

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

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра обладнання харчових технологій

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Вплив конструктивних параметрів пальчикового змішувального пристрою на замішування тіста в циліндричній робочій камері тістомісильної машини

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

(шифр і назва спеціальності)

Бойко Р.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Стадник І.Я.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Ворощук В.Я.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

Вітенько Т.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2022

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)
« 01 » листопада 2022 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

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

студенту Бойко Роман Петрович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Вплив конструктивних параметрів пальчикового змішувального пристрою на замішування тіста в циліндричній робочій камері тістомісильної машини

Керівник роботи Стадник Ігор Ярославович, д.т.н., професор.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 01 » листопада 2022 року 4/7-871.

2. Термін подання студентом завершеної роботи _____

3. Вихідні дані до роботи Технічні характеристики змішувача періодичної дії

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

Аналіз об'єкту досліджування, огляд принципу роботи та шляхів покращення

Методи дослідження робочого органу змішувача компонентів періодичної дії

Теоретичний розрахунок змішувача компонентів періодичної дії

Комп'ютерне моделювання робочого органу змішувача компонентів періодичної дії та результати експериментальних досліджень

Охорона праці та заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях

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

Змішувач періодичної дії. Загальний вигляд (1 аркуш формату А1).

Пальчиковий робочий орган. Загальний вигляд (1 аркуш формату А1).

Пальчиковий робочий орган. Складальне креслення (1 аркуш формату А1).

3Д модель робочої камери та пальчикового робочого органу. Графічне зображення. (1 аркуш формату А1).

Реологічні показники густої опари після замішування. Графічне зображення. (1 аркуш формату А1).

Реологічні показники тіста після замішування. Графічне зображення. (1 аркуш формату А1).

Навантаження на пальчиковий робочий орган в процесі замішування густої опари. Графічне зображення. (1 аркуш формату А1)

Навантаження на пальчиковий робочий орган в процесі замішування тіста. Графічне зображення. (1 аркуш формату 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.</i>		
	<i>Стручок В.С. – ст.викл.</i>		
<i>Нормоконтроль</i>	<i>Ворожук В.Я. – к.т.н., доц.</i>		

7. Дата видачі завдання 5 жовтня 2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	10.10.22	
2	Аналіз об'єкту досліджування, огляд принципу роботи та шляхів покращення	18.10.22	
3	Методи дослідження робочого органу змішувача компонентів періодичної дії	25.10.22	
4	Теоретичний розрахунок змішувача компонентів періодичної дії	07.11.22	
5	Комп'ютерне моделювання робочого органу змішувача компонентів періодичної дії та результати експериментальних досліджень	16.11.22	
6	Охорона праці та заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях	20.11.22	
	Графічна частина		
7	Змішувач періодичної дії. Загальний вигляд	23.11.22	
8	Пальчиковий робочий орган. Загальний вигляд	26.11.22	
9	Пальчиковий робочий орган. Складальне креслення	26.11.22	
10	3Д модель робочої камери та пальчикового робочого органу. Графічне зображення.	01.12.22	
11	Реологічні показники густої опари після замішування. Графічне зображення.	03.12.22	
12	Реологічні показники тіста після замішування. Графічне зображення.	03.12.22	
13	Навантаження на пальчиковий робочий орган в процесі замішування густої опари. Графічне зображення.	05.12.22	
14	Навантаження на пальчиковий робочий орган в процесі замішування тіста. Графічне зображення.	05.12.22	

Студент

(підпис)

Бойко Р.П.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Стадник І.Я.

(прізвище та ініціали)

Анотація

Бойко Роман Петрович. «Вплив конструктивних параметрів пальчикового змішувального пристрою на замішування тіста в циліндричній робочій камері тістомісильної машини». – Кваліфікаційна робота за спеціальністю 133 *«Галузеве машинобудування»*. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль, 2022 р.

У роботі вирішено наукове завдання зниження енерговитрат процесу замішування тіста на основі обґрунтування раціональних параметрів розробленого робочого органу. Зниження енергоємності процесу досягається за рахунок одночасного поєднання конструкції та розміщення пальчикових штифтів на валу робочого органу з гідродинамікою процесу взаємодії компонентів у робочій камері машини.

Вирішення даної мети зведено до розв'язання наукової прикладної задачі: на основі аналізу технологічних процесів взаємодії компонентів розробити конструктивно-технологічну схему удосконаленого робочого органу; розробити математичну модель, що описує та характеризує функціональну залежність умов роботи робочого органу; провести комп'ютерне моделювання процесу; надати інженерні розрахунки; провести часткові експериментальні дослідження в виробничих умовах.

Ключові слова: змішування, 3Д модель, пальчиковий робочий орган

Abstract

Boiko Roman Petrovich. «The influence of the design parameters of the finger mixing device on dough kneading in the cylindrical working chamber of the dough mixer». – Qualification work on specialty 133 «*Industrial engineering*». Ternopil National Technical University named after Ivan Pulyu, Ternopil, 2022.

The paper solves the scientific problem of reducing the energy consumption of the dough kneading process on the basis of substantiation of the rational parameters of the developed working body. Reducing the energy intensity of the process is achieved by simultaneously combining the design and placement of finger pins on the shaft of the working body with the hydrodynamics of the process of interaction of components in the working chamber of the machine.

The solution of this goal is reduced to the solution of the scientific applied problem: based on the analysis of technological processes of interaction of components to develop a constructive-technological scheme of the improved working body; to develop a mathematical model that describes and characterizes the functional dependence of the working body operating conditions; to conduct computer simulation of the process; to provide engineering calculations; to conduct partial experimental studies in production conditions.

Keywords: mixing, 3D model, finger working body

Зміст

Анотація

Abstract

Зміст

Перелік умовних позначень

Вступ

1. Аналіз об'єкту досліджування, огляд принципу роботи та шляхів покращення

- 1.1. Аналітичні зміни при змішуванні компонентів..... 11
- 1.2. Принцип конструкції та робочих процесів в машинах для змішування періодичної дії..... 13
- 1.3. Інтенсифікаційні утворення структури при дії робочих органів..... 16
- 1.4. Властивості неньютонівських рідин..... 18
- 1.5. Цілі і задачі дипломної роботи..... 22

2. Методи дослідження робочого органу змішувача компонентів періодичної дії

- 2.1. Методика і шляхи проведення теоретичних і практичних досліджень..... 24
- 2.2. Визначення роботи питомої ЗМПД..... 25
- 2.3. Пристрої визначення реології..... 26
- 2.4. Використання комп'ютерних програм в досліді..... 29

3. Теоретичний розрахунок змішувача компонентів періодичної дії

- 3.1. Матеріали для розробленого ПРО..... 31
- 3.2. Структура розробленого змішувача..... 32
- 3.3. Технологічний, енергетичний та кінематичний розрахунки змішувача компонентів періодичної дії..... 32
- 3.4. Розрахунок редуктора ЗМПД..... 36

3.5.	Силовий, конструктивний та розрахунок на міцність вал-шестерні вузла приводу ЗМПД.....	39
3.6.	Розрахунок шпонкового з'єднання.....	44
3.7.	Підбір підшипників та розрахунок їх довговічності.....	45
4.	Комп'ютерне моделювання робочого органу змішувача компонентів періодичної дії та результати експериментальних досліджень	
4.1.	Динаміка руху змішуваних компонентів.....	47
4.2.	Вплив різних навантажень на робочий орган.....	53
4.3.	Обґрунтування результатів експерименту.....	58
5.	Охорона праці та заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях	
5.1.	Захист підприємств харчової та переробної промисловості від радіоактивного забруднення.....	60
5.2.	Заходи з безпеки під час роботи на радіоактивних територіях.....	64

Висновки

Перелік посилань

Додатки

Перелік умовних позначень

ПРО – пальчиковий робочий орган;

ЗМПД – змішувальна машина періодичної дії;

ЗМ – змішувальна машина;

n – індекс течії;

μ – коефіцієнт динамічної в'язкості, Па * с;

τ – напруження зсуву, Па;

v – швидкість потоку, $\frac{\text{м}}{\text{с}}$;

ρ – густина тіста, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$;

k – коефіцієнт консистенції;

Вступ

Актуальність теми. В сучасному виробництві одним із напрямків підвищення ефективного замісу дріжджового тіста є інтенсивна обробка компонентів. Змішувальні машини періодичної дії це основа технологічного процесу для виробництва хлібобулочних виробів та близько 60% технологічних поточкових ліній вони займають. Їх конструкція і характеристики спрямовані на збільшення ефективності проходження процесу, але головною проблемою є обмежені можливості впливу на компоненти із-за адгезії середовища. В зв'язку з цим постійно ведуться пошуки конструкцій робочих органів для змішувальних машин. Їм необхідне більш досконале дослідження та покращення конструкції із-за постійної зміни властивостей необхідних для процесу компонентів. Актуальне питання полягає в розробленні, дослідженні та реалізації нових креативних видів робочих органів та робочих камер змішувальних машин періодичної дії. В основі вирішення задачі поставлено завдання зниження енергозатрат процесу за рахунок конструктивних характеристик змішувальної машини.

Мета та завдання дослідження. Метою роботи є підвищення ефективності замісу неньютонівських рідин шляхом розроблення нової конструкції робочого органу змішувальної машини періодичної дії.

- на основі аналізу способу приготування тіста розробити нову конструкцію змішувальної машини періодичної дії;
- провести моделювання потоку замісу тіста змішувачем компонентів періодичної дії з використанням розробленого робочого органу;
- провести моделювання, яке описує характер функціональної зміни; впливу діючих навантажень потоку замісу тіста на робочий орган;
- провести теоретично-експериментальне дослідження якості замісу маси тіста.

Об'єкт дослідження. Технологічний процес приготування неньютонівських рідин.

Предмет дослідження. Конструктивно-кінематичні параметри робочого органу змішувача компонентів періодичної дії.

Методи дослідження. Теоретичні дослідження проведено за допомогою методів теоретичної механіки, теорії машин і механізмів, конструювання деталей машин та комп'ютерного моделювання. Експериментальні дослідження проводилися в лабораторних і виробничих умовах.

Наукова новизна. Спроековано 3d модель робочого органу тістомісильної машини для виконання дослідження та виконання розрахунків потоку тіста в процесі замісу; розрахунок робочого органу тістомісильної машини під навантаженням від процесу замісу тіста.

Апробація. Результати, представлені у магістерській роботі були показані на Міжнародній студентській науково-технічній конференції "Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання", 28-29 квітня 2022 р.; Міжнародній науково-практичній конференції «Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва: проблеми теорії та практики». 29-30 вересня 2022 року.

Структура та обсяг кваліфікаційної роботи магістра. Кваліфікаційна робота складається із розрахунково-пояснювальної записки об'ємом 73 сторінки (50 рисунків, 5 таблиць), 1 додатка та графічної частини обсягом 8 аркушів А1.

1. Аналіз об'єкту досліджування, огляд принципу роботи та шляхів покращення

1.1. Аналітичні зміни при змішуванні компонентів

Найважливішою операцією технологічного процесу в хліборобному виробництві є замішування компонентів. Змішування компонентів, які входять у рецептуру тіста дозволяє отримати масу з однорідною структурою і фізичними властивостями. Заміс опари та тіста виконується на змішувальних машинах.

Виробництво тіста різних видів, яке відрізняється складом компонентів, структурою, сортом борошна, потребує змішувальні машини періодичної чи безперервної дії. Змішувальні машини повинні забезпечувати рівномірне розподілення інгредієнтів в усьому об'ємі, розчинення сухих компонентів, пластифікацію та аерацію структури тіста.

Заміс тіста необхідний процес для отримання однорідної маси яка складається з води, борошна, солі та дріжджів. Про завершення процесу замісу тіста свідчить відсутність грудок борошна в однорідній масі.

Борошно при замішуванні тіста вбирає воду. Білок борошна розширюється при поглинанні води та утворює запас клейковини у якому знаходяться набряклі зерна крохмалю. Тісто утворюється при злипанні частинок в суцільну масу та складається з декількох фаз: газоподібної, рідкої та твердої. Властивості тіста залежні від співвідношення цих фаз. Твердої фази більше ніж рідкої та вона складається з нерозчинних білків у воді, крохмалю та оболонок зерна. При збільшенні рідкої фази тісто стає липким та текучим. Рідка фаза складається з водорозчинних речовин та її головна частина пов'язана з набряклими білками. Бульбашки повітря захоплені при замісті тіста представляють собою газоподібну фазу[1].

Для полегшення аналізу процесу замісу тіста тристадійну модель(рис. 1.1) Лісовенка О.Г. було доповнено на основі напрямку замішування який розвивається за рахунок сучасних технологій[11].

Перша стадія моделі - це механічне замішування і аерація компонентів, за рахунок чого розподіл компонентів стає більш рівномірним. Ця стадія супроводжується сорбцією вологи, диспергуванням, зволоженням і агрегацією сухих компонентів. За рахунок швидкої взаємодії компонентів із застосуванням різних напрямків потоків та їх розпилення в робочій камері відбувається інтенсифікація процесів.

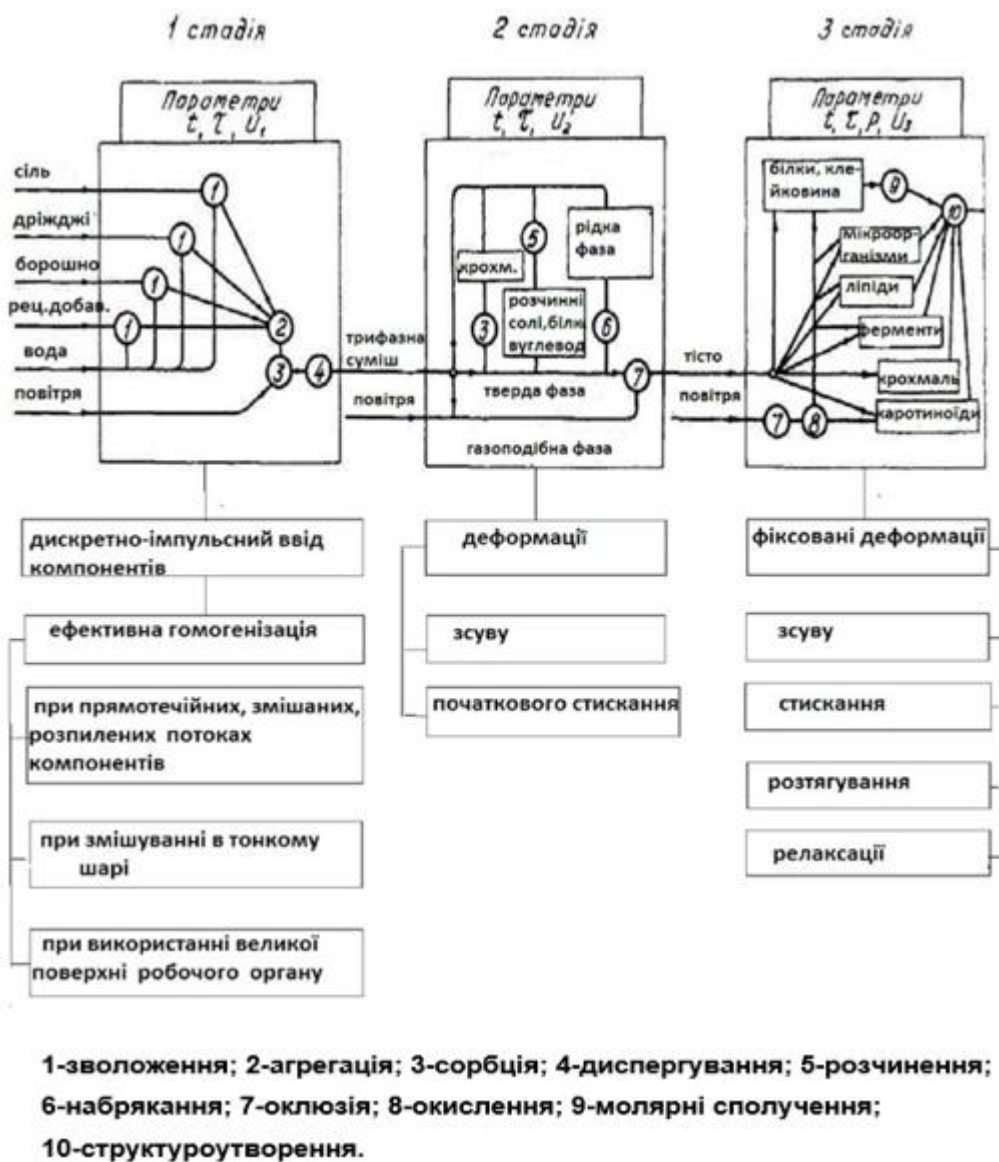


Рис. 1.1. Тристадійна модель замісу тіста.

Друга стадія моделі – замішування – перехід в розчин деяких частинок борошна та вирівнювання вологи компонентів. При цьому ростуть витрати енергії на привід змішувача внаслідок підвищення напруження зрушення. Велику частину вологи поглинають білкові речовини з водопоглинанням близько 200%. У крохмалю водопоглинання близько 30% але швидкість поглинання вища.

Властивості борошна, температура тіста, ступінь подрібнення зерна крохмалю та рецептурні домішки впливають на швидкоплинність цієї стадії. Друга стадія в робочій камері машини в процесі замісу мало споживає впливу механічної дії РО (робочого органу). Енергія витрачена при обробці має незначні значення, ніби перебуває у спокійному стані.

Третя стадія моделі – структуризація – на ній формується структура клейковини в яку попадає крохмаль, за рахунок чого його зерна міняються. На цьому етапі необхідний сильний механічний вплив для процесу створення ламел (плівок клейковини), яке проходить з руйнуванням молекул клейковини та на яке впливає вологість та температура тіста. На даній стадії відбувається подрібнення пористої структури, що створює рівномірну дрібно-пористу будову внутрішньої частини хлібобулочного виробу в наступних етапах.

Залежно від будови машини процеси можуть збігатися, переміщуватись, а тривалість стадій процесу може змінюватись.

В кінцевій стадії замішування компоненти повинні бути рівномірно перемішані, тісту повинно мати необхідні властивості та для пропікання на наступних після замішування стадіях(бродіння – розподіл – вистоювання - випікання) потрібні оптимальні умови[11].

1.2. Принцип конструкції та робочих процесів в машинах для змішування періодичної дії

Змішувальні машини використовують при замісі тіста та густої опари, а для замісу рідкої опари і борошняних сумішей, дріжджів застосовують спеціальні місильні машини. Змішувачі бувають дискретної, безперервної(з вільним та заданим обертанням) та періодичної(з стаціонарними і підкатними діжами) дії.

Робочий орган змішувача компонентів періодичної дії може мати різну форму(Рис. 1.4), він може бути виготовлений у вигляді важеля незвичайної форми який здійснює рух за певною траєкторією всередині діжі, або має вигляд двох спіралеподібних лопатей, які обертаються в сторону одна одній всередині

нерухомої робочої камери, а для інтенсивного замісу тіста – у вигляді крюка, що здійснює планетний рух всередині нерухомої робочої камери.

Інтенсивність робочого органу змішувача визначає групу до якої належить машина, всього їх три[11]:

- тихохідні, питома робота від 5 до 12 Дж/г;
- швидкі, нагріваються на 5 – 7 °С, а питома робота 15 – 30 Дж/г;
- супершвидкі, нагріваються на 10 – 20 °С, їм необхідне охолодження, а питома робота 30 – 45 Дж/г.

За способом замісу змішувачі бувають: ультразвукові, механічні, вібраційні та інші. За методом керування змішувачі можуть бути: автоматичні, напівавтоматичні та ручні. По кількості робочих камер бувають однокамерні, двокамерні та трикамерні змішувачі.

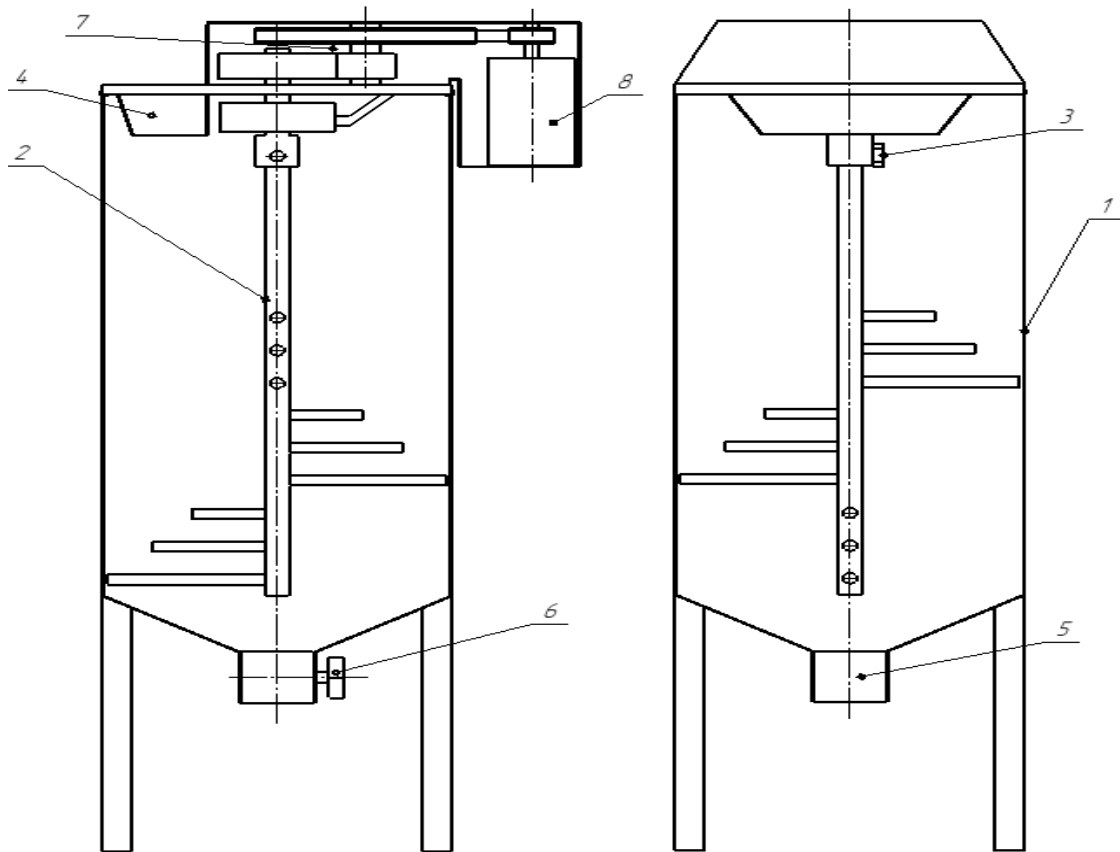


Рис. 1.2. Конструктивна схема змішувача періодичної дії:

1 – робоча камера (діжа); 2 – робочий орган; 3 – гвинт для фіксації робочого органу; 4 – отвір для подачі компонентів; 5 – вивантажувальний канал; 6 – кран вивантажувального каналу; 7 – приводний механізм; 8 – електродвигун.

