруження:

$$\sigma_{E\text{доп}} := 0.8 \cdot \sigma_T \quad \sigma_{E\text{доп}} = 290.4 \quad (\text{МПа})$$

Умова статичної міцності виконується, оскільки $\sigma_{E\max} < \sigma_{E\text{доп}}$

4. Математичне моделювання відсаджувального вузла

4.1. Математичне моделювання процесу відсаджування

Валкові машини є одним з основних типів технологічного обладнання в харчовій промисловості. До вальцевих систем відносяться вальці і каландери. За способом впливу вальців на матеріал процеси переробки на вальцях і каландерах схожі. Оброблення матеріалу, у нашому випадку – тіста, на вальцевих машинах переважно відбувається в області деформації $ABCD$ (рис. 4.1).

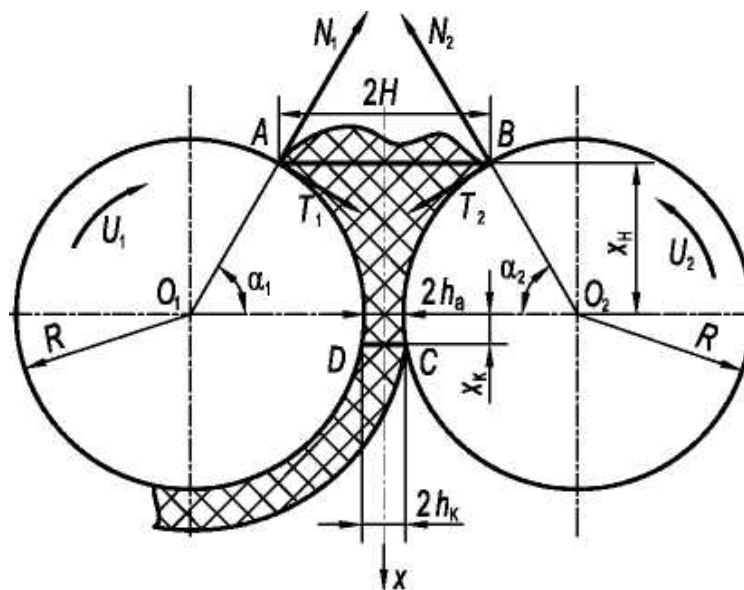


Рис. 4.1 – Схема взаємодії оброблюваного тіста з вальцями.

В цій області обробка матеріалу проводиться під дією сил, що виникають від зіткнення тіста з поверхнею вальців, що обертаються. В області $ABCD$ на матеріал діють розтягуючі, стискаючі, зсовуючі сили, а також він піддається дії статичної електрики, що виникає від тертя суміші об поверхню вальців і підвищених температур. В результаті цих дій оброблюваний матеріал зтягується в зазор, утворений двома циліндричними вальцями, що поступово звужується. Необхідною умовою зтягування тіста у міжвальцевий зазор є те, щоб кут захоплення був не більшим від куту тертя тіста до матеріалу поверхні вальця.

Основними робочими органами вальців є два пустотілі циліндричні вали, що обертаються назустріч з різними окружними швидкостями, осі яких розташовані

в горизонтальній площині. Виділяють кілька типів методів математичного опису перервного оброблення тіста у вальцевих машинах.

Перший тип. Опірається на емпіричні рівняння теорії подібності, знайдені за експериментами даних за допомогою теорії подібності. За ним залежність для сили розпирання та потужності на вальцях авторства Н.А. Козуліна має вигляд:

$$F_n = k_1 \rho D^{x_1} \left(\frac{2h_k}{D} \right)^{y_1} \left(\frac{b}{D} \right)^{z_1} \left(\frac{d}{D} \right)^{u_1} A^{v_1} \quad (4.1)$$

$$N_n = k_2 \rho D^{x_2} f^{w_2} \left(\frac{2h_k}{D} \right)^{y_2} \left(\frac{b}{D} \right)^{z_2} \left(\frac{d}{D} \right)^{u_2} A^{v_2}$$

де $\frac{d}{D}$ – геометричний симплекс, масштабний коефіцієнт при переході від експериментальних вальців (діаметр d) до проєктованих (діаметр D); $x_1, y_1, z_1, u_1, v_1, x_2, y_2, z_2, u_2, v_2$ – коефіцієнти, знаходяться на базі експериментів; A – фізичний параметр готової маси – відновлюваність, густина, пластичність і т.д.; D – діаметр бочки валка; ρ – густина маси; $2h_k$ – товщина вальцьованого матеріала при виході із зони деформації; $f = \frac{n_2}{n_1}$ – фрикція між вальцями; n_1, n_2 – швидкості обертання переднього і заднього валків відповідно; b – ширина вальцьованого листа; k_1, k_2 – коефіцієнти.

Перевагою даного методу є те, що він виявляє взаємозв'язок між зусиллям розпору F_n , потужністю N_n і фізичними параметрами вальцьованого тіста. До недоліків можна віднести те, що дані критерійні рівняння не показують повної картини процесу в зоні нагнітання ABCD. Цінність методу дещо падає бо для кожного виду тіста і для кожної режиму відсдки треба проводити експеримент, що дорого і складно.

Другий тип. Методи, в основі яких припущення, що тісто має виразну границю текучості. За цим припущенням М.М. Майзель запропонував рішення на

базі диференціального рівняння рівноваги у зоні деформації для тіста, яке після проведення необхідних перетворень має вигляд

$$\frac{d(P - \chi\sigma_t)}{dy} \frac{\chi\sigma_t}{x} \frac{dx}{dy} \pm \frac{\tau}{x} = 0 \quad (4.2)$$

Для вирішення цього рівняння введено граничні умови:

$$\sigma_{y=0} = 0; \quad \sigma_{y=y_n} = 0; \quad (4.3)$$

$$P_{y=0} = \chi\sigma_t; \quad P_{y=y_n} = \chi\sigma_t.$$

Припускають, що сила тертя описується згідно формули Амонтона:

$$\tau = f_1 P. \quad (4.4)$$

Тут:

σ_t – межа текучості; P – питомий тиск; χ – коефіцієнт, змінюється в межах $1 < \chi > 1,25$; f_1 – коефіцієнт тертя тіста до поверхні валка; τ – напруження зсуву; x, y – біжучі координати.

Вирішуючи рівняння (4.3) відносно P , одержуємо розподіл питомого тиску по дузі захоплення матеріалу:

- для зони відставання

$$P = \frac{\chi\sigma_t}{\delta} \left[(\delta - 1) \left(\frac{h_n}{h} \right)^\delta + 1 \right]; \quad (4.5)$$

- для зони випередження

$$P = \frac{\chi\sigma_t}{\delta} \left[(\delta - 1) \left(\frac{h}{h_k} \right)^\delta - 1 \right], \quad (4.6)$$

де $\delta = \frac{2f_1 y}{h_n - h_k}.$

Під зоною відставання мається на увазі область деформації оброблюваного матеріалу, укладена між перетином, де питомий тиск на матеріал досягає максимального значення. Зона випередження, відповідно, знаходиться між нейтральним і перерізом виходу матеріалу з вальців. Аналіз рівнянь (4.5) і (4.6) показує, що в зоні відставання питомий тиск зростає у бік зменшення зазора, а в зоні випередження, навпаки, зменшується. Отже, на межі розділу між зоною відставання і зоною випередження (нейтральний перетин) величина питомого тиску досягає максимального значення. Далі, підсумувавши проекції елементарних сил тиску і сил тертя на площину осей вальців, визначається величина зусилля розпору

$$F_n = \frac{2L\chi\sigma_i h_{н.с}}{\delta - 1} \sqrt{\frac{2R}{h_n - h_k} \left[\left(\frac{h_{н.с}}{h_k} \right)^\delta - 1 \right]} \quad (4.7)$$

де L – робоча довжина валка; R – радіус валка.

Рівняння (4.7) одержано в припущенні, що питомий тиск постійний по ширині вальцьованого матеріалу, дуга захоплення замінена хордою і складова від сил тертя не враховується. Для випадку, коли швидкість обертання і діаметри вальців рівні, а ордината точки додатку рівнодіючої сили розпору відома, визначається момент опору, що виникає при деформації матеріалу між вальцями, які обертаються

$$M = F_n D \sin \beta, \quad (4.8)$$

де β – кут визначаючий величину ординати точки додатку рівнодіючої зусилля розпору. Аналіз рівнянь (4.7) і (4.8) показує, що момент опору залежить від межі текучості матеріалу, коефіцієнта тертя і геометричних розмірів, що визначають зону деформації, що переробляється, і не залежить від швидкості деформації.

Другий тип. Теорія, яка базується на припущенні про те, що матеріали (у нашому випадку це тісто) в процесі переробки поведуться як рідини, рух котрих можна описувати як гідромеханічний процес. Відповідно, теорія називається

гідромеханічна. Відомо багато гідромеханічних методів для моделювання процесу відсаджування на вальцях (каландрах). Вони базуються на приближенному вирішенні задачі ламінарного руху нестискуваного в'язкого чи в'язкопружного середовища між двома обертовими вальцями.

В загальному випадку гідромеханічна задача течіння в'язкого або в'язкопружного нестискуваного середовища описується чотирма диференціальними рівняннями другого порядку у частинних похідних, а саме: рівняння для руху середовища, рівняння нерозривності потоку, рівняння енергетичного балансу і реологічні рівняння для середовища.

Загальними припущення у гідромеханічних задачах для руху рідини між вальцями:

- 1) рідина рухається у сталому плоскопаралельному режимі;
- 2) поздовжня швидкість руху матеріалу суттєво більша за поперечну (радіальну) швидкість руху;
- 3) транспортоване середовище вважається нестискуваним, наявні дотичні напруження суттєво більші за нормальні;
- 4) рух рідини вважають ізотермічним, тому енергетичні рівняння не складають;
- 5) мізерними за величиною масовими силами нехтують.

Головною різницею між гідромеханічними методами є застосування різних реологічних рівнянь поведінки середовищ в процесі руху між вальцями та різних залежностей для граничних умов процесу їх руху.

4.2. Математична модель відрізання

Відомо, що на різання в'язко-пружно-пластичних продуктів суттєво впливає швидкість різання. При певних швидкостях лева можливе зменшення зусилля різання, при цьому зменшується і деформування продукту під дією лева. Як результат – висока якість поверхні зрізу та висока продуктивність процесу при низьких енерговитратах.

Аналіз аналітичних досліджень з цієї проблеми показав, що на даний момент немає доступних інженерних методів безпосереднього дослідження зусилля різання.