Робочі камери мають конструктивні особливості які підвищують якість та ефективність замісу тіста. Приклади замісу тіста в робочих камерах(Рис. 1.3.)[11].

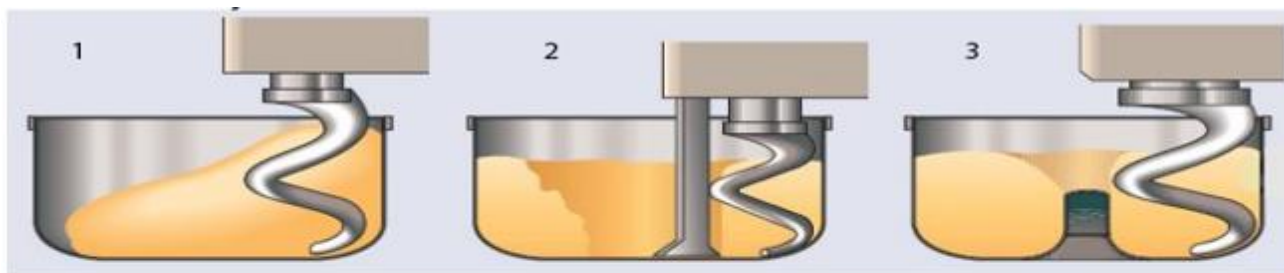


Рис. 1.3. Заміс тіста в робочій камері.

1-без використання додаткових пристроїв, 2-з використанням відбивача, 3-з використанням центральної стійки.



Рис. 1.4. Робочі органи для змішувача періодичної дії.

Тістомісильна машина SP – змішувальна машина(рис. 1.5) з стаціонарною діжею, яка обертається. Характеристики машини вказані в таблиці 1.1. Складається машина з робочого органу який є спіраллю 1, робочої камери 3, вивантажувального шнека 4 та пристрою для підняття шнека 5. Механізми приводяться в рух двигунами які встановлені всередині корпусу 2. Машина обладнана колесами та фіксаційними пристроями для гасіння вібрації[11].

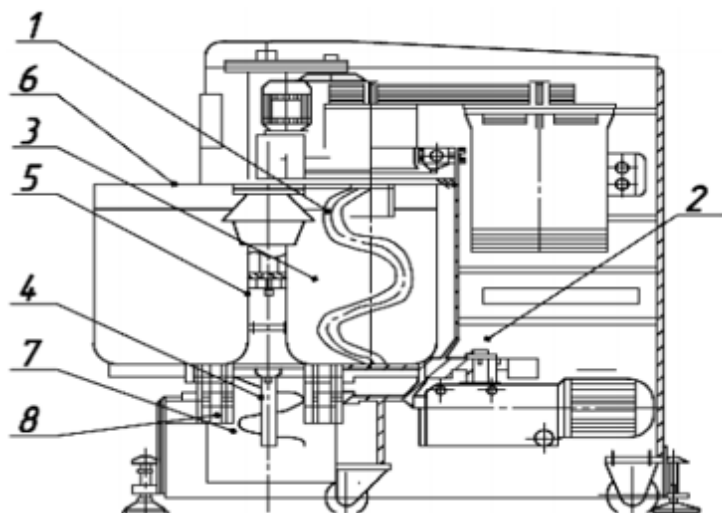


Рис. 1.5. Змішувальна машина SP.

1-робочий орган, 2-корпус, 3-робоча камера, 4-шнек для вивантаження, 5-підіймальник шнека, 6-кришка робочої камери, 7-вивантажувальний отвір, 8-захисний циліндр.

В кришці робочої камери 6 є отвори для подачі компонентів. Змішувач має режим ручного керування та екран який відображає швидкість обертів робочого органу та температуру тіста.

Час змішування на першій та другій швидкостях встановлюється за допомогою програми. Після закриття вивантажувального отвору завантажуються компоненти в робочу камеру та вмикається задана програма. Спиральний робочий орган та робоча камера змішують компоненти. Електродвигун приводить робочий орган в рух через пасову передачу, а фрикційне колесо обертає діжу. Коли завершується задана програма, вивантажувальний отвір діжі відкривається і тісто вивантажується за допомогою робочого органу, руху робочої камери, транспортувального шнека 4 та скребка.

Через нижній отвір робочої камери 7 тісто падає на транспортер для проходження наступних технологічних операцій.



Рис. 1.6. Схема розгрузки тіста із змішувача SP.

Для транспортування тіста(Рис. 1.6) на подальші технологічні операції можна використовувати стрічкові конвеєри 1 або вагонетки 2.

Таблиця 1.1

Технічні характеристики тістомісильної машини SP

Тип	Маса тіста, кг/заміс	Об'єм діжі, л	Потужність, кВт	Габаритні розміри, мм
SP 120	120	180	8	1320x800x1300
SP 160	160	260	8	1430x890x1340

1.3. Інтенсифікаційні утворення структури при дії робочих органів

Робочі органи змішувача дозволяють регулювати фізичні властивості тіста впливом на швидкість протікання біохімічного, колоїдного та фізичного процесів

за рахунок чого збільшується м'якість тіста, його однорідність та еластичність, що покращує якість до найвищого рівня[11].

Ще в 20 сторіччі було виявлено, що інтенсивний заміс тіста збільшує його об'єм та покращує якість хліба за рахунок підвищення водопоглинальної здатності білків. Пізніше було досліджено механічну обробку, її вплив на процес дозрівання та зміну властивостей тіста які підвищують якість хліба. Кількість розчинної частки білків збільшується за рахунок механічного впливу робочого органу змішувача. Посилена механічна обробка покращує хлібобулочну продукцію збільшенням кількості повітря, яке захоплює тісто. При цьому збільшується кількість бульбашок, але зменшується їх розмір, що сприяє рівномірному розпушенню.

Беганська Л.С. та Ніколаєв Б.А. дослідили вплив механічної обробки на реологічні властивості тіста за допомогою спеціального приладу. Також вони визначили, що додаткова механічна обробка знижує в'язкість та пружність тіста.

Метод інтенсифікації замісу покращує смак та аромат хліба за рахунок позитивного механічного впливу на хімічне перетворення компонентів.

Один з найпрогресивніших методів інтенсифікації є Чорлейвудський спосіб, який запропонували в Англії у дослідному інституті Чорлейвуда. Цей метод збільшує інтенсивність замісу за допомогою збільшення частоти обертання робочого органу змішувача з використанням тістоприготувальної машини «Твіді». Інший відомий двостадійний спосіб приготування тіста називається «Блехерд-Беттер-процес». В першій стадії частину борошна, дріжджі та воду замішують з малою кількістю соєвого борошна. В другій стадії добавляють компоненти за рецептурою і замішують.

Компанія «Форема Дайриєс» розробила метод приготування тіста без бродіння у якому використовують бромат калію та аскорбінову кислоту. Перед вистоюванням тісто ділять на частини. Загальний шлях виготовлення випічки займає 2.5-3 години.

Суть прискорених методів замішування тіста – інтенсифікація за рахунок впливу таких факторів:

- збільшення кількості дріжджів;
- застосування добавок для покращення;
- застосування заквасок;
- збільшення швидкості замісу;
- активація дріжджів перед використанням;
- менші порції для замісу.

Методи інтенсифікації збільшують кількість води та зменшують використання борошна та сухих речовин на бродіння за рахунок підвищення однорідності та щільності маси тіста за рахунок чого збільшують вихід хліба при знижених витратах енергії. Проте недоліками цих методів є висока собівартість через збільшення кількості необхідних компонентів, дорогих добавок для покращення, менша кислотність випічки із-зі скорочення часу бродіння тіста або повної відсутності бродіння, втрата товарних властивостей і пришвидшене черствіння.

1.4. Властивості неньютонівських рідин

В'язкість хлібного тіста залежить від швидкості деформації зсуву, тому воно відноситься до неньютонівських рідин.

n - індекс течії – характеристика ступені неньютонівської поведінки матеріалу. Неньютонівські властивості проявляються коли значення n сильно відрізняється від одиниці. Значення індексу течії $0 < n < 1$ притаманні для псевдопластичних рідин, а $n > 1$ для дилатантних. При значенні $n = 1$ властивості рідини є ньютонівськими.

k – коефіцієнт консистенції – в'язкість неньютонівської рідини, яка залежить від швидкості деформації зсуву. Пропорційний показнику в'язкості коли градієнт швидкості зсуву одиниця.

В статті[12] розглянули важливість уточнення індексу течії для кращого розуміння та опису процесів руху тіста.

Автори стверджують, що для аналізу залежності напружень зсуву тіста від швидкості деформації доцільно використовувати рівняння Гершеля – Балклі:

$$\tau = \tau_0 + k * \gamma,,$$

Для найкращого перемішування потрібно турбулізувати потік, який в значній мірі залежить від критерію Рейнольдса:

$$Re = \frac{vl\rho}{\mu}$$

Де v – швидкість потоку, м/с; l – лінійний розмір, м; ρ – густина тіста, кг/м³; μ – коефіцієнт динамічної в'язкості, Па * с.

В'язкість неньютонівської рідини – похідна від швидкості деформації зсуву, яка залежна від n – індексу течії.

Для створення графіків залежностей у статті[12] використали таблицю 1.2. Графіки залежностей в'язкості тіста від швидкості деформації показані на рис. 1.7 – 1.9.

Таблиця 1.2

Залежність реологічних показників тіста вологістю 44%

$\dot{\gamma}, \text{с}^{-1}$	$\tau, \text{Па}$	$\mu, \text{Па}\cdot\text{с}$
0,4	130	310
2,1	360	159
10,4	820	73,5
52,1	930	20
260,4	1800	7,3
1300	3800	3
3255	2100	1,1

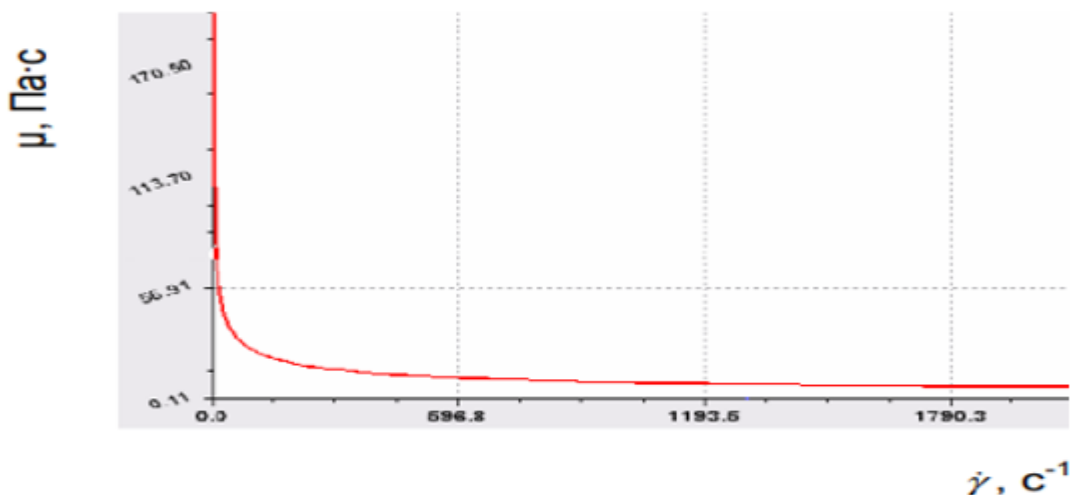


Рис. 1.7. Залежність в'язкості тіста від швидкості деформації зсуву.

Залежність в'язкості тіста від швидкості деформації нелінійна(Рис. 1.7).

Звідси вивели функцію:

$$\mu = \frac{206}{\gamma^{0.45}}$$

для якої коефіцієнт кореляції $r = 0.996$. Найкращий коефіцієнт кореляції r наближений до одиниці. Достатній показник $r = 0.8..1$.

Далі автори[12] визначили залежність напружень зсуву τ від швидкості деформації $\dot{\gamma}$ взявши дані з таблиці 2.1. та показали її на графіку (рис. 1.8).

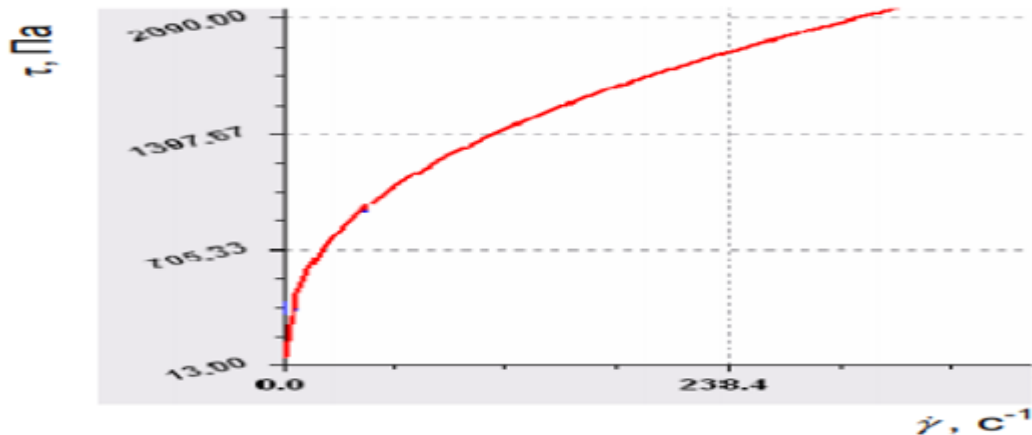


Рис. 1.8. Залежність напруження зсуву від швидкості деформації.

Залежність в чисельному вигляді:

$$\tau = 212 * \gamma^{0.4}$$

для якого $r = 0.993$.

Для розрахунку індексу течії n , автори статті [12] використали методику запропоновану Метцнером-Ридом. Індекс течії визначили за формулою:

$$n = \frac{d \ln \tau}{d \ln \dot{\gamma}}$$

Графік показаний на рис. 1.9.

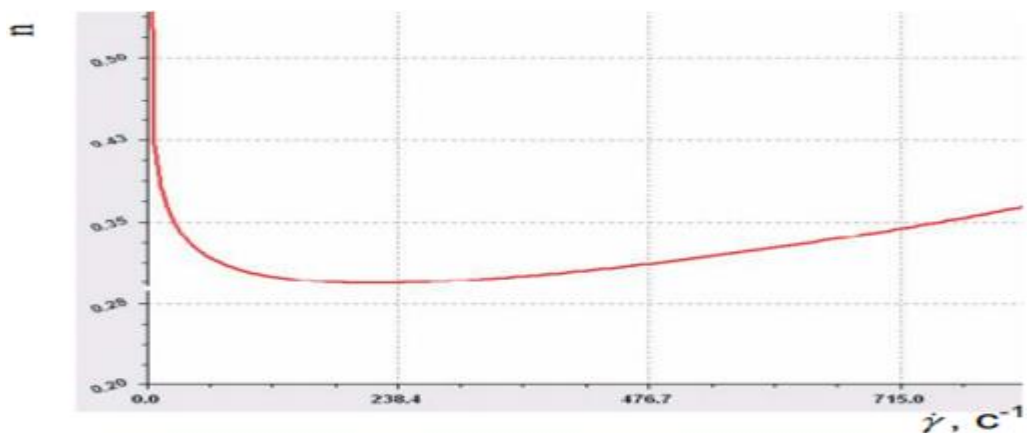


Рис. 1.9. Залежність індексу течії від швидкості деформації.

Залежність в чисельному вигляді:

$$n = \frac{0.539}{\gamma^{0.138}}$$

для якого $r = 0.823$

Дослідники[12] визначили, що показник n для тихохідних змішувачів $n = 0.6$, а для змішувачів інтенсивної дії $n = 0.53$.

Для покращення структури дріжджового тіста, зміцнення каркасу з клейковини, можна використовувати суху картопляну добавку[13] під час ферментації. Таким чином при концентрації добавки 5% від маси борошна зменшуються напруження зсуву, а при збільшенні швидкості зсуву зменшується в'язкість тіста. Графіки зміни напружень від швидкості зсуву та часу ферментації показано на рис. 1.10. – 1.13.

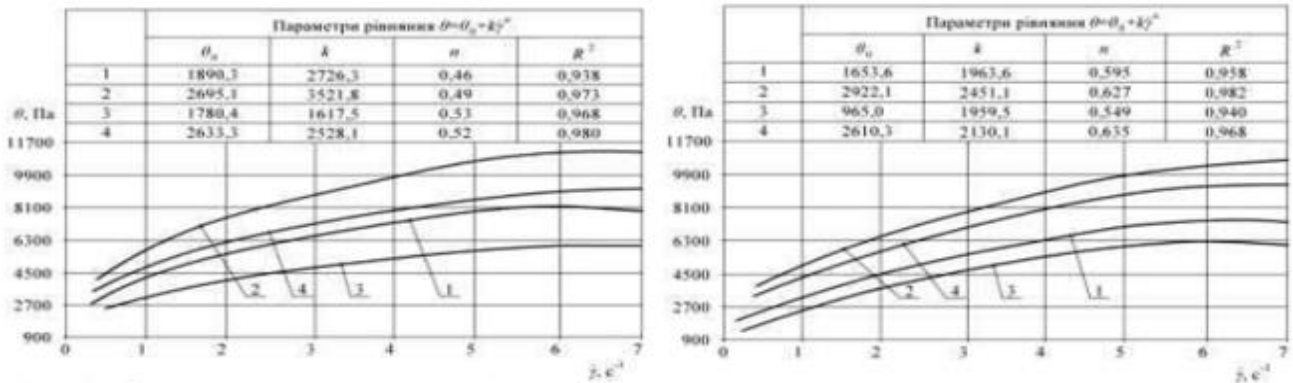


Рис. 1.10. та 1.11. Залежності напруги від швидкості зсуву після замішування тіста та 45*60 с ферментації відповідно.

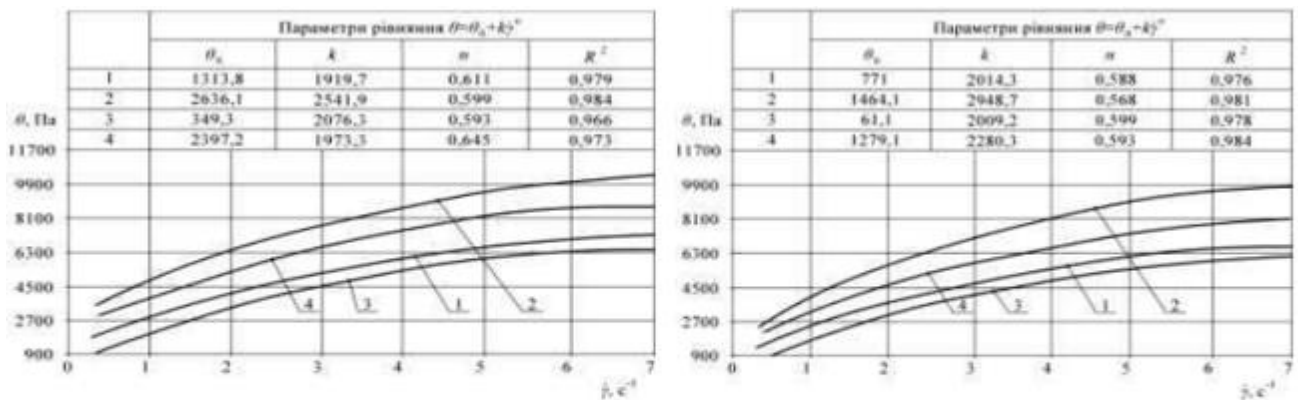


Рис. 1.12. та 1.13. Залежності напруги від швидкості зсуву після 90*60 с та 135*60с ферментації відповідно.

На рис. 1.14. – 1.17. показано графіки зміни ефективної в'язкості від швидкості зсуву та часу ферментації, бачимо, що в'язкість тіста зменшується при

підвищенні швидкості зсуву незалежно від часу ферментації. Більший час ферментації зменшує в'язкість.

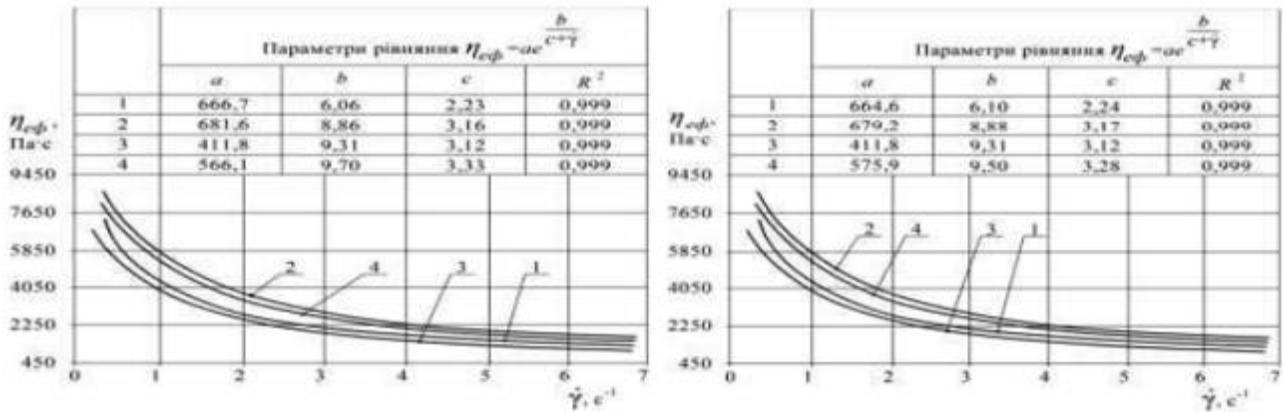


Рис. 1.14. та 1.15. Залежності ефективної в'язкості від швидкості зсуву після замішування тіста та після 45*60 с ферментації відповідно.

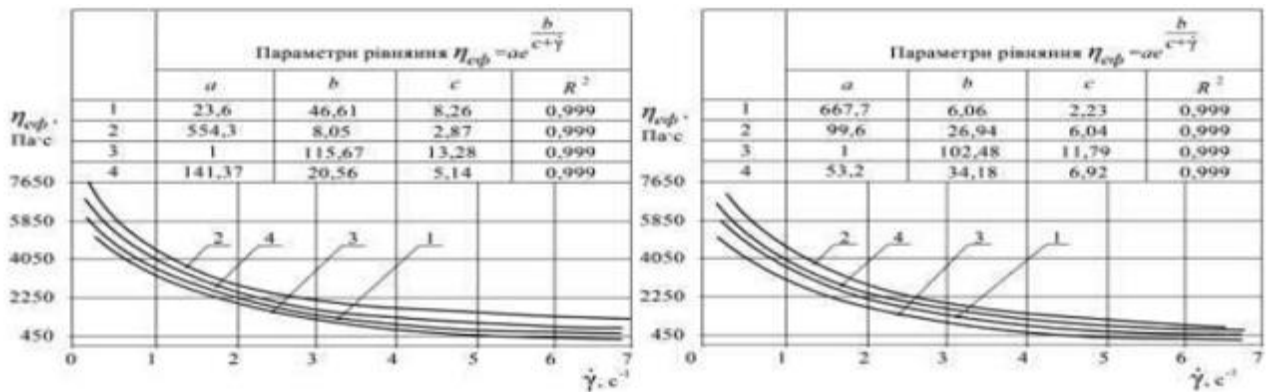


Рис. 1.16. та 1.17. Залежності ефективної в'язкості від швидкості зсуву після 90*60 с та 135*60 с ферментації відповідно.