В роботі [10] запропоновано вирішення питання моделювання процесу різання, методика дослідження та експериментальну установку, яка дає можливість взяти значення зусилля різання при різних швидкостях різання, різній геометрії леза та реологічних характеристиках продукту.

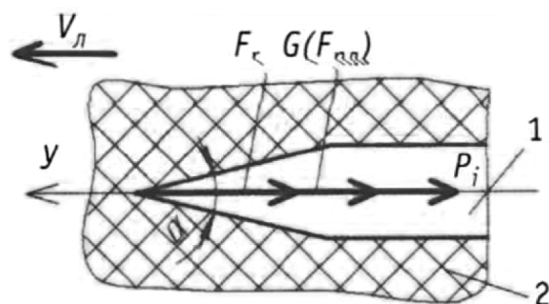


Рис. 3.2. – Схема сил, що діють на лезо в процесі різання продукції: 1 - лезо; 2 - продукт.

Для розгляду механізму різання складемо диференціальне рівняння руху леза у шарі середовища (тіста). На лезо, що проникає в товщину тіста, впливають наступні сили (рис. 3.2): P_i – сили інерції; F_r – сили різання; G – сили тертя між плоскою широкою стороною леза та тістом або зусилля F_{ad} адгезії (в залежності від реології продукту).

При малих значеннях сил адгезії продукту більшим є сили тертя, тоді як для липких продуктів більшою є міцність адгезії. Сили тертя розраховують за формулою [1]:

$$G = K_0(C + kV) = C_{mp} + k_1 \frac{dy}{dt}, \quad (4.9)$$

де $K_0 C = C_{mp}$; $K_0 \cdot k = k_1$;

C – коефіцієнт питомого навантаження продукту на широку сторону ножа;

V – лінійна швидкість проковзування тіста по широкій стороні ножа;

k – коефіцієнт швидкості проковзування тіста і сили тертя;

y – хід леза в середовищі;

t – час руху леза в середовищі;

K_0 – коефіцієнт кількості поверхонь контакту леза ножа з продуктом.

Для двобічного контакту за нормального проникання леза $K_0 = 2$.

Для продуктів, налипаючих на лезо, замість сил тертя треба враховувати сили адгезії. Вони залежні від геометрії та стану поверхні леза, швидкості процесу різання, площі поверхні контакту матеріалу та ножа, кута різання (зазвичай рівний куту заточки), реологічних характеристик середовища тощо. Сили адгезії отримують дослідним шляхом [2] або за наявними результатами досліджень для конкретних продуктів і конструкцій різальних систем.

Сила адгезії F_{nl} як функція міцності адгезії P_{ad} при нормальному відриві від поверхні середовища:

$$F_{nl} = P_{ad}S, \quad (4.10)$$

де S – площа контакту при взаємодії.

За припущенням про відривання під кутом до нормалі:

$$F_{nl} = P_{ad}S \cos(\alpha + \alpha_0), \quad (4.11)$$

де α – кут заточки леза;

α_0 – характерний кут відривання.

Величина $(\alpha + \alpha_0)$ визначається формою і напрямком руху леза, кутом різання.

Інерційне зусилля різання P_i з врахуванням напрямку руху леза відносно середовища:

$$P_i = ma = m \frac{d^2 y(t)}{dt^2}, \quad (4.12)$$

де m – приведена до типу і маси ріжучого леза маса рухомої частини різальної системи;

a – прискорення руху леза при зануренні його в середовище (тісто). Для отримання величини зусилля різання сформуємо рівняння рівноваги:

$$m \frac{d^2 y(t)}{dt^2} + F_r + F_{nl} = 0, \quad (4.13)$$

Найбільш характерні випадки існування рівняння (4.12) для різних за структурно-механічними властивостями харчових продуктів і середовищ. За результатами досліджень [3], якщо прийняти міцність адгезії від приведеної до одиниці площі перетину тривалості t процесу різання залежною лінійно:

$$P_{ad} = b + at, \quad (4.13)$$

де a і b – експериментально отримані коефіцієнти, то будемо мати наступний розв'язок рівняння (4.12).

$$y(t) = V_{oy}t - \frac{t^2(3F_r + S \cos(\alpha + \alpha_0)(3b + at))}{6m}, \quad (4.14)$$

Тут враховано: $P_{nl} = (b + at)S \cos(\alpha + \alpha_0)$, та початкові умови $t = 0 \Rightarrow y = 0 \Rightarrow dy/dt = V_{oy}$.

Після диференціювання залежності (4.7) швидкість процесу різання:

$$\frac{dy}{dt} = \frac{2V_{oy}t - 2F_r t - S \cos(\alpha + \alpha_0)(2bt - at^2)}{2m}, \quad (4.15)$$

З формулою (4.15) силу різання можна визначити наступним чином:

$$F_r = \frac{2V_{oy}t - S \cos(\alpha + \alpha_0)(2bt - at^2)}{2t} - \frac{m}{t} \frac{dy}{dt}, \quad (4.16)$$

Якщо по результатах аналітичних або експериментальних досліджень залежність міцності адгезії від приведеної до одиниці площі перерізу тривалості t процесу різання має нелінійну форму, тоді :

$$m \frac{d^2 y(t)}{dt^2} + F_r + B e^{bt} S \cos(\alpha + \alpha_0) = 0, \quad (4.17)$$

Попередньо прийнято:

$$F_{nl} = B e^{bt} S \cos(\alpha + \alpha_0), \quad (4.18)$$

$$P_{ad} = B e^{bt}, \quad (4.19)$$

За схожих початкових даних:

$$y(t) = V_{oy}t + \frac{2BS \cos(\alpha + \alpha_0)(1 + bt - e^{bt}) - F_r t^2 b^2}{2b^2 m}, \quad (4.20)$$

Тоді для швидкості різання та зусилля різання:

$$\frac{dy}{dt} = V_{oy} - \frac{F_r t b^2 + BS \cos(\alpha + \alpha_0)(b - b e^{bt})}{b^2 m}, \quad (4.21)$$

Якщо модель процесу різання тіста є відомою і має вигляд [1], то:

$$F_p + G + F_{nz} + P_i = 0, \quad (4.22)$$

За умови $F_{nz} = 0$ та рівняння (4.9) і (4.10), буде:

$$F_r + (C_{mp} + k_1 \frac{dy(t)}{dt}) + m \frac{d^2 y(t)}{dt^2} = 0, \quad (4.23)$$

Розв'язок рівняння (4.23) у загальній формі:

$$y(t) = \frac{C_1 \cdot m \cdot e^{\frac{k_1 t}{m}}}{k_1} - \frac{(F_r + C_{mp})t}{k_1} + C_2, \quad (4.24)$$

де C_1 і C_2 – константи інтегрування.

За початкових умов $t = 0 \Rightarrow y = 0 \Rightarrow dy/dt = V_{oy}$ буде:

$$y(t) = \frac{(F_r + C_{mp} + V_{oy} \cdot K_1) \cdot m \cdot e^{\frac{k_1 t}{m}}}{k_1^2} - \frac{(F_r + C_{mp}) \cdot t}{k_1} + \frac{(F_r + C_{mp} + V_{oy} K_1) \cdot m}{k_1^2}, \quad (4.25)$$

Після диференціювання (4.26):

$$\frac{dy(t)}{dt} = \frac{(F_r + C_{mp} + V_{oy} \cdot K_1) \cdot e^{\frac{k_1 t}{m}}}{k_1^2} - \frac{F_r + C_{mp}}{k_1}, \quad (4.27)$$

Сили різання:

$$F_r = \frac{k_1 \frac{dy(t)}{dt} - e^{\frac{k_1 t}{m}} (C_{mp} + V_{oy} k_1) + C_{mp}}{e^{\frac{k_1 t}{m}} - 1}, \quad (4.28)$$

де $dy(t)/dt$ швидкістю занурення леза. Середнє значення швидкості отримують із врахуванням швидкості на початковому етапі процесу занурення леза в продукт та при виході із нього. Якщо в процесі різання досліджуваного середовища на поверхні леза ножа залишається шар продукту, який налип (наприклад, тісто або сирна маса), треба враховувати сили адгезії. Тоді модель процесу різання такого типу середовищ:

$$F_r + (a + b_1 \cdot \ln(t)) + m \frac{d^2 y(t)}{dt^2} = 0, \quad (4.29)$$

У формулі (4.30) сили адгезії визначається як:

$$a + b_1 \cdot \ln(t),$$

де a і b – дослідні коефіцієнти швидкісного відривання під кутом харчових середовищ від пластини (леза ножа) [2]. Після вирішення рівняння (4.31) за відповідних початкових умов, формула сили різання матиме вигляд:

$$F_r = \frac{4 \cdot V_{oy} + 3 \cdot t \cdot m - 2 \cdot t \cdot m \cdot b_1}{2t \cdot m} \times \frac{\ln(t) - 2 \cdot t \cdot m \cdot a}{2t \cdot m}, \quad (4.32)$$

4.3. Опис програми вирішення математичної моделі.

Ідентифікатори – це відповідним чином, з врахуванням адаптації до вимог синтаксису відповідних мов програмування закодовані відповідні фізичні величини. Представимо в таблиці 4.1 основні ідентифікатори програми розрахунку напружено-деформаційного стану вальців при відсаджуванні.

Таблиця 4.1

Ідентифікатори тори до програми розрахунку напружено-деформаційного стану вальців при відсаджуванні

Іденти-фікатор	Позна-чення	Найменування величини	Одиниці вимірювання
1	2	3	4
$A(l, l)$	-	Масив геометричних розмірів валу	м
MW	-	Матеріал валу	-
L	l	Відстань між валковими опорами	м
$L1$	l_1	Відстань від лівої опори до початку дії розподіленого навантаження	м
$L2$	l_2	Відстань від лівої опори до кінця дії розподіленого навантаження	м
Q	q	Розподілене навантаження, діюче на вал	Н/м
$B1$	b_1	Ширина паза шпони шийки валу	м
$T1$	t_1	Глибина паза шпони шийки валу	м
NP	n_p	Кількість периферійних отворів бочки валу	-
DP	d_p	Діаметр периферійних отворів	м

1	2	3	4
ZP	r_n	Радіус розташовує центрів периферійних отворів	м
TV	$t_{ен}$	Температура теплоносія	°C
TN	$t_{нар}$	Температура на робочій поверхні валу	°C
E	E	Модуль пружності матеріалу валу	Н/м ²
KT	α	Коефіцієнт лінійного розширення матеріалу валу	1/°C
KP	μ	Коефіцієнт Пуассона матеріалу валу	-
ND	N	Потужність приводного двигуна	кВт
V	U	Лінійна швидкість обертання валу	м/с
χ	χ	Поточна координата по осі абсцис	М
$I(Z)$	I_x	Момент інерції поточного перетину	м ⁴
$W(Z)$	W_x	Момент опору поточного перетину	м ³
$M(Z)$	$M(x)$	Згинаючий момент в поточному перетині	Нм
N	n	Кількість ступенів валу	-
$ST(Z)$	σ_t	Температурні напруги в поточному перетині валу	МПа
$SI(Z)$	σ_n	Згинаючі напруги в поточному перетині валу	МПа
$SK(Z)$	τ	Напряга кручення в поточному перетині валу	МПа
$SE(Z)$	$\sigma_{екв}$	Еквівалентні напруги в поточному перетині валу	МПа
$FP(Z)$	f	Прогинання валу в поточному перетині	м
PI	π	Число π	рад
KM	$M_{кр}$	Що крутить момент на валку	Нм

Продовження таблиці 4.1.