Тісто з додаванням сухої картопляної добавки має стійкішу структуру завдяки чому воно не липне до робочого органу змішувача. Також вона покращує властивість тіста зберігати форму. При збільшенні її вмісту піднімається в'язкість і напруга зсуву маси дріжджового тіста[13].

1.5. Цілі і задачі дипломної роботи

Метою даної роботи є підвищення ефективності замісу неньютонівських рідин шляхом розроблення нової конструкції робочого органу змішувальної машини періодичної дії.

Завданням дипломної роботи є дослідження динаміки і впливу робочого органу ЗМПД на процес замішування компонентів за допомогою пакету

комп'ютерного програмного забезпечення SolidWorks. Для цього виконаємо такі задачі:

- Аналітичні зміни при змішуванні компонентів;
- ЗМПД, їх конструкція та принцип роботи;
- Опис установки для теоретично-експериментальних досліджень;
- Комп'ютерна програма для проведення дослідження моделі ПРО в процесі замісу густої опари;
- Теоретичні розрахунки ЗМПД для визначення його параметрів;
- Динаміка процесу замісу густої опари з використанням розробленого ПРО;
- Результати теоретичного та теоретично-експериментального досліджень.

2. Методи дослідження робочого органу змішувача компонентів періодичної дії

2.1. Методика і шляхи проведення теоретичних і практичних досліджень

Проведення теоретично-експериментального дослідження передбачає вивчення гідродинаміки руху середовища неньютонівської рідини, зміни структурних характеристик та властивостей утвореної суміші, вплив конструктивних і технологічних параметрів на дану структуру із застосуванням спеціальних приладів.

Для проведення теоретично-експериментального дослідження процесу



Рис. 2.1.1. – Загальний вигляд змішувача і панелі блока керування:

1 – тумблер живлення мережі; 2 – тумблер включення живлення моторів; 3, 4 – відповідно, тумблери для переключення частоти обертання вала відцентрового електронасоса, мотора-редуктора, пристрою для дозування борошна та привідного валу й мішалки для перемішування компонентів, розроблену конструкцію змішувача, наведено на рис. 2.1.



Рис. 2.1.2. Пальчиковий робочий орган.

Для розрахунку рецептури суміші приймали постулат, що маса борошняної суміші в робочій камері змішувача становила $m_3 = 4,0$ кг., яка перерахована на циклову дозу: - маса борошна $m_6 = 2,4$ кг; маса сухих дріжджів $m_0 = 0,5$ кг; загальна маса води $m_8 = 1,6$ кг; маса солі $m_c = 0,03$ кг; маса інших добавок $m_{доб.} = 0,01$ кг.

2.2. Визначення роботи питомої ЗМПД

Питому роботу характеризують затратами енергії на заміс 1г тіста:

$$A_{\text{пит}} = \frac{\int_0^{\tau} P(\tau) d\tau}{m}$$

Де $P(t)$ – функція зміни потужності ПРО ЗМПД; m – маса опари у діжі.

Інтенсивність замісу опари:

$$U = \frac{A_{\text{пит}}}{\tau}$$

де $A_{\text{пит}}$ – питома робота змішування за оберт ПРО;

$$A_{\text{пит}} = \frac{A * n * \tau}{m}$$

де A – загальна робота ЗМПД, можна знайти з енергобалансу витрат за 1 прохід:

$$A = A_1 + A_2 + A_3 + A_4$$

де $A_1 - A_4$ – робота, відповідно на змішування опари, рух ПРО, нагрівання опари, яка замішується та металічних елементів, які контактують з опарою, структурування тіста.

Формули енергобалансу для лабораторної установки:

$$A_1 = a * b * \pi * \rho * (r_1^2 - r^2) * \left[(1 - k) * \pi^2 * (r^2 + r_1^2) + \frac{k * S^2}{2} \right]$$

$$A_2 = \frac{2}{3} * a * b * \rho_m * \pi^2 * n^2 * (r_1^3 - r^3)$$

$$A_3 = 124 * a * \mu * n * \left(\frac{r_1^4 - r^4}{S} + \frac{2r_1^3 * b}{w_k} \right)$$

$$A_4 = 0.1 * A_1$$

Інтенсивність замісу опари та питому роботу визначаємо формулами:

$$A_{\text{пит}} = \frac{A n \tau}{m}$$

$$U = \frac{A \pi}{\tau}$$

2.3. Пристрої визначення реології

Для дослідження в'язкості тіста застосовують віскозиметри (Рис. 2.2). Вони бувають двох видів: капілярні та ротаційні. Використовуються ці апарати при вимірюванні в'язкості рідин в харчовій промисловості та інших. Принцип роботи ротаційного віскозиметра в вимірі зсувних навантажень течії за рахунок виміру кутової швидкості та крутного моменту.

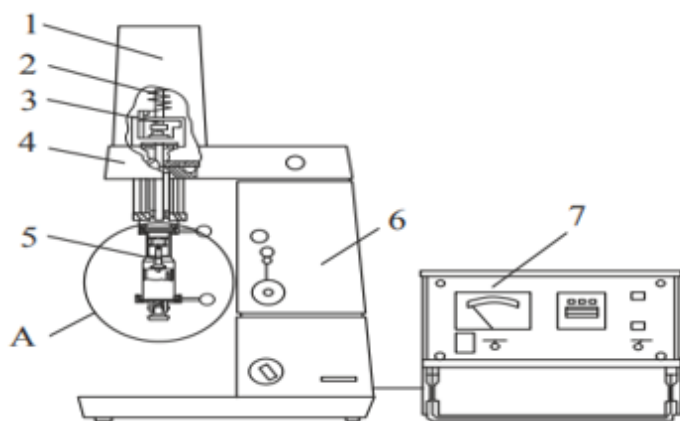


Рис. 2.2. Схема ротаційного віскозиметра РЕОТЕСТ 2: 1 – корпус віскозиметра, 2 – динамометр, 3 – потенціометр, 4 – вимірювальний механізм, 5 – конусно-пластинчатий пристрій, 6 – привід, 7 – блок вимірювань.

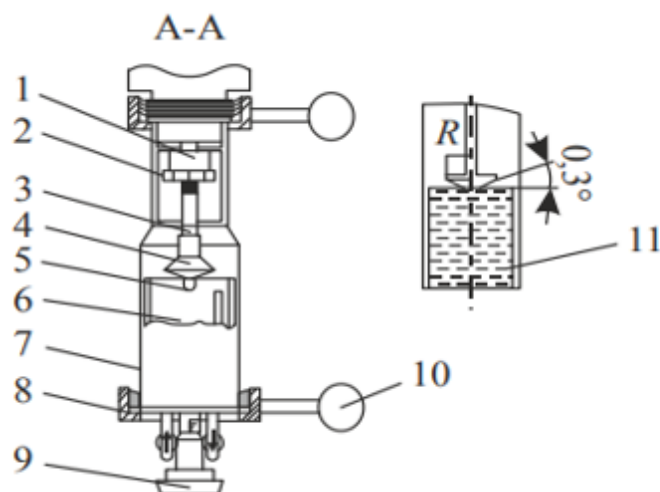


Рис. 2.3. Конусно-вимірювальний пристрій: 1 – муфта, 2 – втулка, 3 – вал, 4 – конус, 5 – датчик температури, 6 – термостатична камера, 7 – напрямна пластина, 8 – натяжне кільце, 9 – мікрометричний гвинт, 10 – натяжний важіль, 11 – системний конус-пластина.

Віскозиметр РЕОТЕСТ2 має великий спектр регулювання швидкості зсуву. Складається він з самого пристрою та блока вимірювання, його основні механізми – вимірювальний з конусом-пластиною та привід. Реверсивна коробка з 12-

ступенями передачі знаходиться в привідній частині та передає крутний момент синхронного двигуна, що дає в загальному 24 режими обертів вихідного вала. Необхідна кількість обертів встановлюється поворотним важелем. З допомогою даного пристрою можна вимірювати властивості структури тіста з використанням конусно-пластинчатого або циліндричного вимірюючого пристрою. За рахунок підтримання живлення термокамери рідиною терmostату, можна досліджувати матеріали з заданною температурою.

Недоліками даного апарату є:

- Зниження точності вимірів у турбулентному потоці;
- В потоці пружних рідин за умов звичайного зсуву виникають нормальні напруги – ефект Вейсенберга;
- При використанні циліндричного вимірюючого пристрою крутний момент передається рідині від нижньої стінки циліндра не враховується при розрахунках.

В статті [15] дослідники з допомогою віскозиметра РЕОТЕСТ2 розраховали криву течії дріжджового тіста в процесі замісу, з графіку (Рис. 2.4) помітно різкий ріст напружень зсуву при низьких значеннях швидкості зсуву, при високих значеннях крива практично не змінюється. Степенева залежність кривої:

$$\tau = 6740 - 8924\gamma^{-0.9}$$

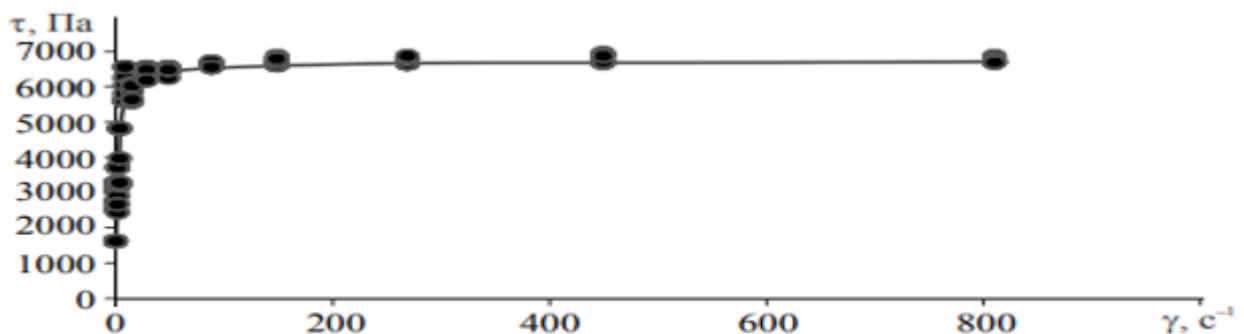


Рис. 2.4. Крива течії дріжджового тіста в процесі замісу.

Граничне напруження зсуву $\tau = 6740$ при досягненні γ близько 200 c^{-1} .

З отриманих даних вивели зміну ефективної в'язкості тіста в процесі замісу від зміни швидкості зсуву, з графіку (Рис. 2.5) видно, що ефективна в'язкість різко знижується при низьких значеннях швидкості зсуву та практично не міняється при значеннях γ вище 200 c^{-1} .

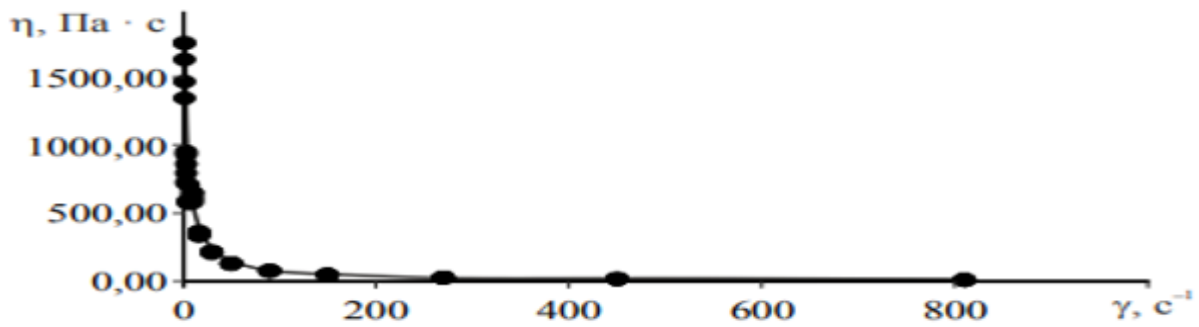


Рис. 2.5. Залежність ефективної в'язкості дріжджового тіста від швидкості зсуву в процесі замісу.

Результатом дослідження у статті[15] є рівняння степеневі залежності ефективної в'язкості від γ в процесі замісу тіста:

$$\eta = 3198,6 * \gamma^{0.856}, \text{ Па * с}$$

Віскозиметр Енглера вимірює в'язкість рідини методом підрахунку часу за який рідина протікає при заданій різниці тиску через вузький отвір. В'язкість пропорційна різниці тиску між рідиною протікаючою через вузьку трубку та рідиною протікаючою через трубку з великим отвором за умови, що рідина з ємкості протікає під дією власної ваги[14].

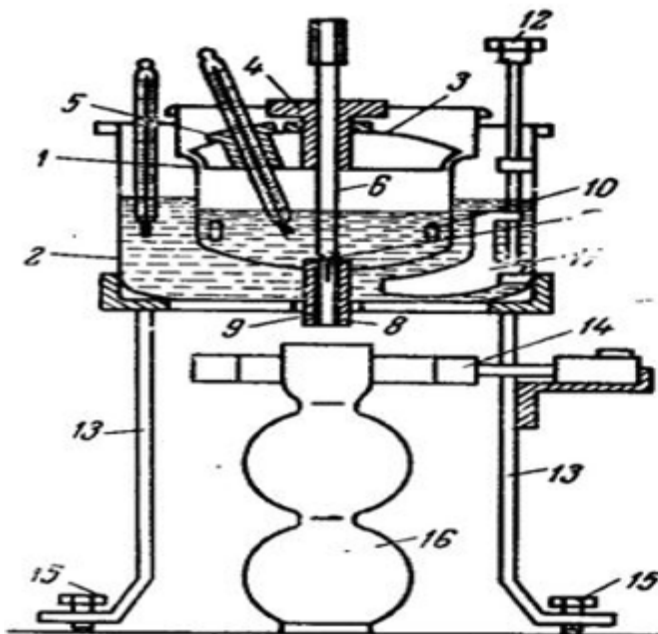


Рис. 2.6. Схема вискозиметра

Енглера:

1 – ємкість для олії; 2 – циліндрична ємність; 3 – кришка; 4, 5 – отвори в кришці; 6 – стрижень; 7 – вхід в трубку; 8 – стічна трубка; 9 – платинова трубка; 10 – штифт; 11 – змішувач; 12 – ручка змішувача; 13 – штатив; 14 – пальник; 15 – настановні гвинти; 16 – колба.

Градус Енглера – умовна одиниця в'язкості, відношення часу витікання 200 см^3 рідини через трубку діаметром 2.8 мм з циліндричної ємкості 106 мм діаметром до часу витікання 200 см^3 дистильованої води за температури $20 \text{ }^\circ\text{C}$.

Градуси Енглера переводяться в кінематичну в'язкість стокса таблично або за допомогою формули:

$$v = 0.073^{\circ}E - \frac{0.063}{^{\circ}E}$$

Для оцінки структури тіста можна скористатися цифровим мікроскопом.



Рис. 2.7. Цифровий мікроскоп *BW – 400X*.

Характеристики мікроскопа [19]:

- Сенсор: до 2 МП;
- Лінза: лінза з розширенням 2МП;
- Фокусна відстань: 0 мм – 40 мм;
- Розширення зображення: 1660*1200, 1280*1024, 800*600, 640*480, 352*288, 320*240, 176*144;
- Можлива якість зображення: 5М, 3М, 2М, 1.3М, VGA;
- Частота кадрів: 30 к/с при освітленні менше 600 LUX (1.3М);
- Коефіцієнт масштабування: 25-400X.

2.4. Використання комп'ютерних програм в досліді

Для моделювання процесу замішування тіста з використанням робочого органу ЗМПД потрібна потужна програма з можливістю симуляції потоку неньютонівської рідини. Для цього використаємо пакет програм для моделювання, автоматизації виробництва та ін. – SolidWorks[9].

SolidWorks – засіб для проектування, розробки 3Д моделей та їх дослідження з використанням пакетів доповнень. Його призначення – проектування моделей, інженерний аналіз, підготовка до виробництва будь-яких виробів та автоматизація цього виробництва.

Моделювання процесу замішування тісту з використанням ПРО скористаємось пакетом програми SolidWorks для симуляції потоку рідини та аналізу поведінки потоку – Flow Simulation.

Flow simulation – інтегрований пакет програми SolidWorks, який може симулювати потік рідини, теплопередачу та сили, які діють в процесі симуляції.

Для розрахунку навантажень на ПРО ЗМПД застосуємо пакет програми SolidWorks, який може відтворювати дію фізичних сил на об'єкт моделювання – Simulation.

Simulation – ще один інтегрований пакет програми SolidWorks з можливістю дослідження різних фізичних процесів таких як статичні та динамічні навантаження на об'єкт дослідження, фізичні, термічні та інші види сил, так при правильно заданих умовах симуляція прикладених до моделі сил близька до реальної дії цих сил на практиці.

Робочим органом змішувача періодичної дії є вертикальний вал з пальчиками, які розміщені 3 стовпцями по 3 пальчики недалеко розміщених один від одного, під кутом 120° відносно осі валу (рис.2.8.). Геометрія і режими обертання лопаті визначають перебіг замішування тіста.

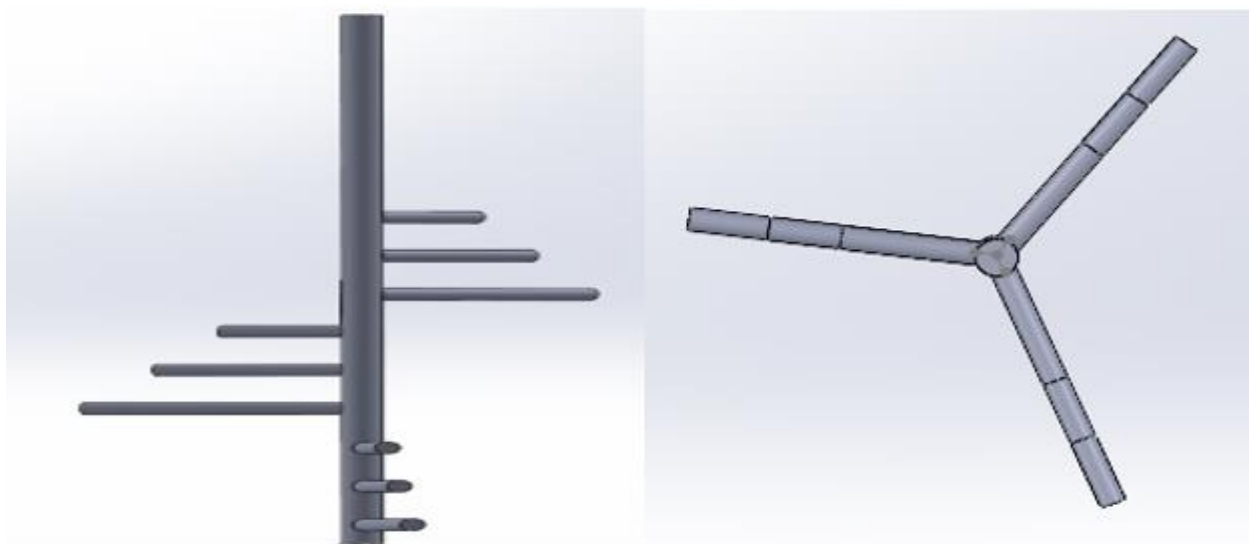


Рис. 2.8. Схеми розробленого ПРО.

Методом моделювання руху у програмі Solidworks підібрано таку конструкцію робочого органа змішувача періодичної дії (Рис. 2.8). Методом послідовних наближень підібрано таку частоту обертання для робочого органа 75 об/хв.

3. Теоретичний розрахунок змішувача компонентів періодичної дії

3.1. Матеріали для розробленого ПРО

Рекомендованими до використання для такого виду машин матеріалами є корозостійкі, нержавіючі сталі. Через наявність різких змінних навантажень захисні покриття не використовуємо. Для основних робочих елементів застосуємо сталь 12Х18Н9Т:

Межа міцності при розтязі ...	590 МПа
Твердість по Брінелю	170 МПа
Ударна в'язкість	2.8 Дж/мм ²
Модуль пружності	2 * 10 ⁵ МПа
Коефіцієнт Пуассона	0.3
Питома вага (густина)	7900 кг/м ³
Межа плинності	196 МПа

Для робочої камери ЗМПД застосуємо легку в обробці, корозостійку нержавіючу сталь 08Х17Т:

Межа міцності при розтязі ...	460 МПа
Ударна в'язкість	1.7 Дж/мм ²
Модуль пружності	2.06 * 10 ⁵ МПа
Питома вага (густина)	7700 кг/м ³

Для дозаторів ЗМПД застосуємо сталь 08Х18Н10:

Межа міцності при розтязі ...	470 МПа
Твердість по Брінелю	170 МПа
Ударна в'язкість	1.6 Дж/мм ²
Модуль пружності	1.96 * 10 ⁵ МПа
Питома вага (густина)	7850 кг/м ³
Межа плинності	196 МПа

3.2. Структура розробленого змішувача



Рис. 3.1. Структурна схема ЗМПД.

Схема включає електричний двигун, пасову передачу, циліндрична зубчаста передача і робочий орган.

Крутний момент від електричного двигуна передається на пасову передачу, з пасової передачі крутний момент передається на циліндричну зубчасту передачу, з зубчастої передачі крутний момент передається на робочий орган.

3.3. Технологічний, енергетичний та кінематичний розрахунки змішувача компонентів періодичної дії

Технологічний розрахунок: Розрахункова продуктивність ЗМПД визначається за формулою:

$$G = \frac{V \cdot \rho \cdot \varphi}{\tau_3 + \tau_d}, \text{ кг/с}$$

де V – об'єм діжі, м³;

$\rho = 1100$ кг/м³ – середня густина тіста;

$\varphi = 0.5 - 0.8$ – коефіцієнт використання об'єму діжі;

τ_3 – тривалість замішування, с;

$\tau_d = 150 - 300$ с – тривалість допоміжних операцій.

$$G = \frac{0.0217 \cdot 1100 \cdot 0.5}{600 + 300} = 0.0132 \frac{\text{кг}}{\text{с}} = 48 \frac{\text{кг}}{\text{год}};$$

Енергетичний розрахунок: Питома робота розраховується за формулою:

$$A = A_1 + A_2 + A_3 + A_4,$$

Де A_1 – робота, яка затрачується на змішування опари не враховуючи втрати на нагрівання при терті.

A_2 – затрати на переміщення ПРО;

A_3 – нагрів маси опари і металічних елементів ЗМПД, які з нею контактують;

A_4 – робота, що затрачується на структурування маси тіста.

$$A_4 = 0.1 * A_1$$

Вихідні дані беремо з креслень і додатка А.