1	2	3	4
$SS(Z)$	σ_c	Сумарні напруги в поточному перетині валу	МПа
RA RB	Ra , Rb	Реакції в опорах валу A і B	Н
AL	α_l	Кут між центрами суміжних периферійних отворів	\dots°

Блок-схема алгоритму має виг

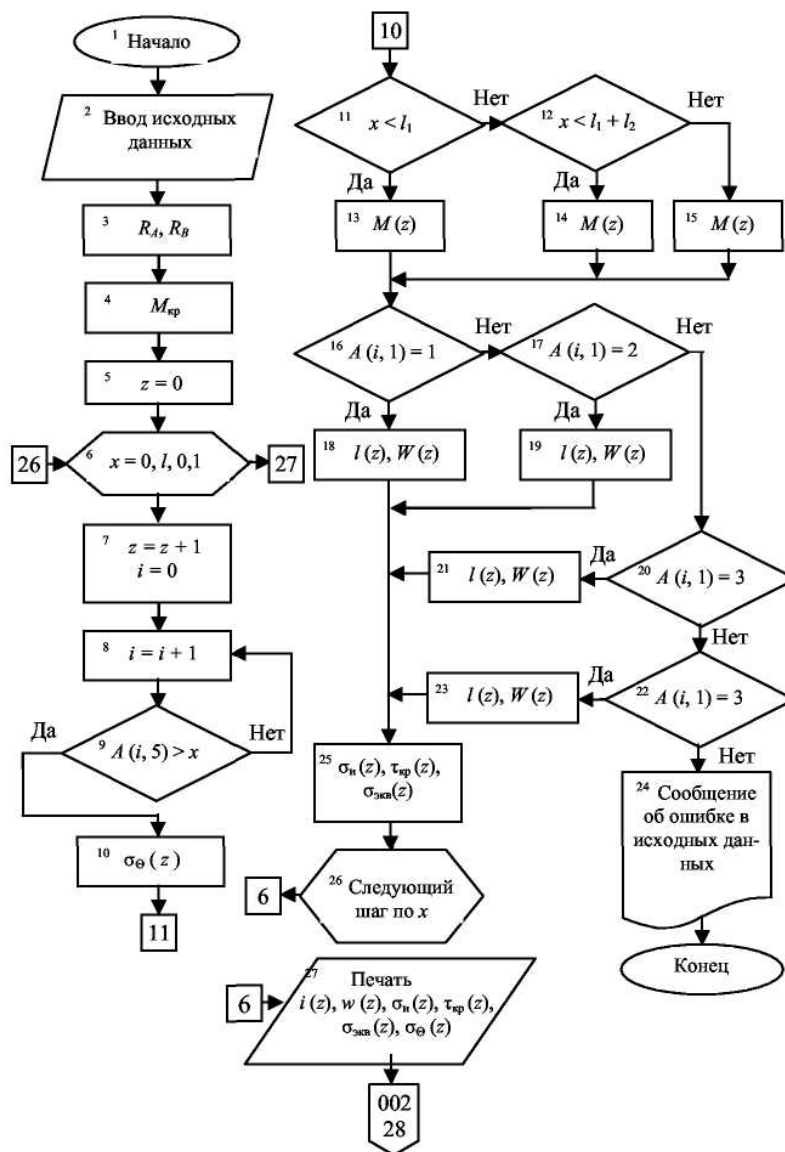
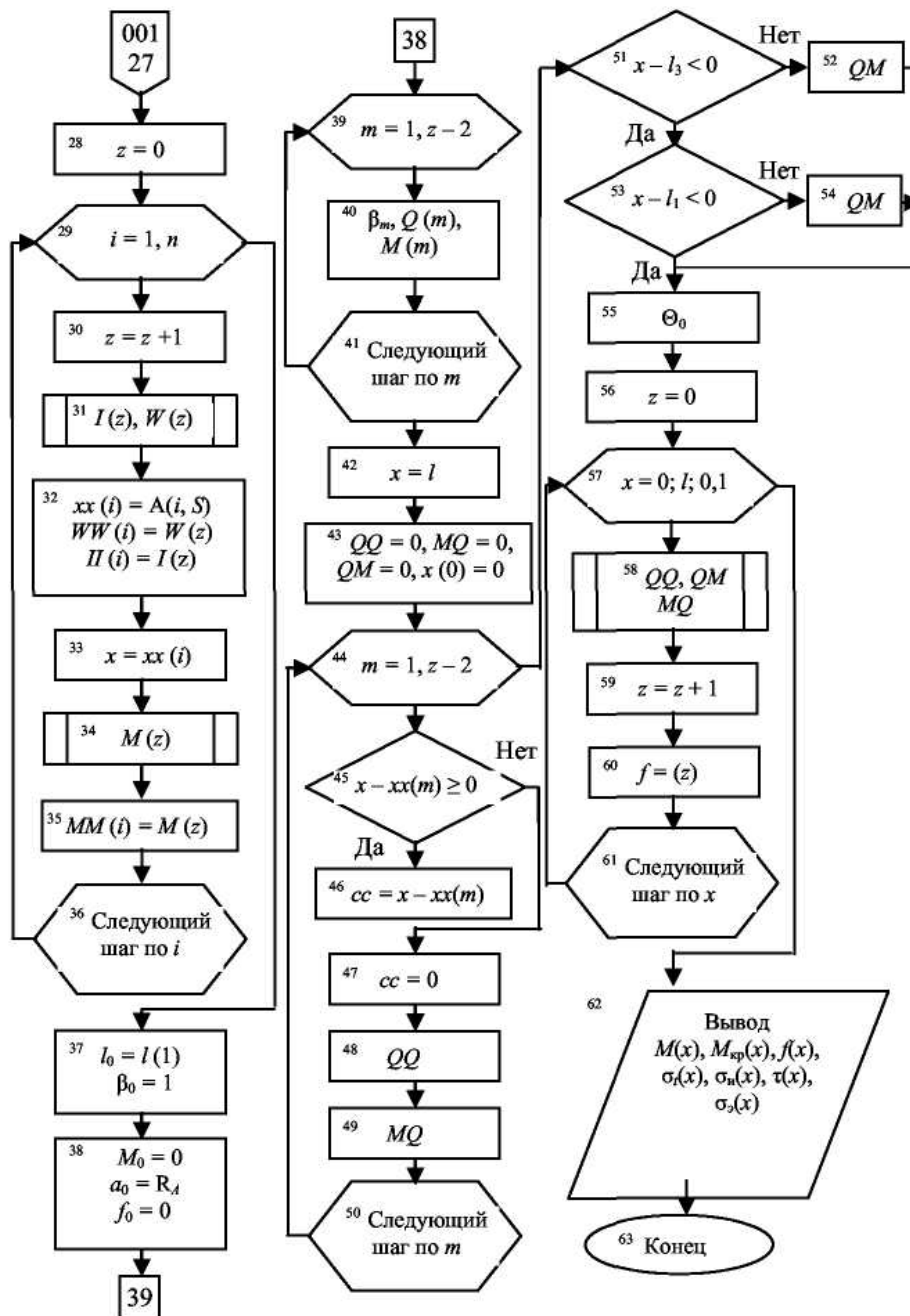


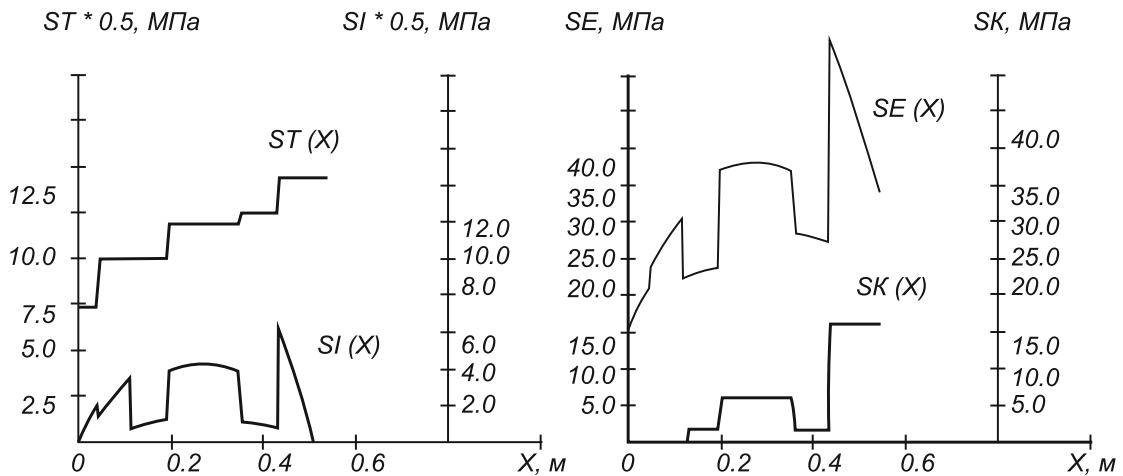
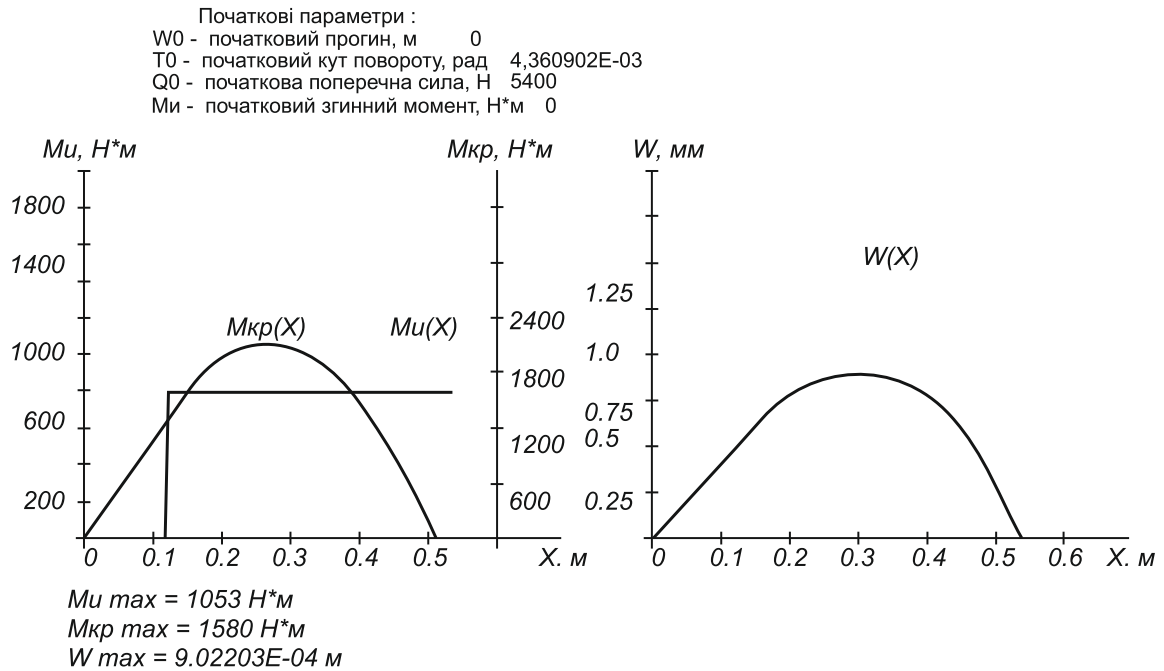
Рис. 4.1. – блок-схему алгоритму розрахунку напружено-деформаційного стану вальців при відсаджуванні