1. Робота на заміс опари:

$$\begin{aligned} A_1 &= a_k * b * \pi * \rho * (r_{1k}^2 - r^2) * \left[(1 - k) * \pi^2 * (r^2 - r_{1k}^2) + \frac{k * S^2}{2} \right] + \\ &+ a_c * b * \pi * \rho * (r_{1c}^2 - r^2) * \left[(1 - k) * \pi^2 * (r^2 - r_{1c}^2) + \frac{k * S^2}{2} \right] + \\ &+ a_d * b * \pi * \rho * (r_{1d}^2 - r^2) * \left[(1 - k) * \pi^2 * (r^2 - r_{1d}^2) + \frac{k * S^2}{2} \right] = \\ &= 3 * 0.01 * 3.14 * 1200 * (0.058^2 - 0.008^2) \left[(1 - 0.05) * 3.14^2 * (0.058^2 - 0.008^2) + \frac{0.05 * 0.032^2}{2} \right] + \\ &+ 3 * 0.01 * 3.14 * 1200 * (0.085^2 - 0.008^2) \left[(1 - 0.05) * 3.14^2 * (0.085^2 - 0.008^2) + \frac{0.05 * 0.032^2}{2} \right] + \\ &+ 3 * 0.01 * 3.14 * 1200 * (0.115^2 - 0.008^2) \left[(1 - 0.05) * 3.14^2 * (0.115^2 - 0.008^2) + \frac{0.05 * 0.032^2}{2} \right] = \\ &= 10.6 + 50 + 168 = 228.6 \frac{\text{Дж}}{\text{об}}; \end{aligned}$$

2. Робота на рух ПРО:

$$\begin{aligned} A_2 &= \frac{2}{3} * a_k * b * \rho_m * \pi^2 * n^2 * (r_{1k}^3 - r^3) + \\ &+ \frac{2}{3} * a_c * b * \rho_m * \pi^2 * n^2 * (r_{1c}^3 - r^3) + \\ &+ \frac{2}{3} * a_d * b * \rho_m * \pi^2 * n^2 * (r_{1d}^3 - r^3) = \\ &= \frac{2}{3} * 3 * 0.01 * 7900 * 3.14^2 * 1.25^2 * (0.058^3 - 0.008^3) + \\ &+ \frac{2}{3} * 3 * 0.01 * 7900 * 3.14^2 * 1.25^2 * (0.085^3 - 0.008^3) + \\ &+ \frac{2}{3} * 3 * 0.01 * 7900 * 3.14^2 * 1.25^2 * (0.115^3 - 0.008^3) = \\ &= 8 + 17.4 + 32 = 57.4 \frac{\text{Дж}}{\text{об}}; \end{aligned}$$

3. Робота на нагрівання маси опари і металічних елементів ЗМПД, які з нею контактують:

$$\begin{aligned}
 A_3 &= 124 * a_k * \mu * n * \left(\frac{r_{1k}^4 - r^4}{S} + \frac{2r_{1k}^3 * b}{w_k} \right) + \\
 &+ 124 * a_c * \mu * n * \left(\frac{r_{1c}^4 - r^4}{S} + \frac{2r_{1c}^3 * b}{w_c} \right) + \\
 &+ 124 * a_d * \mu * n * \left(\frac{r_{1d}^4 - r^4}{S} + \frac{2r_{1d}^3 * b}{w_d} \right) = \\
 &= 124 * 3 * 10 * 1.25 * \left(\frac{0.058^4 - 0.008^4}{0.032} + \frac{2 * 0.058^3 * 0.01}{0.062} \right) + \\
 &+ 124 * 3 * 10 * 1.25 * \left(\frac{0.085^4 - 0.008^4}{0.032} + \frac{2 * 0.085^3 * 0.01}{0.035} \right) + \\
 &+ 124 * 3 * 10 * 1.25 * \left(\frac{0.115^4 - 0.008^4}{0.032} + \frac{2 * 0.115^3 * 0.01}{0.005} \right) = 64.8 \frac{\text{Дж}}{\text{об}}.
 \end{aligned}$$

4. Робота на структурування маси тіста:

$$A_4 = 0.1 * A_1 = 0.1 * 228.6 = 22.86 \frac{\text{Дж}}{\text{об}}.$$

5. Сума всіх робіт – загальна робота:

$$A = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 = 228.6 + 57.4 + 64.8 + 22.86 = 374 \frac{\text{Дж}}{\text{об}}.$$

6. Питома робота:

$$A_{\text{пит}} = \frac{A * n * \tau}{m * 1000} = \frac{374 * 1.25 * 232}{12 * 1000} = 9 \frac{\text{Дж}}{\text{г}}.$$

Де $m = 12$ кг – маса тіста в діжі.

Розрахункова потужність електродвигуна для приводу ЗМПД визначається за формулою:

$$N_{\text{вд}} = \frac{N_{\text{мв}} * Z}{\eta}, \text{ кВт}$$

де $N_{\text{МВ}}$ – потужність, що витрачається на рух ПРО;

z – кількість лопатей, $z = 1$;

η – ККД приводу:

Виберемо частоту обертання ПРО:

$$n_{\text{МВ}} = 75 \text{ (об/хв)}$$

Кутова швидкість руху ПРО:

$$\omega_{\text{МВ}} = \frac{\pi * n_{\text{МВ}}}{30}; \omega_{\text{МВ}} = 7.85 \text{ (рад/хв)}$$

Необхідну потужність на замішування опари знайдемо за формулою:

$$N_{\text{МВ}} = \frac{M_{\text{МВ}} * \omega_{\text{МВ}} * K_a}{1000}$$

де $K_a = 1.5$ – коефіцієнт запасу потужності;

$M_{\text{МВ}} = P * R_b$ – момент сили, необхідний на заміс, Нм;

$R_b = 0.115$ (м) – радіус вертикальної осі місильного вала;

$P = p * F$ – сила опору продукту при замісі, Н;

$F = 0.0415$ (м²) – площа вимішуючої ділянки місильного вала;

$p = 33000$ (Н/м²) – питоме зусилля замісу;

Сила опору опари при замішуванні:

$$P = p * F; P = 1.37 * 10^3;$$

Момент сили, необхідний на заміс опари:

$$M_{\text{МВ}} = P * R_b; M_{\text{МВ}} = 157.55 \text{ (Нм)};$$

Необхідна потужність на заміс опари:

$$N_{\text{МВ}} = \frac{M_{\text{МВ}} * \omega_{\text{МВ}} * K_a}{1000}; N_{\text{МВ}} = 1.86 \text{ (кВт)};$$

ККД приводу визначається з формули:

$$\eta = \eta_1 * \eta_2 * \eta_3$$

де $\eta_1 = 0.96$ – клинопасові передачі;

$\eta_2 = 0.975$ – ККД зубчастої передачі в закритому корпусі машини;

$\eta_3 = 0.9975$ – ККД на тертя в опорах вала.

$$\eta = 0.96 * 0.975 * 0.9975 = 0.93366;$$

$$N_{\text{вд}} = \frac{1.86 \cdot 1}{0.93366} = 1.99 \text{ кВт};$$

Вибираємо найближчий до необхідної потужності двигун 4A112MA8У3 потужністю 2.2 кВт, частота обертання $n = 750 \text{ хв}^{-1}$;

Кінематичний розрахунок:

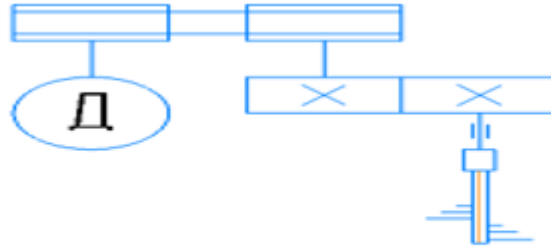


Рис. 3.2. Кінематична схема змішувача періодичної дії.

Передаточне число привода визначається за формулою[2]:

$$i = \frac{\omega_{\text{дв}}}{\omega_{\text{мв}}};$$

де $\omega_{\text{дв}}$ – частота обертання вала двигуна;

$\omega_{\text{мв}}$ – частота обертання ПРО.

$$i = \frac{750}{75} = 10;$$

Передаточне число клинопасової передачі[2]:

$$u_{\text{кп}} = \frac{D}{d} = \frac{150}{30} = 5;$$

Передаточне число циліндричної зубчастої передачі[2]:

$$u_{\text{зп}} = \frac{i}{u_{\text{кп}}} = \frac{10}{5} = 2;$$

3.4. Розрахунок редуктора ЗМПД

Розрахунок пасової передачі: Для знаходження сил, які діють на вал потрібно визначити навантаження з боку веденого шківів.

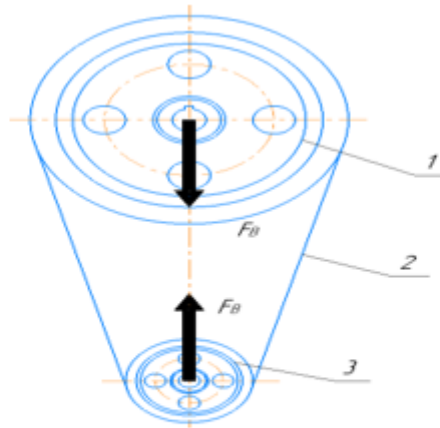


Рис. 3.3. Клинопасова передача: 1 – ведений шків, 2 – клинопасовий пас, 3 – ведучий шків.

Навантаження, що діє на вали розраховується за формулою [2], Н:

$$F_B = 2 \cdot F_0 \cdot z \cdot \sin \frac{\alpha_1}{2}$$

де F_0 – попереднє напруження віток клинового пасу, Н;

z – число пасів;

α_1 – кут обхвату малого шківа.

$$F_0 = \frac{850 \cdot P \cdot C_p \cdot C_L}{z \cdot v \cdot C_\alpha} + \theta \cdot v^2$$

де P – потужність, яка передається через пасовий механізм, кВт;

v – швидкість руху в м/с;

θ – коефіцієнт, який враховує відцентрові сили, $(\text{Н} \cdot \text{с}^2)/\text{м}^2$; із табличних даних $\theta = 0.1$ для пасу перерізом А.

$C_p = 1.2$ – коефіцієнт режиму роботи;

$C_L = 1.08$ – коефіцієнт, який враховує довжину паса;

$C_\alpha = 0.96$ – коефіцієнт кута обхвату.

Потрібна для передачі розрахованої потужності кількість клинопасів[2]:

$$z = \frac{P \cdot C_p}{P_0 \cdot C_L \cdot C_\alpha \cdot C_Z}$$

де $P_0 = 1.08\text{кВт}$ – допустима потужність, яку може передати один пас;

$C_Z = 0.85$ – коефіцієнт, який враховує кількість пасів в редукторі.

$$z = \frac{2.2 \cdot 1.2}{1.08 \cdot 1.08 \cdot 0.96 \cdot 0.85} = 3$$

Приймаємо $z = 3$.

Швидкість руху v :

$$v = 0.5 \cdot d_1 \cdot \omega_1 = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n_1}{60} = \frac{3.14 \cdot 0.03 \cdot 750}{60} = 1.1775 \text{ м/с}$$

Кут обхвату малого шківa

$$\alpha = 180 - 60 \frac{d_2 - d_1}{a} = 180 - 60 \frac{150 - 30}{900} = 172$$

Напруження віток паса.

$$F_0 = \frac{850 \cdot 2.2 \cdot 1.2 \cdot 1.08}{3 \cdot 1.1775 \cdot 0.96} + 0.1 \cdot (4.6)^2 = 717$$

Навантаження, яке діє на вали

$$F_B = 2 \cdot 717 \cdot 3 \cdot \sin \frac{172}{2} = 3973 \text{ Н} \approx 4 \text{ кН}$$

Розрахунок зубчастої передачі:

Передаточне число циліндричної передачі

$$u = \frac{z_2}{z_1} = \frac{w_1}{w_2} = \frac{n_1}{n_2} = 2$$

Міжосьова відстань

$$a_w = \frac{d_{cp1} + d_{cp2}}{2} = \frac{40 + 80}{2} = 60 \text{ мм}$$

Модуль зачеплення зубів

$$m = a_w (0.01 \div 0.02) = 0.6 \div 1.2 \text{ мм}$$

Округляємо до $m = 1.5 \text{ мм}$

Загальна кількість зубів

$$z_{\Sigma} = \frac{2 \cdot a_w}{m_t} = \frac{2 \cdot 60}{1.5} = 80$$

Розраховуємо кількість зубів вала-шестерні 2 і зубчатого колеса 1.

$$z_1 = \frac{z_{\Sigma}}{u + 1} = \frac{80}{2 + 1} = 26$$

$$z_2 = z_{\Sigma} - z_1 = 80 - 26 = 54$$

Уточняємо міжосьову віддаль

$$a_w = 0.5(z_1 + z_2) \cdot m_t = 60 \text{ мм}$$

Визначаємо діаметр вала-шестерні 2 і зубчатого колеса 1

$$d_1 = m \cdot z_1 = 1.5 \cdot 26 = 39 \text{ мм}$$

$$d_2 = m \cdot z_2 = 1.5 \cdot 54 = 81 \text{ мм}$$

Діаметр окружності верхньої частини зубів

$$d_{a1} = d_1 + 2 \cdot m = 43 \text{ мм}$$

$$d_{a2} = d_2 + 2 \cdot m = 84 \text{ мм}$$

Діаметр окружності заглиблень зубів

$$d_{f1} = d_1 - 2.5 \cdot m = 39 - 3.75 = 35.25 \text{ мм}$$

$$d_{f2} = d_2 - 2.5 \cdot m = 81 - 3.75 = 77.25 \text{ мм}$$

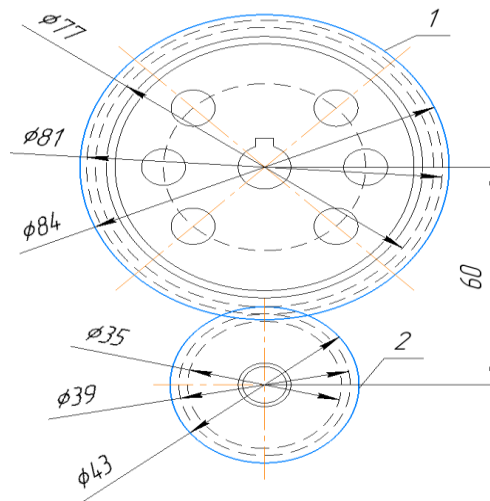


Рис. 3.4. Зубчаста циліндрична передача ЗМ:

1 – зубчасте колесо, 2 – вал шестерня.

3.5. Силовий, конструктивний та розрахунок на міцність вал-шестерні вузла приводу ЗМПД

Силовий розрахунок

В процесі роботи вали редукторів витримують деформацію від дії зовнішніх навантажень, власних мас валів та деталей закріплених на них. Але в звичайних механізмах редукторів, які розробляють в більшості проектів, маси валів та розташованих на них деталей, порівняно малі, тому їх впливом в звичайних випадках нехтують, обмежуючись аналізом і врахуванням зовнішніх навантажень, які виникають в під час роботи. Схема розрахунку навантажень, які направлені на вал-шестерню в зубчастому зачепленні представлені на рисунку 3.5.

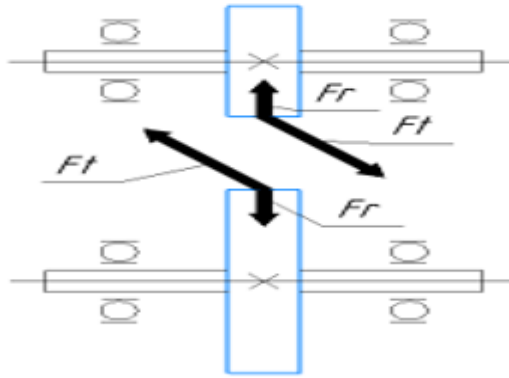


Рис. 3.5. Схема прикладання сил в зубчастому зачепленні.

В прямозубій циліндричній передачі сила, що діє в зачепленні однієї пари зубів розділяють на дві взаємно-перпендикулярні складові[2]:

- окружну силу

$$F_t = \frac{P}{v}$$

та радіальну силу

$$F_r = F_t \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

Тут F_t і F_r – в Н; P – потужність, що передається, Вт; v – кругова швидкість, м/с; α – кут зачеплення.

Кругову швидкість визначимо за формулою:

$$v = \frac{\pi d_2 n_2}{60}$$

Частоту обертання шестерні знайдемо із відношення:

$$\frac{d_2}{d_1} = \frac{n_1}{n_2}$$

Звідси $n_2 = \frac{30 \cdot 750}{150} = 150$ об/хв.

Для шестерні, яка розташована на валу приводу.

$$v = \frac{3.14 \cdot 0.043 \cdot 150}{60} = 0.34 \text{ м/с}$$

$$F_t = \frac{2.2 \cdot 1000}{0.34} = 6470 \text{ Н}$$

$$F_r = 6470 \cdot \operatorname{tg} 20 = 14475 \text{ Н}$$

Для шківів, який розташований на валу приводу.

$$v_{\text{ш}} = \frac{3.14 \cdot 0.15 \cdot 150}{60} = 1.1775 \text{ м/с}$$

$$F_{tш} = \frac{2.2 \cdot 1000}{1.1775} = 1868 \text{ Н}$$

$$F_{rш} = 1868 \cdot \operatorname{tg}20 = 4179 \text{ Н}$$

Визначимо реакції опор валу приводу[2]

В площині xz

$$R_{t1} = \frac{1}{338} (F_t \cdot 92.5 + F_{tш} \cdot 207.5) = 2917 \text{ Н}$$

$$R_{t2} = \frac{1}{338} (F_t \cdot 245.5 + F_{tш} \cdot 130.5) = 5421 \text{ Н}$$

Перевіряємо

$$R_{t1} + R_{t2} = F_t + F_{tш}$$

$$2917 + 5421 = 6470 + 1868$$

$$8339 = 8338$$

В площині yz

$$R_{r1} = \frac{1}{338} (F_{rш} \cdot 207.5 + F_r \cdot 92.5) = 6527 \text{ Н}$$

$$R_{r2} = \frac{1}{338} (F_{rш} \cdot 130.5 + F_r \cdot 245.5) = 12127 \text{ Н}$$

Зробимо перевірку

$$R_{r1} + R_{r2} = F_{rш} + F_r$$

$$6527 + 12127 = 4179 + 14475$$

$$18654 = 18654$$

Реакції опор

$$P_1 = \sqrt{R_{t1}^2 + R_{r1}^2} = 7149 \text{ Н}$$

$$P_2 = \sqrt{R_{t2}^2 + R_{r2}^2} = 13283 \text{ Н}$$

Розрахункова схема ведучого валу представлена на рисунку 3.6.

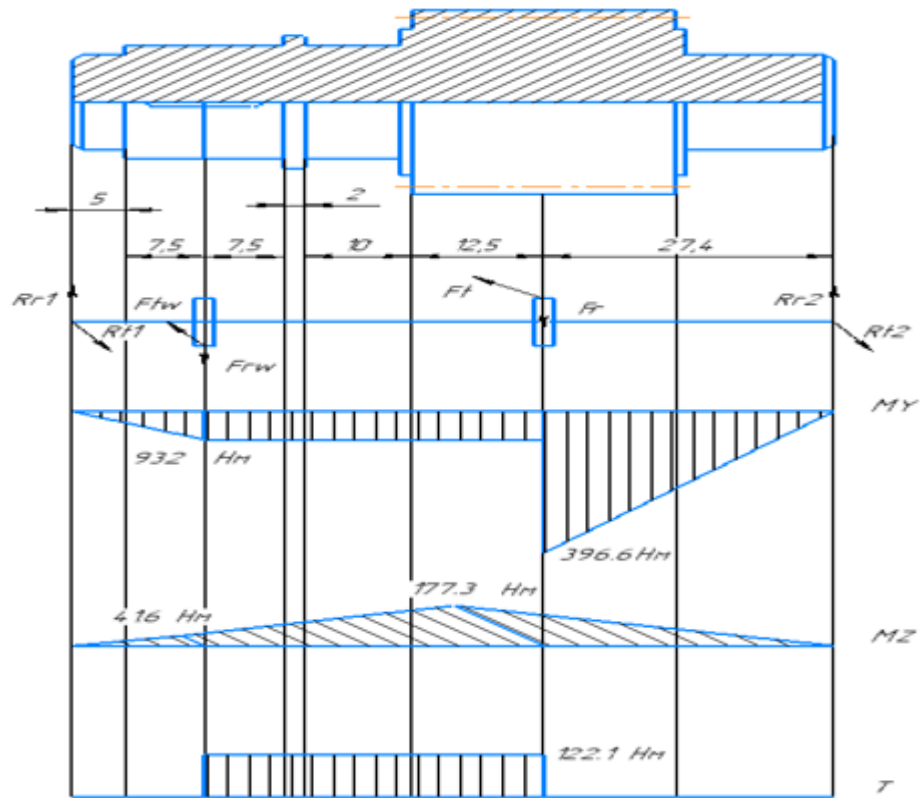


Рис. 3.6. Розрахункова схема вал-шестерні.

Конструктивний розрахунок

Проектування валу розпочинають з визначення діаметра вихідного кінця з розрахунку на кручення при зниженому допустимому напруженні без врахування згинальних сил[2].

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16T}{\pi[\tau_k]}}$$

де T – крутний момент, Н · мм;

$[\tau_k]$ – допустиме напруження на кручення; для валу із сталі 12X18H9T приймають значення $[\tau_k] = 132$ МПа (Н/мм²).

Крутний момент

$$T = F_t \cdot \frac{d}{2} = 6.470 \cdot \frac{39}{2} = 126.2 \text{ кН} \cdot \text{мм}$$

Звідси

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 126.2}{3.14 \cdot 132}} = 17 \text{ мм}$$

Отриманий результат заокругляємо до ближчого та більшого значення із звичайного ряду $d = 20$ мм [2].

Розрахунок на міцність

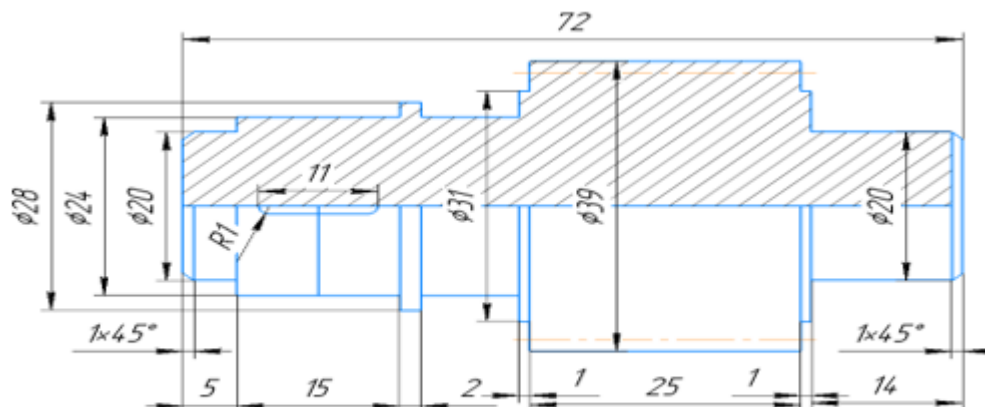


Рис. 3.7. Конструкція вал-шестерні.