Продовження рисунку 4.1.

4.4. Результати роботи програми розрахунку процесу відсаджування

Результати роботи програми розрахунку процесу відсаджування покажемо на рис. 4.3.



- Крутний момент, що діє на валок МКР=1580 Н*м
 - Реакції в опорах А і В рівні відповідно RA=5400 Н, RB=5400 Н
 Секв max = 54.182716 МПа [S] = 135 МПа
 УМОВА МІЦНОСТІ ВИКОНУЄТЬСЯ Секв max < [S]

Щоб продовжити, натисніть любую кнопку

Рис. 4.3. Результати роботи програми розрахунку процесу відсаджування

4.5. Аналіз результатів роботи програми для розрахунку процесу відсаджування

Аналізуючи отримані результати, можна зробити наступні висновки. Процес формування тістових заготовок є багатофакторним і складним по своїй суті. Визначальними характеристиками для процесу нагнітання фаршу є геометричні параметри вальців, а також релогічні характеристики тіста.

Аналізуючи результати, отримані при роботі програми можна сказати, що максимальний прогин вальків буде в координаті 0,33 і складатиме до 1 мм.

Максимальне значення обертового моменту складає 1580Нм.

Можна зробити висновок, що в нашому випадку умова міцності виконується, тому функціонування вальцевої системи буде здійснюватись безперешкодно.

4.6. Результати досліджень процесу різання тіста

Для дослідження процесу різання і отримання значень коефіцієнтів, введених у рівняння, застосовано експериментальну установку, яка дає можливість з використанням математичної моделі встановити значення сил різання. Експериментальна установка являє собою прилад на основі фізичного маятника, з закріпленням лезом на торці коромисла (рис. 4.4).

Швидкість переміщення леза розраховуємо за формулою:

$$V_{ex} = R \sqrt{2 \frac{\sum P_i r_i}{J} (1 - \cos \alpha_1)}, \quad (4.1)$$

де P_i – вага елемента маятника;

r_i – відстань від центру мас елемента маятника до осі маятника;

α_1 – початковий кут руху коромисла;

R – довжина коромисла;

Отримані залежності за чинною методикою досліджень дають можливість знайти сили різання від швидкості руху леза в середовищі та інших показників процесу різання; порівнювати властивості харчових продуктів, робити оцінку

параметрів їх якості по зусиллю різання. Результати проведеного математичного та фізичного моделювання застосовано для визначення раціональних режимів різання харчових продуктів. Для прикладу наведемо результати для різання тістової заготовки і сирної маси.

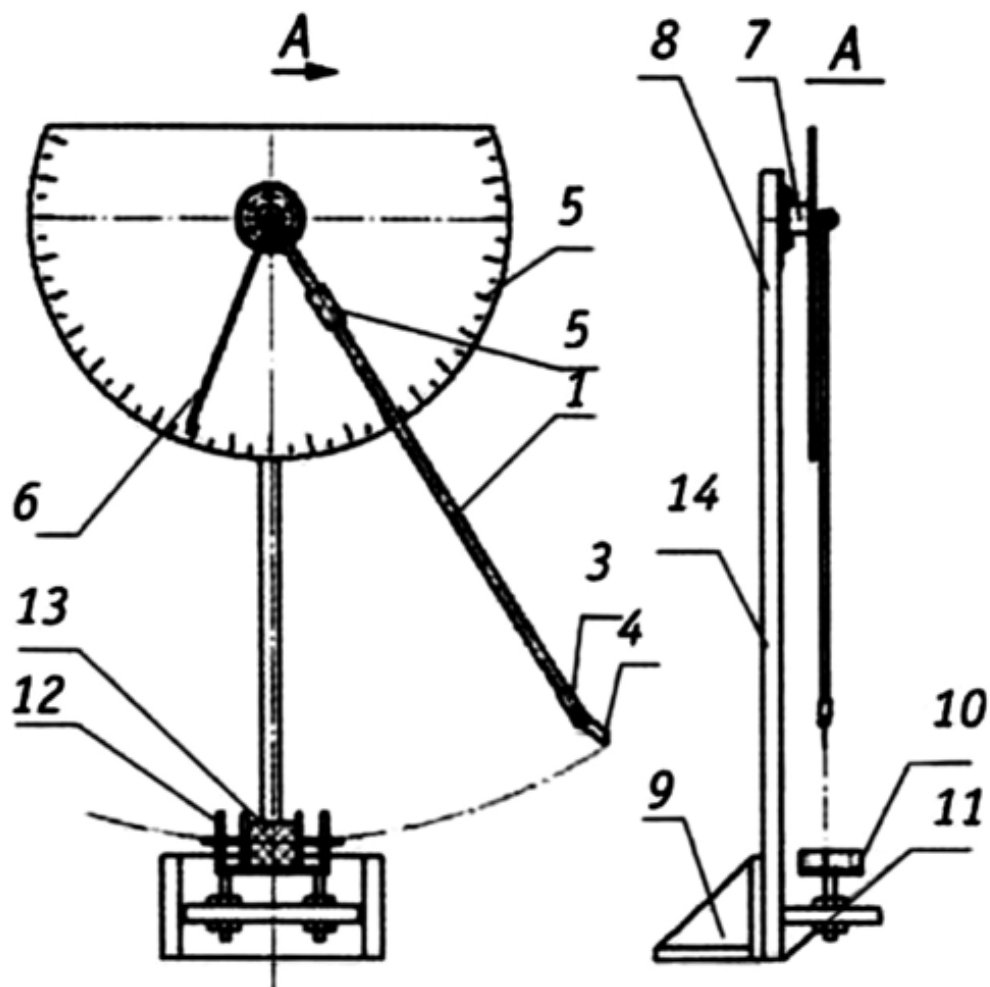


Рис. 4.4 Схема установки для дослідження процесу різання:

1 - коромисло, 2 - вантаж, 3 - тримач леза, 4 - лезо, 5 - шкала, 6 - вказівна стрілка, 7 - вісь, 8 - колона, 9 - станина, 10 - робочий столик, 11 - гвинтовий пристрій, 12 - фіксатор, 13 - продукт, 14 - колона.

За формулою (4.28) визначено питоме зусилля різання (на одиницю довжини леза) (рис. 4.5 і 4.6).

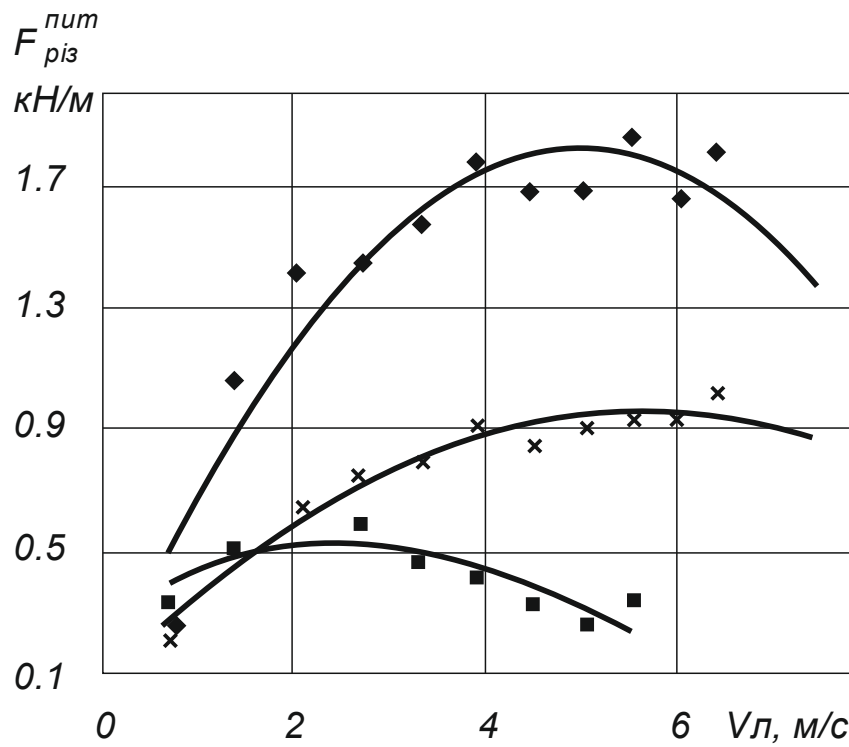


Рис. 4.5.— Вплив швидкості руху леза на питоме зусилля різання рецептури 1 та 2 тістової маси та сирної маси.

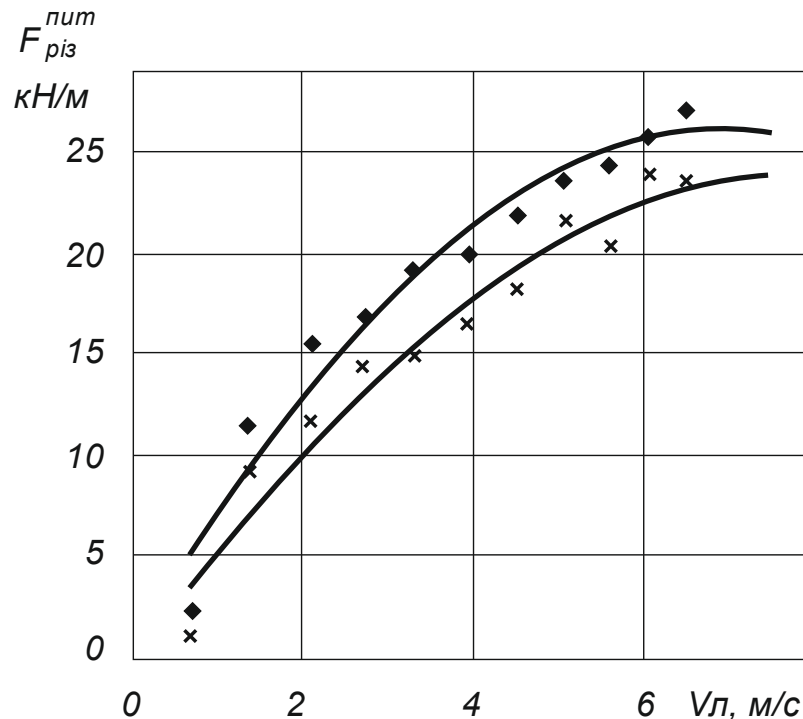


Рис. 4.6. – Вплив швидкості руху леза на питоме зусилля різання печива після випікання із рецептур 1 та 2.

При зростанні швидкості занурення леза ножа у середовищі тіста спостерігається зростання його питомої сили різання. Найінтенсивніше зростання відмічено при значеннях швидкості різання 1...4 м/с для тіста та 1...2 м/с для сиркової пасти. Для випадку, коли швидкість різання складає біля 5 м/с для тіста та 2 м/с для сиркової пасти сили різання досягають максимуму (на відповідних графіках сил різання екстремуми виразно помітні) і зменшуються, якщо швидкість продовжує зростати. При різанні продукту під кромкою ножа мають місце пружні та пластичні деформації. Причому варто зазначити, що пластичні деформації розвиваються з меншою, ніж у пружних, швидкістю. Якщо швидкості деформування продовжують інтенсивно зростати, то тоді граничне напруження зрізу має місце без суттєвих пластичних деформацій. При цьому стає меншою витрата потужності на деформування продукту під час процесу різання. Також стає меншим загальне зусилля різання.

Для готових видів печива зусилля різання більше ніж у десять разів від у зусилля різання тіста. Також характерним є те, що для готового печива зусилля різання у діапазоні швидкостей ножової кромки від 1 м/с до 8 м/с не має екстремуму, а неперервно зростає.

5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

5.1 Заходи з охорони праці

В цеху виробництва пряників у технологічному процесі приймають участь: просіювач, насоси для води та інших харчових рідин, місильна машина, формувочна машина, транспотери, піч для готових виробів, глазурувальна машина.

Основним фактором небезпеки при використанні просіювачів є велика імовірність виникнення нештатних ситуацій внаслідок накопичення значного заряду статичної електрики, а також загоряння і вибуху дрібного пилю борошна в повітрі. Тому просіювач слід в обов'язковому порядку заземлити і забезпечити достатню вентиляцію для відведення повітря і завислих частинок. Елементи приводу просіювача закрито кожухами.

При роботі з просіювачем має місце обробка легко електризованих матеріалів, а отже обслуговуючий персонал може перебувати під впливом електростатичного поля (ЕП).

Гранично припустима напруженість ЕП на робочому місці визначається нормами СН 1757- 75.

Гранично припустима напруженість ЕП на робочому місці обслуговуючого персоналу не повинна перевищувати: при впливі до 1 год - 60 В/м, при впливі від 1 год до 9 год – з умови не більше 60 В/м.

Вимогами з безпечної експлуатації електричних відцентрових передбачається якісне складання і забезпечення точності монтажу. При складанні насосу слід старанно встановлювати ущільнюючі прокладки, кільця і манжети. Основними небезпечними для людей факторами роботи насосів є вібрації та можливість ураження електричним струмом внаслідок надмірної вологості. Для мінімізації і уникнення шкідливої дії вищеназваних чинників передбачається встановлення віброізоляції і заземлення.

Під час роботи підтікання насосу не повинно перевищувати встановлених для даної конструкції максимальних нормативних значень.

При несправному насосі (при задіванні робочих органів за корпус, кришку, при підвищеній вібрації та шумі) працювати не дозволяється.

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

Місильна машина являє собою корито із місильним органом для якого застосовано електричний привід. Для безпечної експлуатації необхідно забезпечити заземлення машини, а всі рухомі елементи закрити кожухами.

Формовочна машина являє собою складну систему із електричною та механічною частинами. При її експлуатації обслуговуючий персонал повинен пройти спеціальний інструктаж про роботу і обслуговування машини.

Машина повинна бути заземлена.

Про ввімкнення машини необхідно попередити людей, що знаходяться поблизу машини.

Чистити і змазувати машину на ходу забороняється.

Працювати на машині дозволяється тільки при встановлених і надійно закріплених огорожах.

Заванатаження тіста в воронку необхідно здійснювати з тої сторони, де встановлені шестерні, що приводять в рух нагнітаючі вальці.

Під час роботи машини забороняється втрамбовувати тісто в головці руками, для запобігання затягування пальців нагнітаючими вальцями.

При тривалій зупинці машини, а також при зупинці для очистки і ремонту необхідно відключити її від мережі.

При експлуатації транспортерів слід забезпечити відсутність фізичного контакту робітників з їх рухомими елементами, що досягається за рахунок встановлення огорож і захисних кожухів.

У тиражувальній машині слід забезпечити уникнення механічного і електричного травматизму персоналу при фізичному контакті, що досягається монтажом заземлення та встановленням захисних кожухів.

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

Технологічне обладнання й апаратура цеху кондитерських виробів повинні бути зовні пофарбовані фарбою світлих тонів (крім обладнання, виготовленого чи облицьованого нержавіючим матеріалом), не утримуючих шкідливих домішок. Фарбування посуду й інвентарю фарбами, що містять свинець, кадмій, хром не допускається.

Розміщення технологічного обладнання повинні здійснюється відповідно до технологічної схеми, забезпечувати потоковість технологічного процесу, короткі і прямі гідравлічні комунікації, виключати зустрічні потоки сировини і готової продукції.

При розміщенні обладнання повинні бути дотримані умови, що забезпечують вільний доступ працюючих до нього, проведення санітарного контролю за виробничими процесами, якістю сировини, напівфабрикатів і готової продукції, а також можливості мийки, збирання і дезінфекції приміщень і обладнання.

Усі частини, що стикаються з сировиною, повинні бути доступні для чищення, миття і дезінфекції.

При проектуванні і монтажі нового обладнання треба забезпечити: основні проходи в місцях постійного перебування працюючих шириною не менше 1,5 м; проходи біля віконних прорізів, доступних з рівня підлоги, або площадки - не менше 1 м; проходи для огляду і регулювання апаратів і приладів - не менше 0,8 м; проходи для огляду трубопроводів і апаратів, які не треба регулювати - не менше 0,7 м; ширина проходів між автоматичними і механізованими лініями (по

їх осях) і головних проїздів - не менше 2,4 м. Розриви між окремими машинами, верстатами, ємкостями, розміщеними в одному ряду - не менше 0,35 м.

Освітлення виробничих приміщень повинне відповідати вимогам Сніп "Природне і штучне освітлення. Норми проектування" і "Санітарним вимогам до проектування підприємств переробної промисловості".

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

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

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

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

Одними з найбільш поширених на переробних підприємствах небезпечних ситуацій є ситуації, пов'язані з використанням обладнання, яке має рухомі елементи (так звані механічні небезпеки). До механічних відносять небезпечності, які можуть виникнути біля любого об'єкту, здатного спричинити травму в результаті неспровокованого контакту об'єкту або його частини з людиною. До таких небезпечних елементів на заводі в першу чергу відносяться ланцюгові та

пасові передачі приводу технологічного обладнання, відкриті зубчаті передачі тощо. Ситуації, пов'язані з механічними небезпечностями нормуються ГОСТами 12.0.003–74, 12.0.002–80, 12.4.125–83 та ін.

Секції агрегатів повинні мати двері, які легко відчиняються, запобіжні прилади, що запобігають травматизму працівників і забезпечують свободу рухів і дій операторів. Для цього монтуються механізми фотоелектричного блокування, що у випадку виникнення перепон на шляху променя світла не дозволяє ввімкнути привід машини.

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

Технологічне обладнання, апаратура, посуд, тара, інвентар, плівка і вироби з полімерних і інших синтетичних матеріалів, повинні бути виготовлені з матеріалів, дозволених органами санепідемнагляду для контакту з харчовими продуктами.

Ванни, металевий посуд, спуски, лотки, жолоби і т.д. повинні мати гладкі, внутрішні поверхні, що очищаються легко, без щілин, зазорів, що виступають чи болтів заклепок, що утрудняють очищення. Варто уникати використання дерева й інших матеріалів, що погано миються і дезінфікуються.

Робочі поверхні (покриття) столів для обробки харчових продуктів повинні бути гладкими, без щілин і зазорів, виготовлені з нержавіючого чи металу полімерних матеріалів, дозволених органами санепідемнагляду для контакту з харчовими продуктами.

5.2. Заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях

Цивільна оборона України є складовою частиною соціальних та захисних заходів, які проводяться в мирний і військовий час з метою захисту населення і

народного і народного господарства від наслідків аварій, катастроф, стихійних лих і сучасних засобів ураження.

Цивільна оборона України організовується за територіально виробничим принципом на всій території і являє собою сукупність структур державного управління підприємств, установ, організацій і спеціально створених органів керівництва та сил цивільної оборони.

Заходи цивільної оборони проводяться на всій території держави, як правило заздалегідь, з врахуванням особливостей кожного району.

На всіх об'єктах народного господарства, до яких належить і кондитерська фабрика ПАТ «ТерА», цивільна оборона організовується з метою попередньої їх підготовки до захисту робітників, службовців і членів їх сімей у надзвичайних ситуаціях мирного і військового часу, створення умов, що підвищують стійкість роботи підприємств та своєчасне створення умов для проведення рятувальних і інших невідкладних робіт. Основним завданням цивільної оборони у надзвичайних ситуаціях мирного і військового часу є виконання семи завдань:

попередження надзвичайних ситуацій;

оповіщення населення про загрозу і виникнення надзвичайних ситуацій;

захист населення від наслідків надзвичайних ситуацій;

організація життєзабезпечення населення під час н.с.;

організація і проведення рятувальних та інших невідкладних робіт;

створення системи аналізу, прогнозування, управління, оповіщення;

підготовка і перепідготовка керівного складу, сил цивільної оборони і органів управління.