Після креслення конструкції валу-шестерні, встановлення головних розмірів, уточняєм перевіірочні розрахунки, які базуються на визначенні коефіцієнту запасу міцності s в небезпечних перерізах[2]:

$$s = \frac{s_\sigma s_\tau}{\sqrt{s_\sigma^2 + s_\tau^2}}$$

Розрахункове значення не має бути менше ніж допустиме $[s] = 2.5$.

s_σ – коефіцієнт запасу міцності для нормальних напружень.

$$s_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{k_\sigma}{\varepsilon_\sigma \beta} \sigma_v + \psi_\sigma \sigma_m}$$

де $\sigma_{-1} = 0.43 \sigma_B = 250 \text{ МПа}$ – границя витривалості сталі при симетричному згинанні;

$k_\sigma = 1.85$ – ефективний коефіцієнт концентрації нормальних напружень;

$\varepsilon_\sigma = 0.85$ – масштабний фактор для нормальних напружень;

$\beta = 0.95$ – коефіцієнт, що враховує шорсткість поверхні;

$\sigma_v = 87 \text{ МПа}$ – амплітуда циклу нормальних напружень, що рівна найбільшому напруженню згину в розглянутому перерізі;

σ_m – середнє напруження циклу нормальних напружень, якщо осьове навантаження F_a на валу достатньо низьке, тоді $\sigma_m = 0$.

$$s_{\sigma} = \frac{250}{\frac{1.85 \cdot 87}{0.85 \cdot 0.95} + 0} = 2.87$$

s_{τ} – коефіцієнт запасу міцності по дотичним напруженням,

$$s_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{\frac{k_{\tau}}{\varepsilon_{\tau} \beta} \tau_v + \psi_{\tau} \tau_m}$$

де $\tau_{-1} = 0.58$ і $\sigma_{-1} = 145$ МПа – границя витривалості при симетричному циклі кручення; інші позначення в формулі мають те ж значення, яке і в минулій формулі, з різницею в тому, що їх відносять до крутних напружень. Значення $\varepsilon_{\tau} = 0.77$; $k_{\tau} = 1.53$; $\tau_v = \tau_m = 0.5 * T/W_k = 8.1793$; $\psi_{\tau} = 0.1$;

$$s_{\tau} = \frac{145}{\frac{1.53 \cdot 8.1793}{0.77 \cdot 0.95} + 0.1 \cdot 8.1793} = 8.09$$

$$s = \frac{2.87 \cdot 8.09}{\sqrt{2.87^2 - 8.09^2}} = 2.7$$

Звідси $[s] \leq s$, умова виконується.

3.6. Розрахунок шпонкового з'єднання

Для з'єднання вала з деталями, що передбачають обертовий рух використовують призматичні шпонки із сталі, що має $\sigma_B \geq 600$ МПа. Схема шпонкового з'єднання зображена на рисунку 3.8.

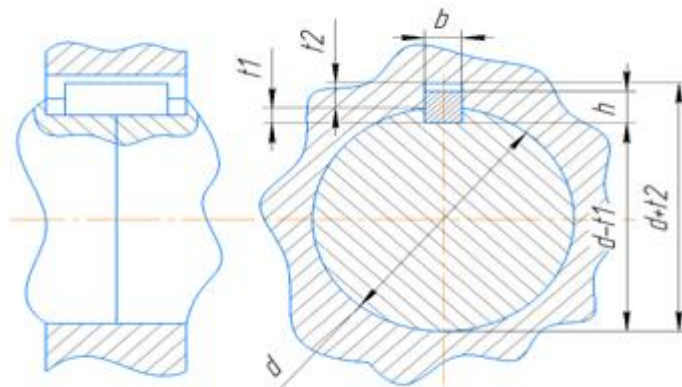


Рис. 3.8. Схема шпонкового з'єднання.

Напруження зминання вузьких граней шпонки не повинне перевищувати допустимого, тобто має виконуватися умова[2]

$$\sigma_{\text{зм}} = \frac{2 \cdot T}{d \cdot l_p \cdot (h - t_1)} \leq [\sigma]_{\text{зм}}$$

де $h = 12$ мм – висота шпонки;

$l_p = l - b = 11 - 2 = 9$ мм – робоча довжина шпонки;

$t_1 = 4$ мм, $d = 28$ мм.

$$\sigma_{\text{зм}} = \frac{2 \cdot 126000}{28 \cdot 9 \cdot (12 - 4)} = 125 \text{ МПа}$$

Умова $\sigma_{\text{зм}} \leq [\sigma]_{\text{зм}}$ виконується.

3.7. Підбір підшипників та розрахунок їх довговічності

При проведенні силового розрахунку вала були розраховані реакції опори $P_1=7149$ Н і $P_2=13283$ Н. Підберемо підшипники за найбільш навантаженою опорою 2.

Вибираємо підшипник роликовий конічний однорядний (рис. 3.9) 7605 [ГОСТ 333-79]: $d = 25$ мм, $D = 62$ мм, $T = 25.25$ мм, $B = 24$ мм, $C = 21$ мм, $r = 2$ мм, $C = 47.5$ кН, $C_0 = 36$ кН.

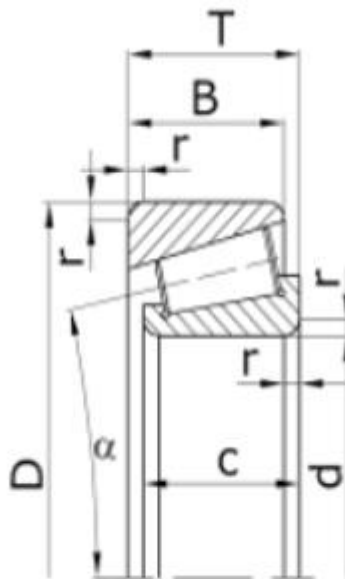


Рис. 3.9. Підшипник роликовий конічний однорядний

Еквівалентне навантаження буде визначатися по формулі [10]

$$P_e = (X \cdot V \cdot P_{r1} + Y \cdot P_a) \cdot K_6 K_T$$

Оскільки $\frac{F_a}{V \cdot F_r} > e$, то

$$P_{\epsilon} = V \cdot F_{r2} \cdot K_6 K_T$$

де V – коефіцієнт, що при обертанні внутрішнього кільця $V=1$;

F_r – радіальне навантаження;

$K_6=1.1$;

$K_T=1$.

$$P_{\epsilon} = 13283 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1.1 = 14611 \text{ Н}$$

Розрахункова довговічність[10], млн. об

$$L = \left(\frac{C}{P_{\epsilon}}\right)^{\frac{10}{3}} = \left(\frac{47.5}{14.6}\right)^{\frac{10}{3}} = 51 \text{ млн. об.}$$

Розрахункова довговічність[10], год

$$L_h = \frac{L \cdot 10^6}{60 \cdot n} = \frac{51 \cdot 10^6}{60 \cdot 75} = 12142 \cdot 10^3 \text{ год}$$

Необхідний ресурс підшипників 11732 год, що є меншим 12142 год, умова виконується.

4. Комп'ютерне моделювання робочого органу змішувача компонентів періодичної дії.

4.1. Динаміка руху змішуваних компонентів

Створюємо 3Д модель діжі (Рис. 4.1) ЗМПД в SolidWorks для дослідження потоку опари в робочій камері під час процесу замісу тіста розробленим ПРО та виміру впливу потоку на ПРО.

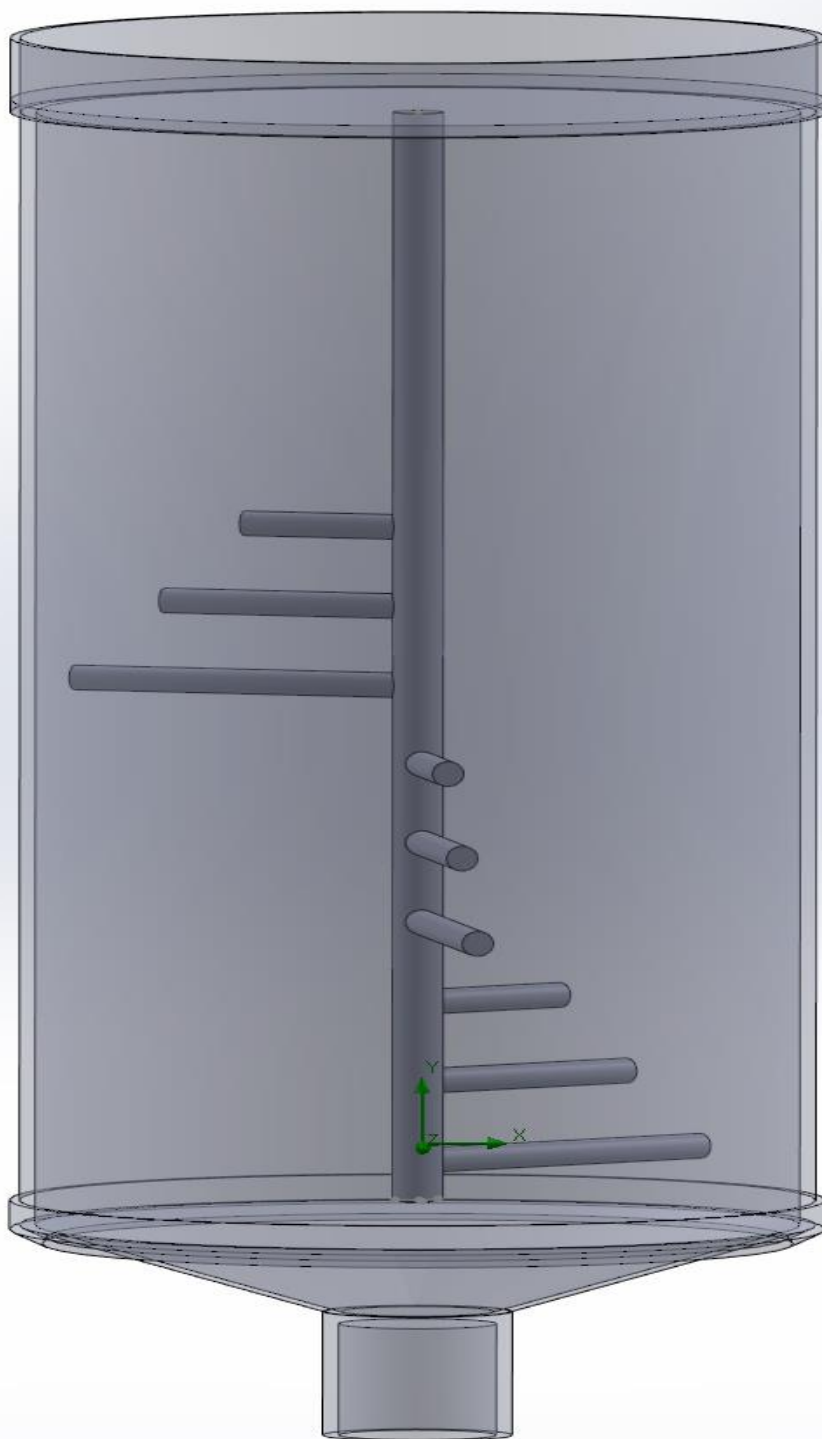


Рис. 4.1. 3Д модель діжі ЗМПД із встановленим ПРО.

Розраховуємо потік замішування тіста (Рис. 4.2) ПРО ЗМПД за допомогою пакету програми SolidWorks Flow Simulation. Для цього створюємо новий дослід з необхідними параметрами, додаємо в базу програми нову неньютонівську рідину «dough» та задаємо їй потрібні для моделювання процесу замісу характеристики тіста. Тісто на початку моделювання займає близько 50% об'єму діжі, іншу частину об'єму займає повітря.

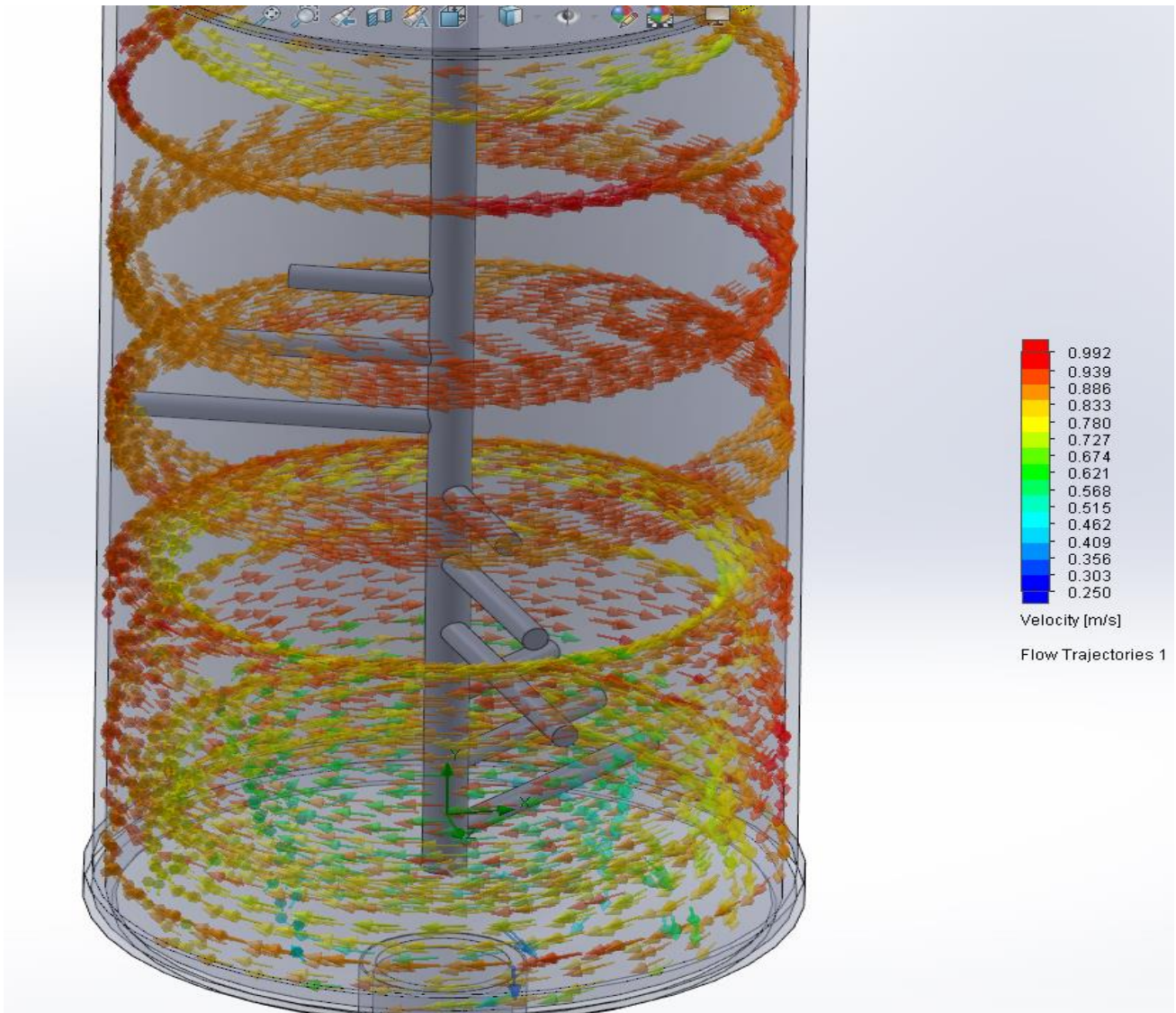


Рис. 4.2. Потік замішування густої опари в робочій камері.

В верхній частині робочої камери задаємо тиск середовища в 1 атмосферу. Задаємо параметри обертання ПРО, які були розраховані в минулих розділах роботи. Задаємо необхідні «цілі» для їх розрахунку в дослідженні. Створюємо сітку для робочої камери використовуючи авто-генерацію з розміром комірок 3. В параметрах моделювання задаємо час замісу 600с та вибираємо додаткові

«цілі», значення яких потрібно вивести в числовому(графічному та ін.) вигляді. Запускаємо моделювання.

Після замішування густої опари, її густина зменшилася більше ніж в половину, а маса тіста в кінці замісу займала більшу частину робочої камери. Результати моделювання показано на Рис. 4.2. – 4.7.

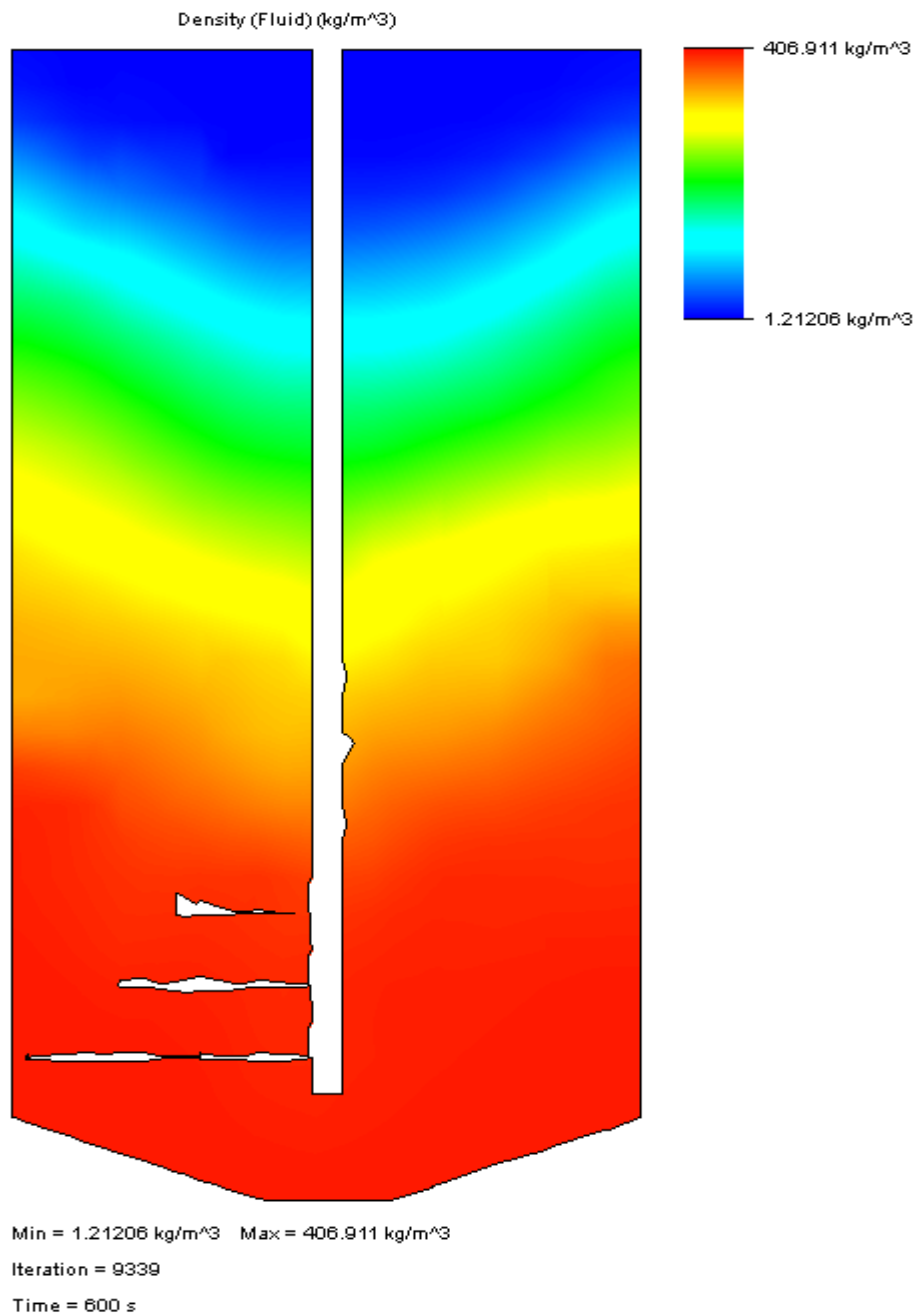


Рис. 4.3. Густина опари (кг/м³) в робочій камері.

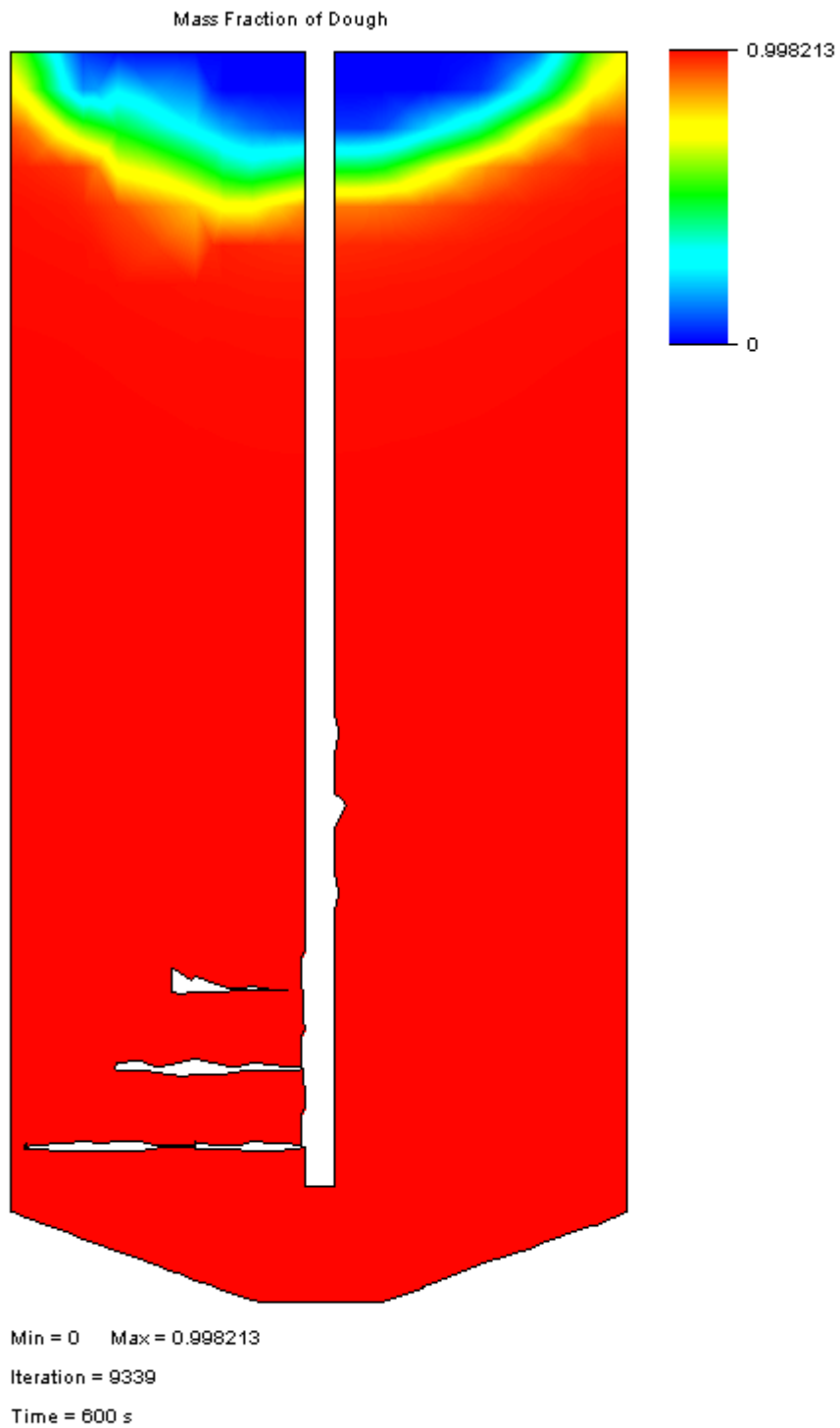


Рис. 4.4. Масова частка густої опари в робочій камері.