Організація безперебійного постачання населення продовольством, питною водою і предметами першої необхідності є одним з головних питань у роботі органів цивільної оборони, захисту населення і територій від НС в особливий період. Їжа, вода, незаражене повітря, а в холодний час і тепло є основними факторами життєзабезпечення населення взагалі.

Проводячи знезаражування, потрібно пам'ятати: територія для проведення знезаражування має бути достатньою, щоб забезпечити необхідні дії людей і

техніки, розміщення тварин і всього, що підлягає знезараженню; людей, техніку, тварин необхідно розміщувати з підвітряної сторони від місця аварії; знезаражування необхідно починати за принципом від простого до складного; спочатку виділити велику забруднену масу для попередження небажаних контактів із зоною високої концентрації; суворо контролювати перебування в індивідуальних засобах захисту; в холодну пору дії людей скуті, є труднощі в їх обслуговуванні, у разі замерзання заражених ділянок з'являються додаткові труднощі в ліквідації наслідків; готуючи й застосовуючи розчини для знезаражування, слід пам'ятати, що не всі розчини сумісні один з одним; на результати знезаражування суттєво впливають кількість води та її тиск; для знезаражування техніки, апаратури, приладів та ін. можна застосувати пар під низьким і високим тиском, але потрібно пам'ятати, що при високому тиску може утворюватися заражений аерозоль, здатний поширюватися за межі осередку зараження.

У разі необхідності потрібно організувати знезаражування території, будівель, складів, овочесховищ і продукції.

Дезактивація – це видалення РР з поверхні різних об'єктів, а також із продуктів харчування, фуражу, сировини і води. Для визначення необхідності в дезактивації проводять дозиметричний контроль радіоактивного забруднення. Дезактивацію можна проводити часткову або повну.

При дезактивації приміщень РР змивають сильним струменем води. Спочатку з даху, а потім зі стін, дверей і вікон. Струмінь води спрямовують на поверхню під кутом 30–40°. Змиті радіоактивні забруднення мають бути поховані.

Всередині виробничих приміщень видаляють пил зі стелі і стін струменем води або вологим обтиранням пилу зверху вниз.

Обладнання промивають водою за допомогою щіток. Для більш повної дезактивізації застосовують господарське мило, соду або поверхнево-активні речовини (ОП-7, ОП-10) 3 %-ї концентрації. Якщо холодна вода з миючими

засобами не знижує рівня радіоактивної забрудненості, то дезактивацію потрібно проводити гарячими розчинами.

Техніку дезактивують такими способами: обмітанням віниками, мітлами, щітками; змиванням РР струменем води; обтиранням тампонами із ганчір'я, клоччя, щітками, змоченими водою, розчинниками або дезактивуючими розчинами; змиванням РР дезактивуючими розчинами з одночасною обробкою забруднених поверхонь щітками дегазаційних компонентів; очищенням забруднених поверхонь, вузлів і агрегатів миючими засобами "Лабомид", "Темп", "МС", "Ритм" у миючих машинах.

Для зниження температури замерзання дезактивуючих розчинів їх готують на основі аміачної води зі вмістом аміаку 20–25 %.

Як часткову дезактивацію у польових умовах за відсутності води застосовують обмітання, яке знижує забрудненість РР у 2–4 рази.

Дезактивуючи металеві, гумові, пластмасові, цегляні, бетонні й асфальтові поверхні, ефективним є змивання струменем води під тиском близько 20 кПа з відстані 2–3 м. При такій обробці радіоактивність техніки знижується в 10–20 разів. Якщо ж додати у воду 0,15–0,3 % миючих засобів (СФ-2У, "Вихрь", "Новость" та ін.), ефективність дезактивації збільшується і забрудненість зменшується у 20–50 разів.

Внутрішні поверхні техніки (кабін, капотів, важкодоступні місця), інструмент, інвентар та інші невеликі за розміром предмети дезактивують обтиранням тампонами, щітками, змоченими водою, розчинниками або дезактивуючими розчинами. Забрудненість РР зменшується у 8–10 разів.

Змивання РР дезактивуючими розчинами з одночасною обробкою забруднених поверхонь щітками дезактивуючих приладів і компонентів – надійний, ефективний спосіб, який зменшує забрудненість у 50–80 разів.

Дезактивацію техніки починають з верхньої точки і поступово обмивають зверху вниз. Дуже замаслені й забруднені місця обов'язково протирають щітками або тампонами. Водяні й масляні радіатори, повітроочисні фільтри знімають і протирають розчинниками. Якщо ж не можна досягти необхідної повноти

дезактивації, їх відправляють на обробку в мийних машинах ремонтних підприємств із застосуванням миючих засобів "Темп", "МС", "Лабомид" та ін.

Окремі деталі та інструмент дезактивують у невеликих ваннах (піддонах) засобами дезактивації.

Для дезактивації техніки, засобів індивідуального захисту і предметів догляду за тваринами рекомендуються такі розчини: дезактивуючий розчин літній (ЛД) – 0,3 %-й водний розчин ОП-7 або ОП-10 і 0,7 %-й розчин гексаметафосфату натрію; дезактивуючий літній розчин (ДЛК) – той же розчин, але з добавкою 2 % соляної кислоти і 0,1 % інгібіторе корозії ПБ-5 (полімер буталаміну). Норма витрати розчинів ДЛ і ДЛК – 3–5 л/м²: дезактивуючий розчин зимовий кислий (ДЯК), до його складу входять ті самі компоненти, що і в розчин ДЛК, але замість гексаметафосфату натрію для зниження температури замерзання він містить хлористий кальцій і хлористий магній.

Пористі матеріали краще дезактивувати за допомогою пілососів.

Дезактивація одягу, взуття і індивідуальних засобів захисту, проводиться вибиванням і витрушуванням, миттям або протиранням (прогумованих і шкіряних виробів) водними розчинами миючих засобів або водою, а також прання з спеціальними режимами з використанням речовин для дезактивації.

Дезактивація бавовняного, вовняного одягу і взуття проводиться витрушуванням і вибиванням, а також чищенням щітками. Якщо цими способами ступінь забруднення одягу понизити до допустимих величин неможливо, то він підлягає дезактивації шляхом прання за відповідною технологією.

Дезактивацію території підприємств здійснюють глибоким переорюванням, засипанням і асфальтуванням (ступінь забрудненості знижується у 2 рази на кожних 13 см ґрунту); бетонуванням (ступінь забрудненості знижується у 2 рази на 9,5 см бетону); зрізуванням шару забрудненого ґрунту 3–5 см (повна дезактивація).

Для дезактивації сільськогосподарської продукції використовують такі способи: самознезаражування, зняття верхнього забрудненого шару, обмивання водою, технологічна переробка.

Для самознезаражування сільськогосподарську продукцію можна залишити і зберігати доти, доки радіоактивність цієї продукції не знизиться до допустимих норм у результаті природного розпаду радіоізотопів.

Забруднення продукції рослинництва і тваринництва може бути поверхневим внаслідок прилипання радіоактивних частинок і структурним – при всмоктуванні радіонуклідів через поверхню листя і надходження її з ґрунту через кореневу систему.

Є три способи дезактивації: механічне видалення РР, технологічна переробка продукції і зниження вмісту РР у продовольстві і кормах шляхом розбавлення чистою продукцією.

Зерно, фрукти, овочі дезактивують промиванням водою. Шеретування проса, рису, соняшникового насіння, гречки, вівса, переробка зерна пшениці на високосортне борошно знижують вміст РР у десятки разів. При переробці зерна, картоплі, цукрових буряків, ягід, фруктів на спирт цезій і стронцій у кінцевому продукті відсутні. В десятки разів зменшується їхній вміст у крохмалі й цукрі. Такий результат одержують і при переробці олійного насіння на олію, особливо у процесі екстрагування.

При забрудненні молока короткоживучими ізотопами його необхідно переробляти на сухе молоко і сири, при зберіганні яких радіоактивність зменшується за рахунок природного розкладання.

Воду можна дезактивувати відстоюванням, фільтруванням і перегонкою. Невелику кількість води можна дезактивувати відстоюванням. Для цього в місткість із водою необхідно додати природних іонітів – глину, чорнозем і ретельно перемішати. Дати відстоятися і злити верхній чистий шар води, забрудненість якого РР на 50–70 % менша. Відстоювання можна поєднати з фільтруванням. Пропускання води крізь шар піску, тирси, подрібненого вугілля, бо навіть шар землі очищає її від РР на 85–90 %. Найкращий спосіб дезактивації води – перегонка, але це можливо при невеликій кількості води.

Після дезактивації вода підлягає дезометричному контролю.

Дегазація – це заходи, спрямовані на знезараження або видалення отруйних і сильнодіючих ядучих речовин. Дегазацію можна проводити хімічним, фізичним і механічним способом.

При хімічному способі застосовують нейтралізуючі або хімічні речовини, що руйнують ОР і СДЯР.

Фізичні способи дегазації передбачають випаровування, поглинання ОР і СДЯР різними матеріалами, руйнування вогнем і видалення небезпечних хімічних речовин рідинами, які їх розчиняють.

Механічні способи дегазації застосовують для зняття зараженого шару ґрунту, снігу, зерна на глибину проникнення ОР і СДЯР та ізоляції його.

Дороги і території виробничих об'єктів, заражені ОР і СДЯР дегазують одним із таких способів: заражену ділянку засипають хлорним вапном із розрахунку 1 кг на 1 м² поверхні з наступним переорюванням цієї площі на глибину проникнення небезпечної хімічної речовини і потім знов засипають хлорним вапном. При слабкому зараженні ділянки, її посипають хлорним вапном і потім через 20–30 хв поливають водою; знімають верхній шар землі 10 см, снігу 20–25 см (за умови, що хімічна речовина не проникла глибше); засипають землею, піском, закидають гноєм (шаром не менше 10 см), роблять настил із дощок, фанерних листів, гілля, соломи.

Приміщення дегазують 10–20 % -м хлорно-вапняним (або 5 % -м сірчанонатрієвим) розчином. Замість хлорного вапна можна застосувати гіпохлорит кальцію або негашеного вапна. Якщо температура повітря нижча 5 °С, застосовують хлористий сульфурил або гарячий 5–10 %-й розчин їдкого натру. Втрати дегазуючого розчину 0,5–0,7 л/м².