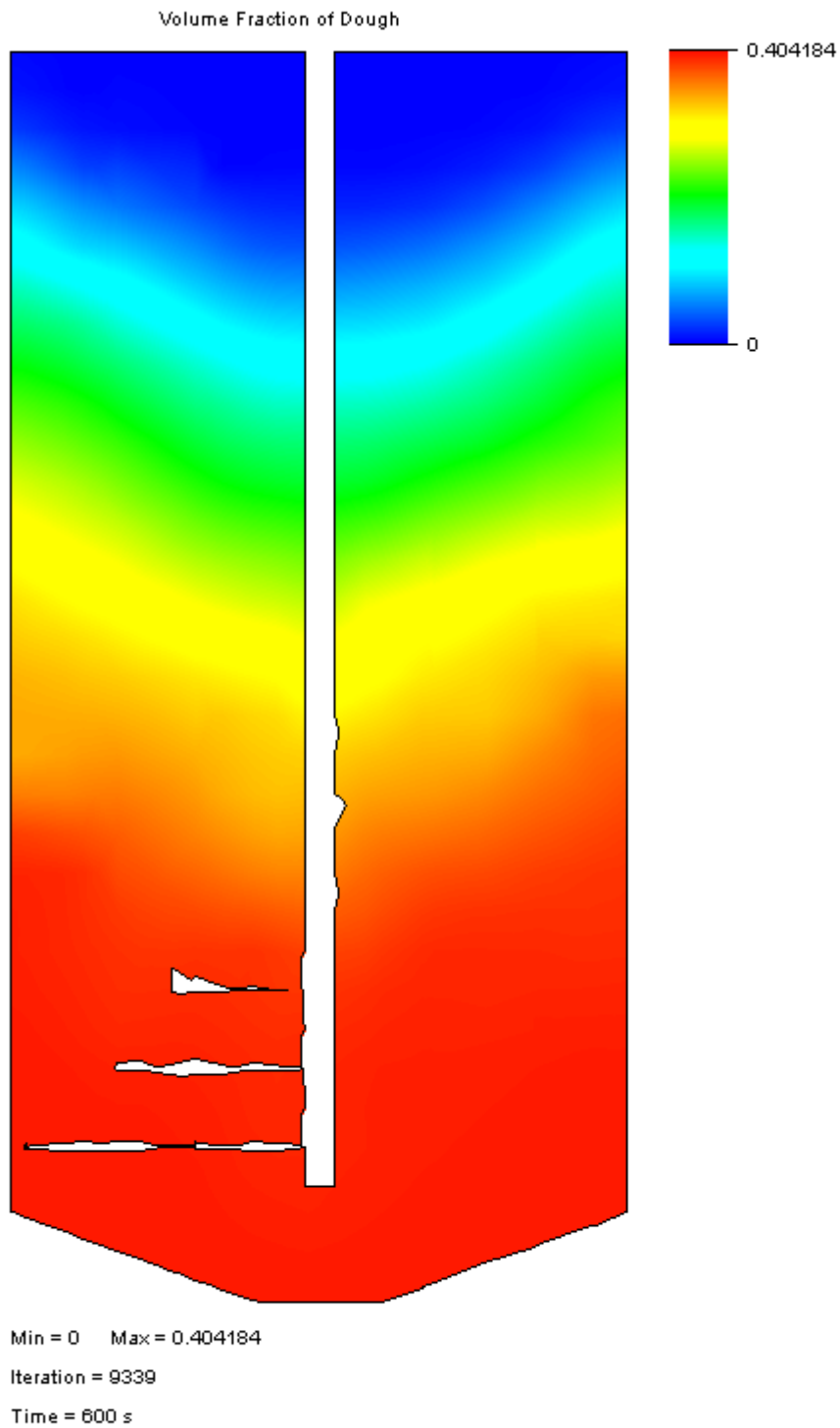


Рис. 4.5. Об'ємна частка густої опари в робочій камері.

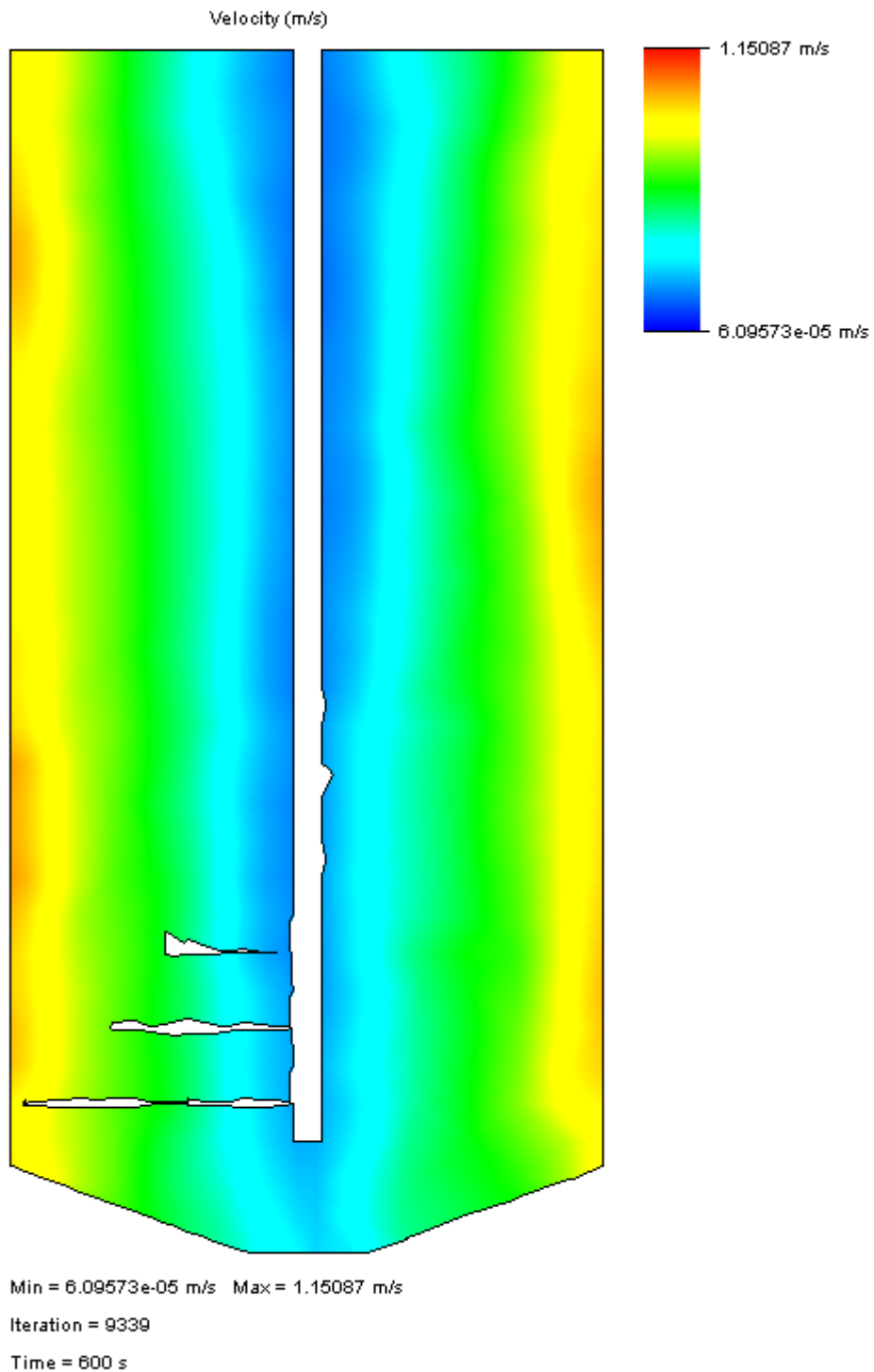


Рис. 4.6. Швидкість руху середовища (м/с) робочої камері.

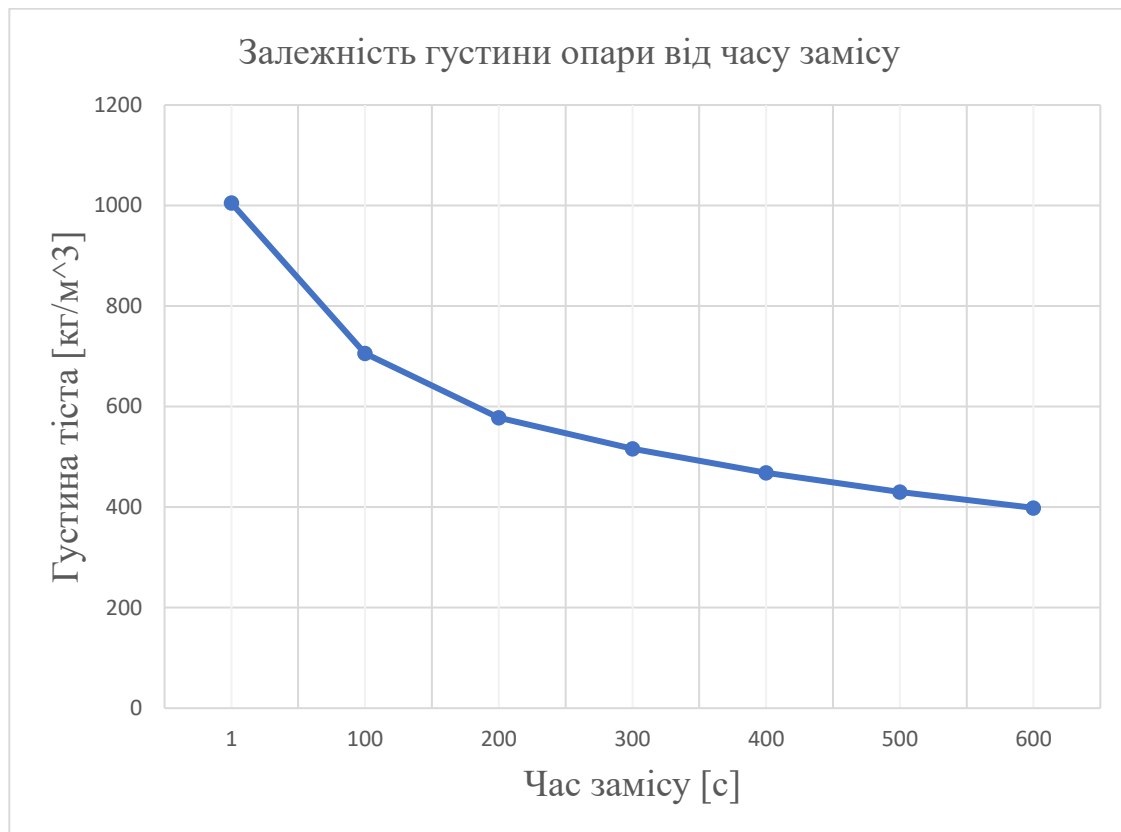


Рис. 4.7. Залежність густини опари від часу замісу.

Після закінчення процесу моделювання потоку замішування густої опари, конвертуємо результати моделювання з Flow Simulation в Simulation.

4.2. Вплив різних навантажень на робочий орган

В пакеті програми SolidWorks Simulation створюємо дослід статичних навантажень, використовуючи результати з Flow Simulation моделюємо навантаження потоку замішування густої опари на ПРО для дослідження поведінки ПРО в процесі змішування компонентів. Перед початком моделювання виконуємо наступні кроки:

Закріплюємо ПРО ЗМПД використовуючи жорстку фіксацію стержня у його верхній частині:

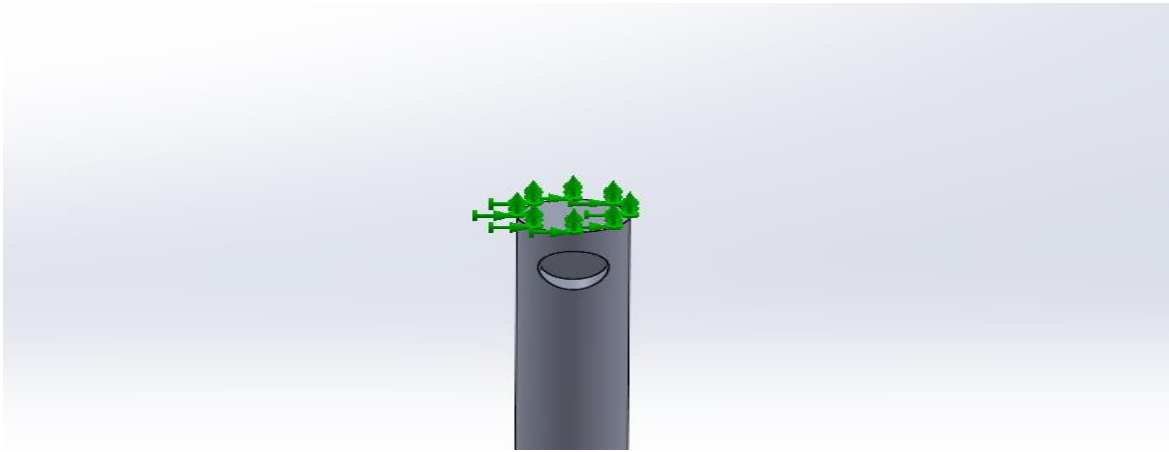


Рис. 4.8. Схема закріплення лопаті змішувача періодичної дії до основи.

Після задання способу фіксації і перенесення навантажень потоку, виконуємо побудову розрахункової сітки для ПРО. Для цього використовуємо автоматичну генерацію з максимальним значенням густоти сітки. Після побудови сітки виконуємо розрахунки результати яких представлені на рис. 4.10. – 4.12.

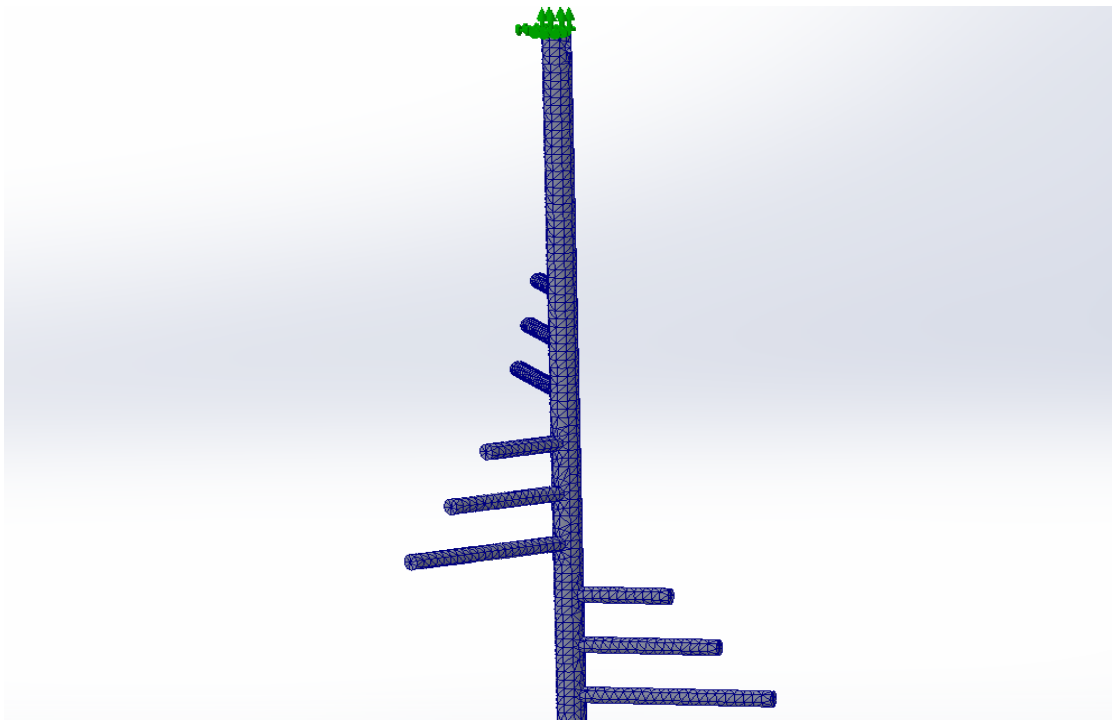


Рис. 4.9. Схема розрахункової сітки лопаті змішувача періодичної дії.

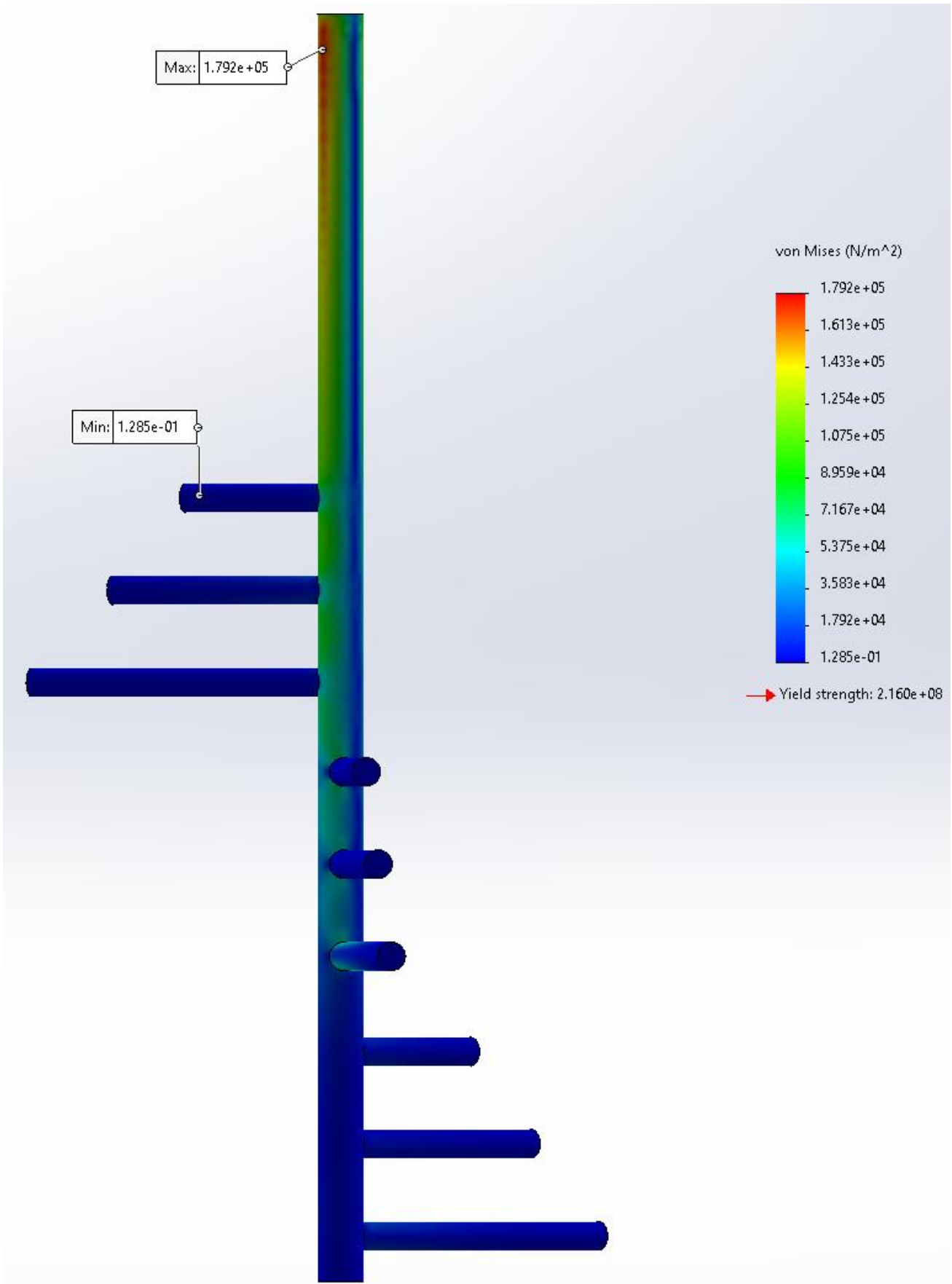


Рис. 4.10. Результати розрахунку максимальних напружень згідно фон Мізеса.

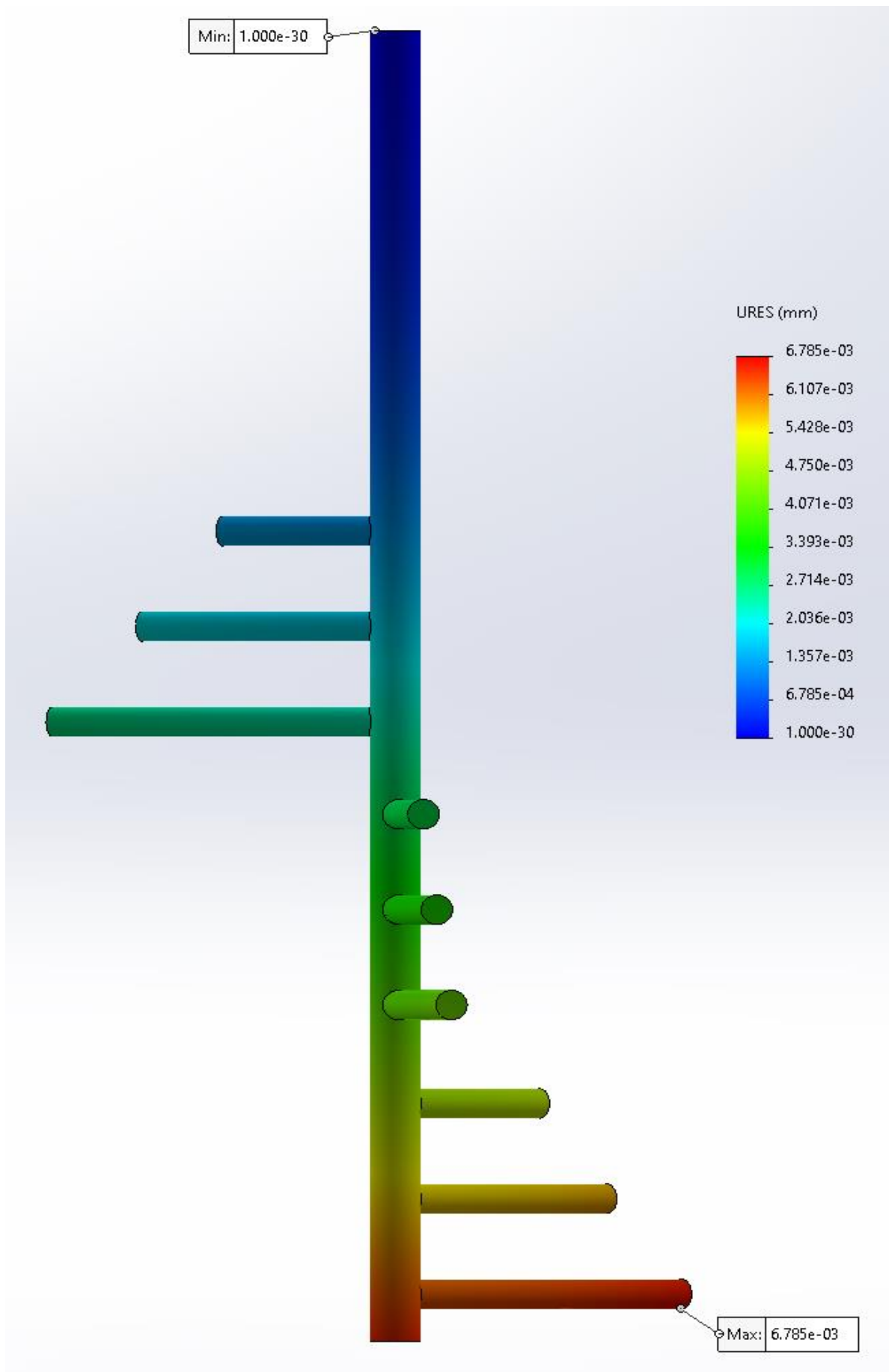


Рис. 4.11. Результати розрахунку максимальних деформацій.

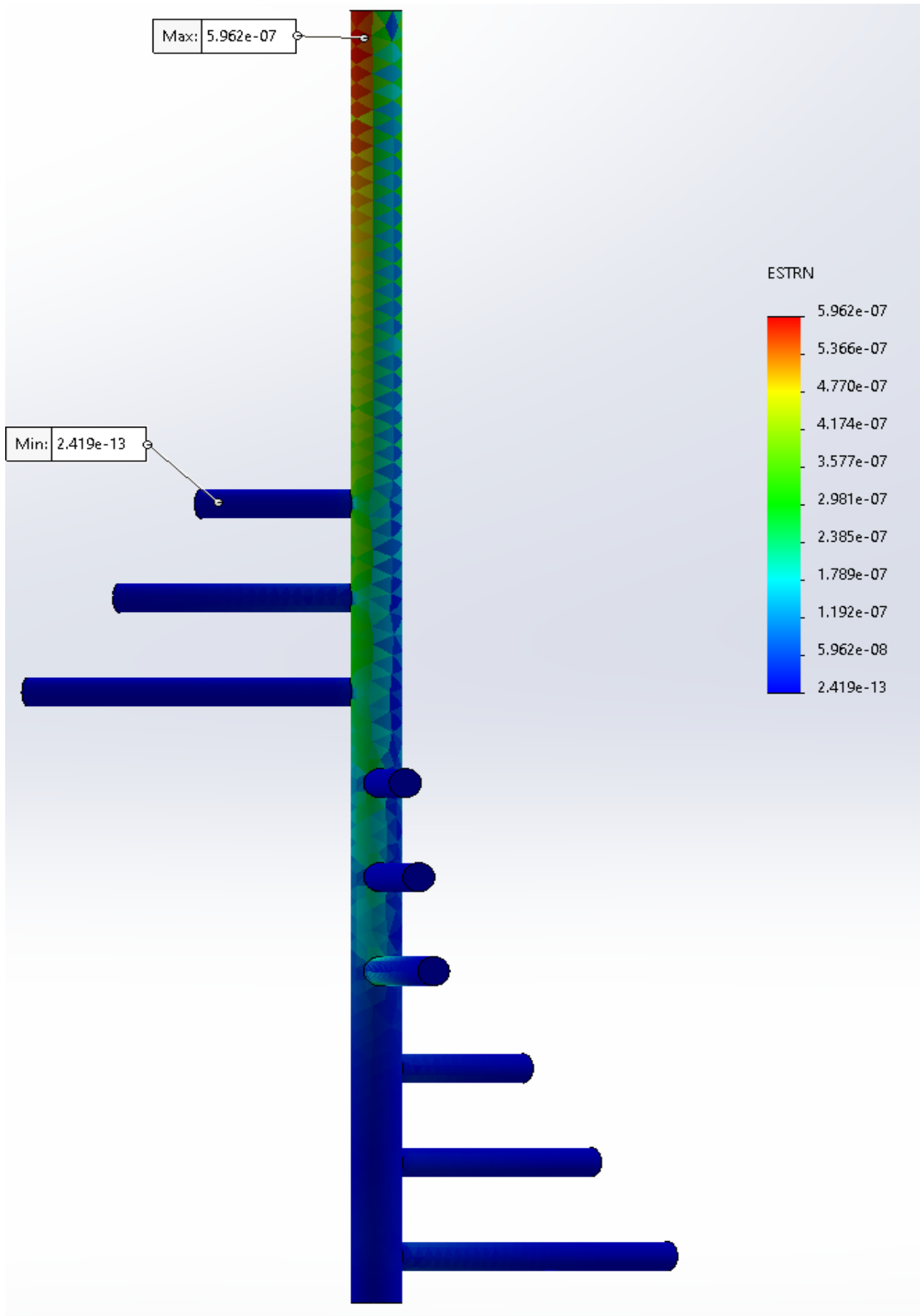


Рис. 4.12. Результати розрахунку статичних деформацій.

За результатами обчислень напруження за фон Мізесом складає $1,307E+05$ Н/м² при межі текучості $1.960E+08$ Н/м². Переміщення під навантаженням нижньої частини ПРО складало $4.659E-03$ мм, а залишкові деформації ПРО $4.358E-07$ мм.

4.3. Обґрунтування результатів експерименту

Для проведення порівняльної характеристики технологічних показників приготування тіста запропонованим способом з показниками традиційної (існуючої) технології, реалізували експериментальні дослідження. Визначення показників якості приготовленого тіста проводили згідно з порядком і методикою. Результати визначених показників якості приготовленого тіста подано в табл. 4.1.

Згідно з табл. 4.1 побудовано діаграми, які характеризують залежність зміни показників якості приготованого тіста. При цьому, на рис. 4.13 наведено діаграму залежності газоутворюючої здатності, на рис. 4.14 наведено діаграму залежності підйимальної сили. Таким чином, вже на 15 хвилин бродіння приготованої рідкої опари ця різниця складала 48 мл CO_2 на 100 г опари, а через 25 хвилин бродіння ця різниця вже становила 86 мл CO_2 на 100 г опари. Аналіз рис. 4.14 також показує, що підйимальна сила залежно від часу бродіння приготовленого тіста і є найбільшою порівнянно з існуючим.

Таблиця 4.1

Зведені дані показників якості

Варіант приготування тіста	Час бродіння тіста, хв					
	0	10	15	20	25	30
шан спосіб контроль	Газоутворююча здатність, мл CO_2 на 100 г					
	0	40	115	255	358	432
шан спосіб контроль	Підйимальна сила, Н					
	17	18	22	38	48	64
	19	21	24	34	45	60

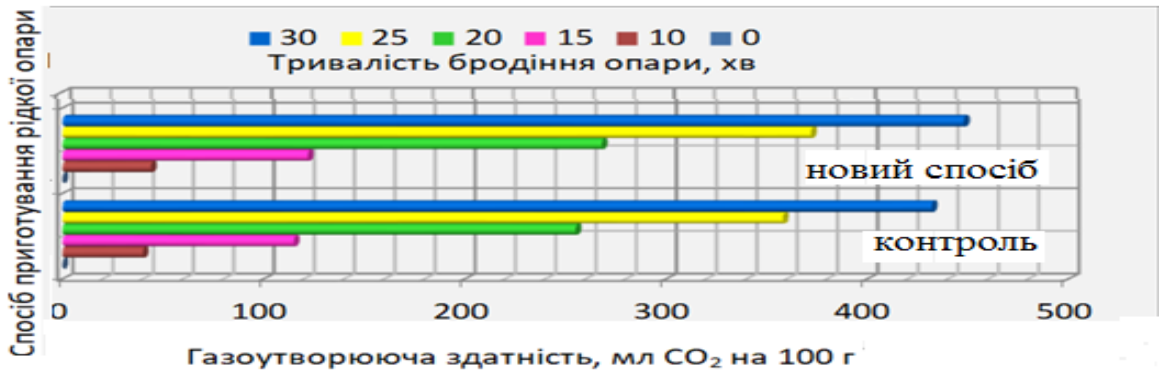


Рис. 4.13. – Діаграма залежності газоутворюючої здатності від часу бродіння тіста.

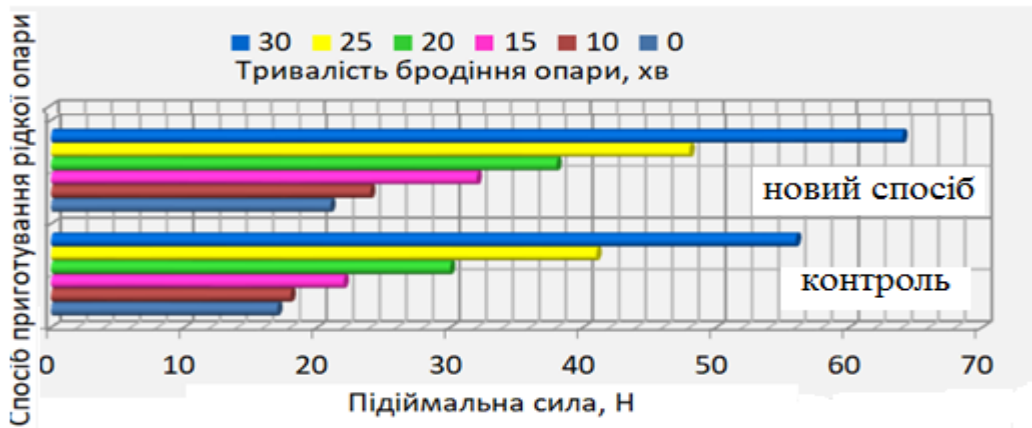


Рис. 4.14. – Діаграма залежності підйимальної сили від часу бродіння



Рис. 4.15. Структура густої опари під мікроскопом.

5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

5.1. Захист підприємств харчової та переробної промисловості від радіоактивного забруднення

Протягом останніх років в Україні спостерігаються тенденції зростання ймовірності виникнення надзвичайних ситуацій різноманітного характеру. Такий розвиток подій, з точки зору становища з екологічної та техногенної безпеки обумовлюється наслідками антропогенного порушення і техногенної перевантаженості території держави, що становить загрозу національній безпеці України в економічній, соціальній та екологічних сферах. На даний момент час збільшення масштабів і наслідків аварій, катастроф і стихійних лих ставить проблему запобігання їм або створення системи раціональної і превентивної безпеки та мінімізації наслідків цих небезпечних подій, як найбільш актуальну.

Запобігання виникненню надзвичайних ситуацій різноманітного характеру, своєчасне реагування на їх виникнення, ретельна організація і ефективне здійснення заходів з ліквідації їх наслідків є одним з основних пріоритетів у діяльності Кабінету Міністрів України, центральних та місцевих органів виконавчої влади. На сучасному етапі розвитку суспільства метою державної політики у сфері цивільного захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій є забезпечення гарантованого рівня безпеки особистості, суспільства і держави в межах науково обґрунтованих критеріїв прийнятого ризику.

В умовах виникнення надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру роботи об'єктів промислового комплексу у тому числі і підприємств харчової промисловості значно ускладнюються. Це обумовлено перш за все погіршенням техногенної обстановки, загостренням і порушенням економічних, соціальних та інших зв'язків, виникненням великого обсягу рятувальних та інших робіт, пов'язаних з ліквідацією наслідків надзвичайних ситуацій, появою постраждалих, які потребують медичної допомоги.

На сьогодні спостерігається еволюція методів захисту від реактивних до активних моделей, які передбачають значно більшу увагу прогнозуванню і попередженню.

Зазначені зміни зумовлені передусім такими факторами:

- Збільшення кількості руйнівних природних та техногенних катастроф, потребує нових засобів, методів, процедур і ресурсів;
- Розуміння того, що у більшості випадків ефективність цивільного захисту забезпечується не тільки підготовкою інфраструктури і відповідним плануванням її збереження та відновлення, але й оперативними та організаційними можливостями і з захисту населення;
- Появою нових технічних можливостей і наукових методик, які дозволяють аналізувати, передбачати і попереджувати небезпечні сценарії розвитку з точністю і достовірністю, яка була неможливою у недалекому минулому.

Захист харчових підприємств.

Заходи щодо захисту підприємств від радіаційного забруднення можна об'єднати у такі групи: організаційні, інженерно-технічні, захисту продуктів за допомогою тари, упаковки і покривельних матеріалів та санітарно-профілактичні.

До організаційних заходів слід віднести створення і підготовку лабораторій для проведення аналізів продуктів і сировини на зараженість РР; навчання об'єктових формувань, робітників та службовців підприємств засобами захисту сировини, продуктів та працюючих; на організацію контролю за проведенням усього комплексу заходів щодо захисту.

Інженерно-технічні заходи включаються герметизацію виробничих та складських приміщень, холодильників, встановлення фільтрів поглиначів на вентиляційних системах, протипилових фільтрів, кондиціонерів, герметизацію технологічного обладнання.

Найбільш ефективною для захисту продуктів від радіонуклідів (а також від отруйних речовин та бактеріологічних засобів) є герметична тара (упаковка), виготовлена із спеціальних матеріалів.

За своїми захисними властивостями тара поділяється на три категорії: вищу, I та II. Тара усіх цих категорій захищає продукти від зараження РР.

До тари вищої категорії відносяться жерстяні та скляні консервні банки, скляні пляшки із кронен-корками, металеві ємності за умови їх герметичного пакування, пакети тетрапак-асептик, фляги, цистерни молочні, які повинні мати справжнє ущільнення кришок харчовою гумою; крім того, чохла із прогумованої тканини на штуцери заповнення та звільнення відсіків, горлові кришки та повітряний клапан.

Тара I категорії - це ящики картонні із вкладнями з пергаменту та обклеєними швами, ящики дерев'яні із вкладнями з пергаменту, пакети з покриттям типу тетра-пак, фін-пак, туби алюмінієві та поліетиленові, комбіновані жерстяно-картонні банки, крафт-мішки багат шарові із поліетиленовими вкладнями і заклеєною горловиною та ін.

До тари II категорії відносяться плішки скляні широкогорлові, які закупорені компачками з фольги, щільні ящики, барабани фанерні та ін.

Інші види тари (у тому числі з покриття із фольги та обгорткового паперу, ящики дерев'яні, фанери, мішки тканинні, діжі з кришками) не захищаються від РР.

Таким чином, майже всі види тари та упаковки значною мірою захищають продукти й сировину від зараження радіонуклідами, проте зовнішня поверхня тари легко знезаражується (дезактивується).

Захист продуктів та сировини при транспортуванні забезпечується шляхом використання спеціалізованого транспорту. При перевезенні продуктів транспортом загального користування їх необхідно вкривати. Заражений транспорт, перед тим, як його поставити до приймальної рампи заводу, підлягає дезактивації на пункті спеціальної обробки.

Санітарно-гігієнічні та профілактичні заходи передбачаються дотримання належного санітарного стану підприємства і дотримання персоналом особистої та громадської гігієни.

Вимоги радіаційної безпеки при переробці продукції.

1. Загальні вимоги

1.1. До потенційно небезпечних місць і операцій технологічних процесів переробки продукції, де можливе опромінювання працівників, відносять:

- транспортні шляхи пересування автомашин, що доставляють сировину на підприємства;
- вагові, склади зберігання сировини (відкриті і закриті);
- операції при розвантаженні сировини;
- операції миття сировини;
- сховища (склади) відходів виробництва;
- очисні споруди, відстійні ями.

1.2. При цьому на працівників можуть впливати наступні шкідливі виробничі чинники:

- іонізуюче випромінювання від забруднень РВ території, поверхонь основних і допоміжних виробничих приміщень, машин і устаткування, продуктів виробництва, відходів і др.;
- внутрішнє опромінювання при попаданні радіонуклідів всередину організму працюючих через органи дихання і шлунково-кишковий тракт, слизисті оболонки, шкірні покриви.

1.3. Працедавець зобов'язаний:

- організувати проведення попереднього і періодичного обстеження працівників підприємств;
- забезпечити обслуговуючий персонал спецодягом, спецвзуттям і індивідуальними засобами захисту;

- створити працюючим на підприємстві здорові і безпечні умови праці, в тому числі забезпечити виконання заходів щодо радіаційної безпеки;
- забезпечити відповідність технологічних режимів переробки сільськогосподарської продукції, вживаного устаткування, захисних засобів і пристосувань вимогам радіаційної безпеки;
- організувати роботу по забезпеченню всіх підрозділів підприємства інструкціями по радіоактивній безпеці;
- здійснювати систематичну перевірку знань правил і норм про радіаційну безпеку, правил особистої гігієни працюючими.

2. Вимоги до організації виробничих процесів

- 2.1. Партії сировини, що містять підвищену кількість радіонуклідів, необхідно ретельно відмити від ґрунту і, після дозиметричного контролю, відправити на першочергову обробку, не закладаючи на тривале зберігання.
- 2.2. Щільні пористі продукти заражаються на глибину зовнішнього шару пор (хліб, сухарі, макаронні вироби). До сипучих продуктів радіоактивні речовини проникають тим глибше, чим крупніші частинки продукту за більший повітряний прошарок між ними.
- 2.3. При зберіганні зерна (пшениця, ячмінь, жито, рис) на відкритому місці, за умови вільного осідання радіоактивних речовин, на нього, заражається на глибину 4-6 см, під час вітру – глибше, на 6-8 см.
- 2.4. Зернопродукти, запаковані в тканинні мішки, забруднюються у шарі, який прилягає до тканини, на глибину: для борошна – 1-2 см, для зерна – 3-5 см. Заражаються тільки ті мішки, які розміщені у верхньому ряду штабеля або контуру, борошно вироблене із зараженого радіонуклідами зерна, буде забруднене по всій масі.

- 2.5. Глибина проникнення РР у незахищені продукти може бути такою: для борошна – до 1 см, цукру-піску – до 2 см, солі (екстра) – до 3 см, солі дробленої – до 2 см.
- 2.6. Цукровий буряк у кагатах заражається у верхніх шарах. Якщо кагати вентилюються, то буряк буде забруднений і в глибших шарах. У закритих полімерною плівкою, солом'яними матами та інших покривалами кагатах забруднення буряків значно менше.
- 2.7. Жири, масло вершкове, сири заражаються на глибину до 1 см від поверхні.
- 2.8. Підлоги виробничих приміщень повинні бути зроблені із погано поглинаючих радіонуклідні матеріалів: бетон із залізненням, глазурована плитка, пластикат спеціальних рецептур і т.д. Шви між плитками, вибоїнами і тріщини повинні бути закладені.
- 2.9. Очисні споруди повинні бути обгороджені, доріжки до них заасфальтовані.
- 2.10. Технологічне устаткування, інвентар повинні мати гладку поверхню і покриття, що забезпечують видалення продуктів, забруднених радіонуклідами.
- 2.11. У профілактичний період доцільно проводити додаткову промивку очисних споруд.
- 2.12. Необхідно виключити вживання високопористих матеріалів (дерево, високопориста гума і ін.) для виготовлення інвентарю, ґрат, підставок. У тому випадку, коли вживання такого матеріалу, як дерево, уникнути не можна, вироби з нього піддаються дезактивації, аж до зняття поверхневого шару.
- 2.13. У приміщенні для відпочинку, у вбиральні повинне щодня проводитися вологе прибирання. Сухе прибирання приміщення (окрім вакуумної) не допускається.
- 2.14. Під час перерв в роботі відпочивати і приймати їжу слід в закритих приміщеннях, в спеціально відведених місцях або пересувних

пунктах. Відпочивати і приймати їжу на траві, особливо поблизу місця стоку дощових вод з дахів будівель і споруд, лісовій підстилці, в стогах сіна і соломи не допускається.

2.15. Після робочої зміни необхідно вимити тіло теплою водою з милом, а при виконанні робіт, пов'язаних із значним пилом утворенням необхідно вимити і голову.

5.2. Заходи з безпеки під час роботи на радіоактивних територіях

Радіаційний і хімічний контроль.

Радіаційний і хімічний контроль є складовою частиною цивільного захисту виробничого персоналу підприємств, він включає комплекс організаційних і технічних заходів, які здійснюються для контролю радіоактивного опромінювання особового складу формувань цивільного захисту, виробничого персоналу підприємств, а також визначення ступеня зараженості радіоактивними небезпечними хімічними речовинами людей, технологічного обладнання, продуктів харчування, сировини, води і інших матеріальних засобів.

За даними радіаційного і хімічного контролю здійснюється:

- Оцінка працездатності виробничого персоналу підприємств і визначення порядку їх подальшого використання;
- Первинна діагностика тяжкості гострих променевих і хімічних уражень;
- Уточнення режимів радіаційного захисту людей;
- Визначення необхідності і об'єму санітарної обробки людей, спеціальної обробки технологічного обладнання, техніки, інших матеріальних засобів;
- Визначення можливості використання сировини, напівфабрикатів, готової продукції в умовах радіаційного і хімічного зараження.

Радіаційний і хімічний контроль організується штабом і службами цивільного захисту підприємства і здійснюється командирами формувань і силами розвідувальних підрозділів (групами і ланками радіаційної, хімічної

розвідки; групами і ланками загальної розвідки; розвідниками радіаційної, хімічної розвідки формувань цивільного захисту).

Радіаційний контроль включає контроль доз опромінювання людей і контроль ступеня зараження технологічного обладнання, техніки, інших матеріальних засобів.

Під час проведення контролю доз радіоактивного випромінювання визначається величина поглиненої дози радіоактивного опромінювання людей за час перебування на зараженій місцевості.

Контроль доз опромінювання поділяється на груповий та індивідуальний.

Груповий контроль проводиться начальником структурного підрозділу підприємства з метою отримання даних про середні дози опромінювання виробничого персоналу для оцінки і визначення категорії їх працездатності.

Доза опромінювання виробничого персоналу, особового складу формування цивільного захисту визначається за допомогою дозиметрів ІД-1 або ДКП-50А з комплектів ДП-24 і ДП-22В.

Дозиметри ІД-1 і ДКП-50А видаються структурному підрозділу підприємства перед виходом на заражену місцевість з розрахунку: один – два дозиметра на виробничу бригаду, групу у кількості 14-20 осіб; особам які діють окремо від своїх підрозділів – кожному по одному дозиметру.