Металеві предмети (відра, лопати та ін.) дегазують обпалюванням, кип'ятінням протягом 2 год у воді (з добавкою 1–2 % лугу) або протиранням ганчір'ям, змоченим у гасі (бензині).

Дерев'яні предмети (корита, годівниці) дегазують хлорновапняною кашкою або розчинами інших дегазуючих засобів з наступним (через 1,5–2 год) промивання водою.

Мішки, брезенти дегазують кип'ятінням (протягом 1–2 год) з наступним промиванням чистою водою.

Дегазація одягу, взуття та інших індивідуальних засобів захисту здійснюється кип'ятінням, пароаміачною сумішшю, пранням і провітрюванням.

Дегазація кип'ятінням проводиться в бучильних установках БУ-4М або інших місткостях для верхнього одягу і головних уборів зі штучного хутра (дегазацію хутряних і шкіряних виробів цим способом проводити неможливо).

Дегазація способом прання полягає в розкладі та змиванні отруйних речовин водними розчинами миючих засобів при високих температурах. Дегазації пранням підлягають вироби з бавовняних тканин, а також ватяний одяг. Як миючий розчин використовується 0,3 %-й розчин порошку СФ-2У (СФ-2).

Дегазація провітрюванням (природна дегазація) може бути використана для всіх видів одягу, взуття й індивідуальних засобів захисту. Вона проводиться, якщо є час і немає інших засобів дегазації. Дегазація провітрюванням найбільш швидко проходить у літніх умовах при температурі 18–25 °С.

Речі та предмети, які не можна кип'ятити, необхідно провітрювати 6 діб влітку і 45 діб взимку або дегазувати в спеціальних камерах (приміщеннях) при температурі 70–80 °С.

Зерно, уражене парами і туманами ОР і СДЯР, дегазують провітрюванням на відкритому повітрі. Самодегазація в теплий період може настати: при ураженні зарином і табуном – через 2–4 доби, іпритом через 5–10 діб, зоманом через 20–45 діб.

Фураж (зерно, сіно, солону), заражений ОР типу зарин, зоман, Ві-Ікс, обробляють розчином 4 %-го гідроокису натрію і 2 %-го пергідролію при витратах 6–10 л/м². Фураж залишають після обробки на 1–2 доби і потім обстежують на залишкову зараженість.

Зерно, січку соломи і сіна, коренеплоди, заражені фосфоорганічними речовинами й ОР типу іприт, завантажують у кормозапарник і пропарюють 3 год. Пара, яка відводиться з кормозапарника, має проходити через дегазуючий розчин.

Основний спосіб дегазації фуражу, зараженого крапельно-рідинною ОР, – зняття верхнього зараженого шару товщиною 10–15 см із зернофуражу і 20–25 см сіна і соломи.

Воду дегазують фільтруванням і хлоруванням. Із колодязя воду відливають або відкачують, а дно і стінки шахти обробляють хлорно-вапняною кашкою, із дна знімають шар 10 см. Після наповнення водою, її знову відливають і після нового наповнення перевіряють на наявність ОР.

Засоби захисту дегазують пароаміачним способом або гарячим повітрям.

При ураженні майна ФОР дегазують вимочуванням у 2 %-му розчині соди, аміаку або іншого лугу при температурі 15 °С протягом 1,5 год. Шкіряні та інші вироби дегазують гарячим повітрям при температурі 70 °С протягом 6 год.

Дезінфекція – це заходи, спрямовані на знищення збудників інфекційних хвороб та їх токсинів. Дезінфекцію проводять хімічним і фізичним способом, які застосовують як окремо, так і в комбінації.

Дезінфекція може бути газова, волога і термічна. Проводять її після встановлення санепідстанцією, ветлабораторією зараженості людей, тварин, кормів, території, продуктів харчування, води.

Дезінфекція одягу, взуття та інших індивідуальних засобів захисту здійснюється обробкою пароповітряною або пароформаліновою сумішшю, кип'ятінням, замочуванням у розчинах для дезінфекції (або протиранням ними), пранням.

Обробка пароповітряною сумішшю використовується для дезінфекції всіх видів одягу та індивідуальних засобів захисту, крім хутряних і валяних виробів, які підлягають обробці пароформаліновою сумішшю, відповідно до інструкцій експлуатації дезінфекційно-душових автомобілів (ДДА), дезінфекційно-душових автомобілів-причепів (ДДП).

Обробка кип'ятінням використовується для дезінфекції виробів з бавовняних тканин та індивідуальних засобів захисту, виготовлених з гуми і прогумованих тканин. Дезінфекція кип'ятінням проводиться в бучильній

установці БУ-4М, дезінфекційних бучильни-ках і в різних підручних засобах (баках, котлах, бочках тощо).

Дезінфекція замочуванням у розчинах для дезінфекції застосовується для виробів з бавовняних тканин та індивідуальних засобів захисту. Дезінфекція одягу та індивідуальних засобів захисту при зараженні вегетативними формами мікробів проводиться замочуванням у 5 % -му водному розчині фенолу, лізолу або нафталізолу (при зараженні вірусом натуральної віспи концентрація збільшується до 8%), 3 %-му розчині монохлораміну або в 2,5 %-му розчині формальдегіду протягом 1 год. При зараженні споровими формами мікробів замочування проводиться в 10 % -му розчині формальдегіду протягом 2 год.

Дезінфекція одягу і індивідуальних засобів захисту методом прання проводиться за спеціальними технологіями.

Для дегазації і дезінфекції бавовняного одягу, індивідуальних засобів захисту і брезентів, а також предметів домашнього побуту призначена бучильна установка БУ-4М.

Приміщення і території сильно зрошують дезінфікуючим розчином, а потім проводять механічне очищення. Обробку повторюють тричі з інтервалом 1 год. Для дезінфекції застосовують розчин хлорного вапна з вмістом 5 % -го активного хлору, 10 % -й розчин їдкого натру, 4 %-й розчин формальдегіду, 5 %-й розчин однохлористого йоду та інші препарати.

Для газової дезінфекції приміщень застосовують бромистий метил, картос (суміш окису етилену з вуглекислим газом у співвідношенні 1: 9) для знищення спорових і вегетативних форм мікробів, а також хлорпикрин – для знищення вегетативних форм. Перед дезінфекцією приміщення герметизують. Бромистий метил застосовують прямо з балонів, а хлорпикрин з апарата 2-АГ.

Продовольче і кормове зерно, насипане на токах або в коморах, можна обробляти 3–5 % -м водним розчином перекису водню з розрахунку 2 л/м².

Зерно, крупи, концентровані корми, заражені неспоровими збудниками, можна знезаражувати пропарюванням, кип'ятінням або прожарюванням.

Використовують барабанні сушарки з температурою 250 °С і тривалістю обробки 10 хв.

Зерно, комбікорми, що зберігаються у звичайних мішках з тканини, можна обробляти, не розв'язуючи мішки, протягом 8 год 4 %-м розчином формальдегіду або 3 год 6 %-м розчином перекису водню чи 2 год 2 %-м розчином хлораміну.

Воду знезаражують розчином хлорного вапна, на кожний м³ води додають 0,6 л цього розчину, а при споровій мікрофлорі – 4 л, після цього воду перемішують і залишають на 10–12 год, а потім відливають чи відкачують.

Найбільш простий і доступний спосіб дезінфекції води – кип'ятіння. При зараженні споровидними формами мікробів воду кип'ятять не менше 2 год.

Використання знезаражених продуктів, кормів і води можуть дозволити санітарно-епідеміологічна і служба ветеринарної медицини.

Висновки

В роботі запропоновано заходи з модернізації машини для формування пряників марки ФПЛ1, метою яких є забезпечення відсаджування виробів із тіста з любою в'язкістю.

Метою даної роботи є встановлення режимів відсаджування та відрізання тістових заготовок.

Крім вирішення питань подачі тіста широкого діапазону реологічних характеристик, модернізована відсадочна головка дозволяє встановити подачу підварок або тіста з іншою рецептурою для забезпечення розширення асортименту готової продукції як за рахунок впровадження виробів різної геометричної форми, так і за рахунок впровадження широкого асортименту рецептур.

Процес формування тістових заготовок є багатофакторним і складним по своїй суті. Визначальними характеристиками для процесу нагнітання є геометричні параметри валків, а також релогічні характеристики тіста.

Аналізуючи результати, отримані в роботі, можна сказати, що максимальний прогин валків буде в координаті 0,33 і складатиме до 1 мм.

Максимальне значення крутного моменту складає 1580Нм.

При зростанні швидкості занурення леза ножа у середовищі тіста спостерігається зростання його питомої сили різання. Найінтенсивніше зростання відмічено при значеннях швидкості різання 1...4 м/с для тіста та 1...2 м/с для сиркової пасти. Для випадку, коли швидкість різання складає біля 5 м/с для тіста та 2 м/с для сиркової пасти сили різання досягають максимуму (на відповідних графіках сіль різання екстремуми виразно помітні) і зменшуються, якщо швидкість продовжує зростати. При різанні продукту під кромкою ножа мають місце пружні та пластичні деформації. Причому варто зазначити, що пластичні деформації розвиваються з меншою, ніж у пружних, швидкістю. Якщо швидкості деформування продовжують інтенсивно зростати, то тоді граничне напруження зрізу має місце без суттєвих пластичних деформацій. При цьому стає меншою

витрата потужності на деформування продукту під час процесу різання. Також стає меншим загальне зусилля різання.

Для готових видів печива зусилля різання більше ніж у десять разів від у зусилля різання тіста. Також характерним є те, що для готового печива зусилля різання у діапазоні швидкостей ножової кромки від 1 м/с до 8 м/с не має екстремуму, а неперервно зростає.

Також виконано обґрунтування прийнятих в роботі рішень, вирішення питань охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Перелік посилань

- 1 Закалов О.В. Технологічне обладнання харчових виробництв / Закалов О.В., Закалов І.О.-Тернопіль:Видавництво ТДТУ, 2000.-406 с.
- 2 Мирончук В.Г. Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості; навчальний посібник / Мирончук В.Г., Орлов Р.О., Українець А.І. та ін..-Вінниця: Нова книга, 2004.-288с.
- 3 Закалов О.В., Ворощук В.Я. Дипломне проектування технологічного обладнання переробних і харчових виробництв. Навчальний посібник. – Тернопіль, ТНТУ ім. І. Пулюя, 2011. – 350 с.
- 4 Козулин Н.А. Определение мощности вальцов при пластификации каучуков / Козулин Н.А., Михалев М.Ф. // Химическое машиностроение. 1959, № 1. С. 26 – 28.
- 5 Машиностроение: Энциклопедия в 40 т. Раздел IV. Расчет и конструирование машин. Т. IV-12. Машины и аппараты химических и нефтеперерабатывающих производств. М.: Машиностроение, 2004, 829 с.
- 6 Карпачев П.С. Машины и аппараты производств заменителей кожи и пленочных материалов. М.: Легкая индустрия, 1964.
- 7 Фіялка В.І. Особливості формувального обладнання / Фіялка В.І., Смольчук І.В. // Збірник тез доповідей ІХ Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», 25-26 листопада 2020 року. — Т. : ТНТУ, 2020. — Том 2. — С. 156.
- 8 Тарг С.Н. Основные задачи теории ламинарных течений. М.: ГИТТЛ, 1951.
- 9 Торнер Р.В. Приближенная гидродинамическая теория механизма вальцевания / Торнер Р.В., Добролюбов Г.В. // Каучук и резина. 1958. № 4.
- 10 Бекин Н.Г. Валковые машины для переработки резиновых смесей (основы теории). Ярославль: ЯТИ, 1969.
- 11 Лукач Ю.Е. Валковые машины для переработки пластмасс и резиновых смесей / Лукач Ю.Е., Рябинин Д.Д., Метлов Б.Н.. М.: Машиностроение, 1967.
- 12 Мак-Келви Д.М. Переработка полимеров. М.: Химия. 1965.

- 13 Торнер Р.В. Теоретические основы переработки полимеров (механика процессов). М.: Химия, 1977.
- 14 Рябинин Д.Д. Смесительные машины для пластмасс и резиновых смесей. / Рябинин Д.Д., Лукач С.Е. М.: Машиностроение, 1972.
- 15 Бекин Н.Г. Оборудование заводов резиновой промышленности / Бекин Н.Г., Шанин. Н.П.. Л.: Химия, 1969.
- 16 Перегудов В.В. Тепловые процессы и установки технологии полимерных строительных материалов и изделий. М.: Высшая школа, 1973.
- 17 Лурье И.С. Технология кондитерского производства.– М.: Агропромиздат, 1992.– 398с.
- 18 Бутенко Л.А. и др. Технология мучных кондитерских и кулинарных изделий.– К.: Вища школа, 1986.– 168с.
- 19 Б.М. Азаров. Технологическое оборудование пищевых производств.– М.: Агропромиздат, 1988.– 462с.
- 20 Демезюк Э.С. Технологическое оборудование предприятий хлебопекарной и кондитерской промышленности / Демезюк Э.С., Емельянов Н.А.– М.: Пищепромиздат, 1963.– 342с.
- 21 Лунин О.Г. Технологическое оборудование предприятий кондитерских производств.– М.: Лёгкая и пищевая промышленность, 1984.– 383с.
- 22 М.Н. Иванов. Детали машин.– М.: Высшая школа, 1991.– 384с.
- 23 Методы расчётов процессов и аппаратов пищевых производств.– М.: Пищевая промышленность, 1966.– 292с.
- 24 Гальперин Д.М. Монтаж и наладка оборудования предприятий пищевой промышленности.– М.: Высшая школа, 1984.– 279с.
- 25 Ремонт и монтаж оборудования предприятий пищевой промышленности.– М.: Пищевая промышленность, 1972.– 352с.
- 26 Сенькин Е.Г. Охрана труда в пищевой промышленности.– М.: Лёгкая и пищевая промышленность, 1981.– 248с.

Додатки

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)
Національна академія наук України
Університет імені П'єра і Марії Кюрі (Франція)
Маріборський університет (Словенія)
Технічний університет у Кошице (Словаччина)
Вільнюський технічний університет ім. Гедимінаса (Литва)
Шяуляйська державна колегія (Литва)
Жешувський політехнічний університет ім. Лукасевича (Польща)
Білоруський національний технічний університет (Республіка Білорусь)
Міжнародний університет цивільної авіації (Марокко)
Національний університет біоресурсів і природокористування України (Україна)
Наукове товариство ім. Шевченка
ГО «Асоціація випускників Тернопільського національного технічного
університету імені Івана Пулюя»

АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Збірник

тез доповідей

Том II

**IX Міжнародної науково-технічної
конференції молодих учених та студентів**

25-26 листопада 2020 року



**УКРАЇНА
ТЕРНОПІЛЬ – 2020**

Ministry of Education and Science of Ukraine
Ternopil Ivan Puluj National Technical Universtiy (Ukraine)
The National Academy of Sciences of Ukraine
Pierre and Marie Curie University (The French Republic)
University of Maribor (The Republic of Slovenia)
Technical University of Košice (The Slovak Republic)
Vilnius Gediminas Technical University (The Republic of Lithuania)
Šiauliai State College (The Republic of Lithuania)
Belarusian National Technical University (Republic of Belarus)
Rzeszów University of Technology (Republic of Poland)
International Academy Mohammed VI of Civil Aviation (Morocco)
National University of Life and Environmental Sciences of Ukrainehas (Ukraine)
T. Shevchenko Scientific Society

CURRENT ISSUES IN MODERN TECHNOLOGIES

Book

of abstract

Volume II

**of the IX International scientific and technical
conference of young researchers and students**

25th-26th of November 2020



**UKRAINE
TERNOPIL – 2020**

14. **А.А.Паламар, О.А.Колихалін, О.С.Покотило** 153
ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ПАРАМЕТРИ ВОД ПРИ ЗБЕРІГАННІ
15. **О.М. Ракоча, Х. Циб, Л.А. Сторож** 154
ВИКОРИСТАННЯ ІМБИРУ ДЛЯ ЗБАГАЧЕННЯ МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ
16. **Т.П. Савчук** 155
ПЕРЕВАГИ ВИКОРИСТАННЯ МАСЛОВИГОТОВЛЮВАЧІВ ПЕРІОДИЧНОЇ ДІЇ НА ПІДПРИЄМСТВАХ НЕВЕЛИКОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ
17. **І.В. Смольчук, В.І. Фіялка** 156
ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ
18. **І.Я. Стадник, М.М. Фік, М.О. Василько, О.О. Василько** 157
ВИМОГИ ДО РОБОЧИХ ОРГАНІВ МАШИНИ
19. **О.Ю. Старинський** 158
ДОСЛІДЖЕННЯ КАВІТАЦІЙНОЇ ХАРАКТЕРИСТИК ГОМОГЕНІЗАТОРА КЛАПАННОГО ТИПУ
20. **О.М. Середницький, В. І. Грицаюк** 159
ФЕРМЕНТОВАНІ ПРОДУКТИ – ОСНОВА ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ПРОДУКТІВ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ
21. **О.П. Хава, В.Р. Сельський, О.С. Покотило** 160
ЖИРНОКИСЛОТНИЙ СКЛАД МОЛОКА ПРИ СКИСАННІ
22. **О.І. Худик** 161
ОСОБЛИВОСТІ МЕХАНІЧНИХ ПРОЦЕСІВ РОЗДІЛЕННЯ
23. **М. В. Цимбал, М. Д. Кухтин** 162
ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ КОНЦЕНТРАЦІЇ НІТРАТІВ ПІД ЧАС ПЕРЕРОБКИ МОЛОЧНОЇ СИРОВИНИ
24. **О.І. Кравець, Д.П. Шок** 163
ДОСЛІДЖЕННЯМ ПРОЦЕСУ ВІДТИСКУ ТЕХНІЧНОГО КАЗЕЇНУ

СЕКЦІЯ: ЕКОНОМІЧНІ ТА СОЦІАЛЬНІ АСПЕКТИ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

1. **Рамахе Абдулла Тх. Сабар** 164
ДЕЯКІ НАПРЯМКИ УДОСКОНАЛЕННЯ ПЛАНУВАННЯ ДІЯЛЬНОСТІ ФАРМАЦЕВТИЧНОГО ЗАКЛАДУ
2. **Абдулхамід Садік Абубакар, О.М. Владимир** 165
НАПРЯМИ УДОСКОНАЛЕННЯ ІННОВАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ

УДК 664.14

І.В. Смольчук, В.І. Фіялка

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ

I.V. Smolchuk, V.I. Fiialka

FORMING EQUIPMENT FEATURES

Процес формування харчових середовищ - один з найскладніших процесів харчової технології. Саме в цьому процесі у всьому різноманітті проявляється весь діапазон фізико-механічних властивостей формованого матеріалу і, відповідно, ставляться високі вимоги до технологічного обладнання.

Конструкторські рішення формуючих машин повністю визначаються технологічними властивостями відповідного середовища, яке у даних машинах піддається обробці.

Процеси формування харчових середовищ досить різні і різноманітні внаслідок специфічності і різноманіття видів сировини, що переробляється.

Для переробки пластичного напівфабрикату в готові вироби певної форми і розміру використовуються наступні види формувань: відсадження, штампування, виливок, різання, пресування, екструзія і ін.

Особливу увагу заслуговує виробництво виробів губчастої структури (пастили, зефіру, збиті і креміві цукерки тощо) формуванням. Відмінними рисами виробництва цих продуктів є як неможливість їх зберігання до формування (внаслідок дії тиску відбувається зменшення пишності піноподібної структури), так і руйнування піноподібної структури при формуванні.

Застосовують такі види екструзії:

1. Холодна екструзія - відбуваються тільки механічні зміни в матеріалі внаслідок повільного його переміщення під тиском і формування цього продукту з утворенням заданих форм.

2. Тепла екструзія - поряд з механічним здійснюється тепловий вплив на оброблюваний продукт, причому продукт підігрівається ззовні.

3. Гаряча екструзія - процес проводиться при високих швидкостях і тисках, значному переході механічної енергії в теплову, що приводить до різних по глибині змін в якісних показниках продукту.

Удосконалення теорії та методів розрахунку формувального обладнання є завданням, рішення якої забезпечить оптимальне конструювання його вузлів з метою отримання продукції необхідної якості.

Основні цілі математичного моделювання процесів і технологічного обладнання формування складаються в поглибленні фізичного (якісного) розуміння процесу і його кількісному описі з максимально можливим наближенням до реальної технологічної практики. Для створення робочих теорій процесу формування застосовують моделі ізотермічного, адіабатичного, політропного і довільного теплового режимів роботи зони дозування. Найбільш точно реальну фізичну картину процесу екструзії відображають реологічні моделі. Реальний рух розплаву полімеру в зоні дозування - це тривимірне неізотермічне течіння аномально в'язкої рідини.

Одним з перспективних напрямків подальшої розробки теорії, методів розрахунку і конструктивних рішень формувального обладнання є дослідження впливу зазору між у каналах руху робочих середовищ.