При знаходженні на зараженій місцевості начальник структурного підрозділу періодично здійснює контроль доз опромінювання людей.

Після виходу із зони зараження або в встановлений час (не рідше одного разу на добу) здійснюється зняття показань дозиметрів відповідним начальником або призначеною для цього особою. Дані про дози опромінювання заносяться у відомість видачі дозиметрів.

Дози опромінювання населення, R , яке опинилося в зоні радіоактивного зараження, розраховується за формулою:

$$D = \frac{R_{\text{ср}} * T}{K_{\text{посл}}}$$

де Т – тривалість опромінювання, год; К_{посл} – коефіцієнт послаблення радіації будівлею (спорудою), де знаходяться люди; Р_{ср} – середній рівень радіації у місці перебування людей, Р/год;

$$P_{ср} = (P_1 + P_2 + \dots P_n) / n$$

де P₁+P₂+...P_n – півні радіації, які були виміряні через рівні проміжки часу протягом всього періоду перебування людей на зараженій місцевості.

Рівні радіації вимірюються приладом типу ІМД-1Р або ДП-5 в районах знаходження людей з інтервалом: на першу добу з моменту зараження – через кожні 0.5...1 годину; на другу добу – через 1...2 години; на третю добу і в подальшому – через 3...4 години.

Дози опромінювання враховують особовому складу всього підрозділу і записують за наростаючим висновком в журнал контролю опромінювання (таблиця 5.1).

Таблиця 5.1

Журнал контролю опромінювання

Журнал контролю опромінювання за _____місяць ____року

Назва структурного підрозділу підприємства									
Прізвище ім'я та по батькові	Посада	Дата початку опромінювання	Дози опромінювання за наростаючим висновком в радах (рентгенах) за датами вимірювання				Сумарна доза опромінювання		Прим.
			01.03	02.03	03.03	04.03	Протягом перших 4-х діб	За місяць	
Петренко В.В.	Начальник цеху	01.03	20	-	40	60	60		
Головний інженер _____									

Виробничий персонал, який отримав дозу опромінювання більше встановлених норм, частково або повністю втрачає працездатність. Залежно від отриманої дози опромінювання і часу на протязі якого ця доза була отримана можна визначити категорії працездатності (таблиця 5.2).

**Категорії працездатності людей залежно
залишкової дози опромінювання**

Категорія працездатності	Доза опромінювання, Р, яка була отримана протягом днів	
	4	30
Повна працездатність	до 50	до 100
Працездатність зберігається	до 150	до 250
Працездатність обмежено	до 250	до 400
Працездатність суттєво обмежено	більш 250	більш 400

Такий розподіл за категоріями працездатності дає можливість начальникам цехів, ділянок, бригадирам приймати необхідні рішення на залучення людей при діях на зараженій місцевості.

Індивідуальний контроль здійснюється з метою отримання даних про дози опромінювання кожної людини, що необхідно для первинної діагностики ступеня радіаційного ураження. Для цього всьому виробничому персоналу підприємства видаються індивідуальні дозиметри ІД-11.

При контролі ступеня зараженості радіоактивними речовинами людей, технологічного обладнання, техніки, інших матеріальних засобів визначається потужність дози випромінювання (рівня радіації) за допомогою приладів ІМД-1Р, ДП-5, СРП-68-01.

Ступінь радіоактивного зараження сировини, напівфабрикатів, готової продукції і води визначається в радіометричних лабораторіях в одиницях питомої активності – кюрі на кілограм (грам), літр.

Відбір проб хліба, м'яса, риби твердих жирів здійснюється шляхом зрізання ножом поверхневого шару товщиною 10мм.

Проби складають у скляну банку або поліетиленовий мішок і маркірують, тобто вказується вид проби, місце взяття проби, дата і час зараження і взяття проби.

При відборі проб рідкі продукти попередньо перемішують.

Оцінка небезпеки зараження проводиться шляхом порівняння отриманої величини з допустимою.

Висновки

Базуючись на отриманих результатах процесу змішування компонентів, функції, які повинен виконувати змішувач, насамперед, полягають в рівномірному розподілі рецептурних складових (борошна, дріжджів, води) і створення сприятливих умов для утворення структури тіста.

Дані напрямки досліджень дають можливість встановити технологічний процес утворення тіста з використанням робочого органу нової конструкції та порівняти показники якості його замісу з процесом замісу на існуючому змішувачі. Це однозначно має вплив на використання енергоресурсів та подальшої експлуатації даної конструкції і методики приготування тіста із застосуванням пальчикових штифтів на валу робочого органу.

Перелік посилань

1. Смесительные машины в хлебопекарной и кондитерской промышленности / А.Т. Лисовенко, И.Н. Литовченко, И.В. Зирнис и др.; Под ред. А.Т. Лисовенко. – К.: Урожай,1990. – 192 с.
2. Чернавський С.А. Курсове проектування деталей машин / С.А. Чернавський, К.Н. Боков, І.М. Чернін, М.Г. Іцкович, В.П. Козінцов.- Москва: «Машинобудування», 1988. - 415с.
3. Закалов О.В. Технологічне обладнання харчових виробництв / Закалов О.В.,Закалов І.О.-Тернопіль:Видавництво ТДТУ, 2000.-406 с.
4. Поперечний А.М. Процеси та апарати харчових виробництв / Поперечний А.М., Черевко О.І., Гаркуша В.Б.,Кирпиченко Н.В.-К.:ЦУЛ,2007.- 304с.Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин. / Павлице В.Т. та ін. – К.: Вища школа, 1993.– 556с.
5. Белов И. А. Моделирование турбулентных течений : Учебное пособие / И.А. Белов, С.А. Исаев. — СПб. : Балт. гос. техн. ун-т., 2001. — 108 с.
6. Петров А. Г. Аналитическая гидродинамика : Учебное пособие / А. Г. Петров. — М. : ФИЗМАТЛИТ, 2010. — 519 с.
7. Семёнов В. П. Основы механики жидкости : Учебное пособие / В. П. Семенов. — М. : ФЛИНТ, 2013. — 375 с.
8. Стадник І. Визначення питомої потужності вузла нагнітання / І. Стадник, О. Пилипець // Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції „Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій“ до 60 річчя з дня заснування ТНТУ та 175 річчя з дня народження Івана Пулюя, 14-15 травня 2020.: ТНТУ, 2020. - С. 233.
9. САПР SolidWorks., інтернет - ресурс (www.solidworks.ru).
10. Шейнбліт А.Є. Курсове проектування деталей машин. - М.: Вища школа, 1991 р
11. Технологічне обладнання для виробництва виробів з борошна: Навчальний посібник. Ч.1. Хлібопекарське виробництво; Сухенко Ю.Г., Стадник І.Я.,

- Василів В.П., Сухенко В.Ю. За ред.проф. Ю.Г.Сухенка. — К.: ЦП "КОМПРИНТ", 2015. — Ч.1. — 388 с.
12. Шпак, М. С. Визначення параметру нелінійності реологічних рівнянь при описанні процесу перемішування хлібного тіста / І. М. Литовченко, М. С. Шпак // НУХТ. – 2010. - С. 85-87.
13. Стадник І.Я., Паньків Ю.Ю. Метод інтенсивного формування фазового контакту компонентів при змішуванні. Volumul include materialele Simpozionului Științific Internațional „Realizări și perspective în inginerie agrară și transport auto” dedicat aniversării a 85 ani de la fondarea Universității Agrare de Stat din Moldova. Chișinău : UASM, 2018. Vol. 51. P. 78–82.
14. І.Я. Стадник, В.А. Піддубний, О.В. Хареба, В.М. Федорів, В.В. Підгорний «Сучасні технології та енергетичні потоки при формуванні борошняних напівфабрикатів» монографія – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2021. – 392 с
15. Igor Yaroslavovych Stadnyk, Juilia Pankiv, Petro Havrylko, Halina Karpyk. [Researching of the concentration distribution of soluble layers when mixed in the weight condition](#). Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences. Slovak. 2019. Vol. 13. No. 1. P. 581 – 592.
16. Рачок, В. В. Наукові та технічні аспекти ефективного замішування дріжджового тіста в тістомісильних машинах безперервної дії : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.18.12 "Процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв" / Рачок Віталій Вікторович. Київ : НУХТ, 2019. – 23 с.
17. Цивільний захист на підприємствах харчової промисловості : навч. посіб. / О. В. Хіврич, Б. Д. Халмурадов, О. П. Слободян, Н.В. Володченкова та ін. — К. : ЦУЛ, 2015. — 192 с.
18. Соколов, А. С. Система охорони здоров'я та безпеки робітників агропромислового комплексу в умовах радіоактивного забруднення території : навч. посібник / А. С. Соколов - Київ : 2005 - 67 с.

19. Посібник до цифрового мікроскопа BW-400X. Інтернет – ресурс
(<https://www.farnell.com/datasheets/1704744.pdf>).

Додатки

Додаток А

Позначення	Параметри	Значення
a_k	Кількість коротких пальців робочого органу, шт	3
a_c	Кількість середніх пальців робочого органу, шт	3
a_d	Кількість довгих пальців робочого органу, шт	3
r_{1k}	Радіус обертання короткого пальця відносно осі обертання, м	0.058
r_{1c}	Радіус обертання короткого пальця відносно осі обертання, м	0.085
r_{1d}	Радіус обертання короткого пальця відносно осі обертання, м	0.115
r	Радіус обертання стержня робочого органу відносно осі обертання, м	0.008
b	Діаметр пальців робочого органу, м	0.01
S	Крок установки пальців на стержні робочого органу, м	0.032
k	Коефіцієнт подачі тіста, що показує, яка частка маси тіста, захопленої лопатою, переміщується в осьовому напрямку	
n	Частота обертання робочого органу, s^{-1}	1.25
ρ	Густина опари, kg/m^3	1100
ρ_m	Питома вага пальців робочого органу, kg/m^3	7900
G	Продуктивність тістомісильної машини, $kg / год$	48
D	Діаметр стержня робочого органу, м	0.016
w_k	Зазор між коротким пальцем та стінкою діжі, м	0.062
w_c	Зазор між середнім пальцем та стінкою діжі, м	0.035
w_d	Зазор між довгим пальцем та стінкою діжі, м	0.005
R	Радіус діжі, м	0.12

Список опублікованих праць за темою магістерської роботи

1. Бойко Р. П. Визначення раціональних параметрів пальчикового робочого органу тістомісильної машини / Р. П. Бойко, А. В. Харчій, В. Р. Реник // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції „Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва: проблеми теорії та практики“, 29-30 вересня 2022 року. — Т. : ФОП Паляниця В. А., 2022. — С. 47. — (Процеси, машини та обладнання аграрного виробництва).
2. Харчій А. Вплив інтенсивності замішування на фізико-механічні властивості тіста / Харчій А., Бойко Р., Стадник Ігор Ярославович // Матеріали V Міжнародної студентської науково-технічної конференції "Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання", 28-29 квітня 2022 р. — Т. : ТНТУ, 2022. — С. 98–99. — (Механічна інженерія).

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



Студентське наукове товариство



V МІЖНАРОДНА
студентська науково - технічна конференція
"ПРИРОДНИЧІ ТА ГУМАНІТАРНІ
НАУКИ.

АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ"

28-29 квітня 2022 р.

(збірник тез конференції)

Тернопіль 2022

Матеріали V Міжнародної студентської науково - технічної конференції / Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя (м. Тернопіль, 28-29 квітня 2022 р.), 2022.- 155 с.

В збірнику друкуються матеріали V Міжнародної студентської науково-технічної конференції. Тернопіль. – ТНТУ ім. І. Пулюя (28-29 квітня 2022 р.) за наступними науковими напрямками:

культура і мистецтво; гуманітарні науки; соціальні та поведінкові науки; управління та адміністрування; природничі науки; математика та статистика; інформаційні технології; механічна інженерія; електрична інженерія; автоматизація та приладобудування; хімічна та біоінженерія; електроніка та телекомунікації; виробництво та технології; архітектура та будівництво; аграрні науки та продовольство; сфера обслуговування; транспорт.

Редакційна колегія:

д.е.н. Богдан Андрушків, д.т.н. Олег Ляшук, д.т.н. Ігор Стадник, д.ф.н. Анатолій Довгань, д.ф.н. Андрій Криськов, д.т.н. Володимир Андрійчук, д.т.н. Анатолій Лупенко, д.т.н. Сергій Лупенко, д.т.н. Ігор Луців, к.ф.-м.н. Михайло Михайлишин, д.т.н. Михайло Пилипець, к.ф.н. Василь Ніконенко, д.т.н. Роман Рогатинський, д.т.н. Петро Стухляк, д.т.н. Михайло Паламар, д.е.н. Наталія Кирич, д.т.н. Микола Підгурський, д.т.н., Микола Приймак, д.т.н. Василь Васильків, д.б.н. Володимир Юкало, д.б.н. Олег Покотило, д.т.н. Богдан Яворський, к.ф.-м.н. Борис Шелестовський, д.ф.-м.н. Василь Кривень, д.т.н. Павло Маруцак, д.е.н. Олена Панухник, д.е.н. Ольга Павликівська, д.е.н. Володимир Фалович, д.т.н. Тетяна Вітенько, д.т.н. Чеслав Пулька, д.т.н. Віктор Барановський, д.ф.-м.н. Михайло Петрик.

Комп'ютерний набір, верстка та редагування:
науковий секретар Ігор Окіпний

Адреса конференції:

46001, м. Тернопіль, вул. Руська, 56

Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя

e-mail: snt@tntu.edu.ua

Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя

УДК 664.554

Харчій А., Бойко Р. - ст. гр. МОм-51.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ВПЛИВ ІНТЕНСИВНОСТІ ЗАМІШУВАННЯ НА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТІСТА

Науковий керівник: д.т.н., професор Стадник І. Я.

Kharchii A., Boiko R.

Ternopil Ivan Pulu National Technical University

INFLUENCE OF MIXING INTENSITY ON PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES OF THE TEST

Supervisor: Ph.D., associate professor Stadnyk I.Y.

Ключові слова: інтенсивність, бродіння, регулюючі лопаті, адгезія.

Key words: intensity, fermentation, adjusting blade, adhesion.

Протягом останніх років є актуальним питання розробки та впровадження сучасних та ефективних технологій пришвидчення та інтенсифікації процесів, збільшення продуктивності виробництва в харчовій промисловості, збільшенні рентабельності та загалом збільшенні якості вихідного продукту.

Процес замішування тіста забезпечує механічну обробку, рівномірне змішування компонентів, прямо впливає на якість продукції. Також збільшенням швидкості та інтенсифікації процесів стає можливим досягнення специфічної структури тіста, забезпечуються сприятливі умови для зброджування тіста.

Інтенсивність тіста можна характеризувати питомою роботою на одиницю маси (Дж/г). Збільшення швидкості замісу в машинах періодичної дії можна досягти за рахунок збільшення частоти обертів робочого органу або за рахунок збільшення тривалості замісу.

Метою механічного впливу на сировину є забезпечення таких властивостей тіста, які будуть оптимальні для подальших процесів його дозрівання, оброблення і випікання.

Із збільшенням швидкості робочого органу для замісу тіста спостерігається його розслаблення, яке по мірі бродіння стає більш міцнішим. Додатковою метою механічного впливу на тісто є те, що при збільшенні інтенсивності впливу прискорює протікання різноманітних біохімічних та колоїдних процесів, при цьому покращується якість хліба, збільшується його об'єм та пористість. Скорочується тривалість дозрівання тіста.

Аналіз енерговитрат, проведений на підставі розроблених моделей експериментальних установок та математичних моделей дозволив на базі відомої тістомісильної машини безперервної дії А2-ХТТ створити тістомісильну машину у якій, місильна камера має циліндричну форму з боковою кришкою.

На сьогоднішній час перспективною машиною вважається А2-ХТТ на потокових лініях виробництва хлібобулочних виробів. Вона має недоліки, а саме: дискові робочі органи, які працюють за рахунок адгезії, при замішуванні пшенично житніх сортів

можуть виникати непроміси а також утворюватися комки. Дозування компонентів часто відбувається із порушенням рецептури.

Рішення даних недоліків полягає в модернізації даної машини, що передбачає удосконалення робочих органів та принципу дозування. З цією метою ми вважаємо доцільним замінити дискові робочий органи на тарілчасті. Інтенсифікація процесу замішування тіста досягається за рахунок модернізації робочого органу та регулюючих лопатей, що в кінцевому результаті зменшує витрати борошна при бродінні, а також знижує затрати енергії.

В ході дослідження встановлено, що раціональні параметри замішування для дискового та тарілчастого місильних органів 250 - 270 об/хв. Тривалість замішування становить 120 с.

В роботі реалізовано науково обґрунтований підхід до визначення параметрів механізму, який покращує інтенсивне замішування на безперервно діючій тістомісильній машині при замішуванні тіста.

На підставі технічних розрахунків дійшли висновку про доцільність застосування тістомісильної машини безперервної дії та визначено ефективні режими її застосування.

Оцінено вплив інтенсивності на вихідний продукт.

Література:

1. Стадник І.Я., Лісовенко О.Т. Обладнання перспективне, продукція високоякісна // Харчова і переробна промисловість. 2001. № 12. С. 11.
2. Горячева А.Ф., Щербатенко В.В. Влияние степени механической обработки теста при его замесе на качество хлеба //Хлебопекарная промышленность. – 1961. – № 1. – С. 1-5.
3. Стадник І.Я., Лісовенко О.Т. Печемо хліб за двозмінним графіком //Зерно і хліб. 2002. № 3. С. 17.
4. Пат. 62460 А Україна. Тістомісильна машина /Лісовенко О.Т., Котенко А.Г., Стадник І.Я.; Заявл. 27.03.03; Опубл. 15.12.03, Бюл. № 12. 2 с.

Реник В., Червеньяк Р. СИСТЕМА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	95
Оліховський В. КІНЕМАТИЧНА ТОЧНІТЬ ПРИВОДІВ ПОДАЧ СВЕРДЛИЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ	96
Шептак А. ЛОКАЛІЗАЦІЯ МАКСИМАЛЬНИХ НАПРУЖЕНЬ У МІСЦЯХ ЗВАРНОЇ ПІДКРОКВЯНОЇ ФЕРМИ ПІД ВПЛИВОМ СТАТИЧНИХ ТА ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ	97
Харчій А., Бойко Р. ВПЛИВ ІНТЕНСИВНОСТІ ЗАМІШУВАННЯ НА ФІЗИКО- МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТІСТА	98
Гончар Є., Юренін К., Сапронов О., Сметанкін С. УДАРНА В'ЯЗКІСТЬ ЕПОКСИДНИХ КОМПОЗИТІВ, НАПОВНЕНИХ МОДИФІКОВАНОЮ ДИСПЕРСНОЮ ДОБАВКОЮ	99
Стаднюк О. АДАПТИВНЕ КЕРУВАННЯ ТОЧНІСТЮ МЕТАЛОРІЗАЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ	101
Марченко П. ВИКОРИСТАННЯ СИРОВИНИ ПОДОРОЖНИКА ВЕЛИКОГО (<i>PLANTAGO MAJOR</i>), ЯК ЛІКУВАЛЬНОГО ЗАСОБУ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНОЇ СИТУАЦІЇ	103
Феєр Р. ВИДИ РІДКІСНИХ РОСЛИН У ФЛОРИ ОКОЛИЦЬ М. ГЛУХІВА	105
Долатказіна Є. ОЦІНКА ПАРАМЕТРІВ КРОВІ ТА COVID-2019	107
Малярчук Б. МОБІЛІЗУЮЧИЙ ВПЛИВ СОЦІАЛЬНИХ МЕДІА ПІД ЧАС ВІДСТОЮВАННЯ ГРОМАДЯНАМИ СВОЇХ ПРАВ ЧЕРЕЗ ПРОТЕСТИ	109
Собко І. ПРОСУВАННЯ БРЕНДУ ПІДПРИЄМСТВА ЗАСОБАМИ ЦИФРОВОГО МАРКЕТИНГУ	111
Хічій О. СІМЕЙНІ КОНФЛІКТИ	113
Рукіна Д. ЕТИЧНИЙ КОДЕКС ЮРИСТА ЯК МОРАЛЬНИЙ ІМПЕРАТИВ ЙОГО ПРОФЕСІЙНОЇ І ГРОМАДСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ	114

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
Львівський національний університет імені Івана Франка
Луцький національний технічний університет
Центральноукраїнський національний технічний університет
Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Національний університет «Львівська політехніка»
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
Тернопільська філія державної установи «Інститут охорони ґрунтів України»
Львівський національний університет природокористування
Technical University of Košice (Slovakia)
Vilnius Gediminas Technical University (Lithuania)
Moroccan Airports Authority (Morocco)
University of Maribor (Slovenia)
Technical University of Varna (Bulgaria)
Приватна сільськогосподарська агрофірма «Нічлава»
Сільськогосподарське товариство з обмеженою відповідальністю «Україна»**

ПРОЦЕСИ, МАШИНИ ТА ОБЛАДНАННЯ АГРОПРОМИСЛОВОГО ВИРОБНИЦТВА: ПРОБЛЕМИ ТЕОРІЇ ТА ПРАКТИКИ

Збірник тез доповідей

**Міжнародної науково-практичної конференції
присвяченої**

**90-річчю від дня народження професора
Рибака Тимофія Івановича та 60-річчю кафедри
технічної механіки та сільськогосподарських машин
29-30 вересня 2022 року**



**УКРАЇНА
ТЕРНОПІЛЬ – 2022**

УДК 631:621

Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва: проблеми теорії та практики: зб. тез доповідей міжнар. наук.-практ. конф. присвяченої 90-річчю від дня народження професора Рибак Тимофія Івановича та 60-річчю кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин, (Тернопіль, 29–30 вересня 2022.) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. – 193 с.

ISBN 978-617-7875-40-5

ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ

Голова: Марущак Павло Орестович – д.т.н., проф., проректор ТНТУ ім. І. Пулюя. (Україна)

Заступник голови: Підгурський Микола Іванович – д.т.н., проф. ТНТУ ім. І. Пулюя. (Україна)

Вчений секретар: Олексюк Василь Петрович – к.т.н., доц. ТНТУ ім. І. Пулюя. (Україна)

Члени: Вухерер Т. – професор факультету інженерної механіки Маріборського університету (Словенія); Вінаш Я. – професор кафедри технології металів Технічного університету у Кошице (Словаччина); Прентковскіс О. – декан факультету Вільнюського технічного університету ім. Гедимінаса (Литва); Меноу А. – д.т.н., професор Міжнародного університету цивільної авіації (Марокко); Славов С. – доцент кафедри технології машинобудування та металорізальних машин технічного університету Варни (Болгарія); Митник М.М. – к.т.н., доцент, ректор ТНТУ ім. І. Пулюя; Андрейків О.Є. – д.т.н., проф. ЛНУ ім. І. Франка, член-корр. НАН України; Аулін В.В. – д.т.н., проф. ЦНТУ; Брошак І.С. – к.с.-г.н., директор ТФДУ «Інститут охорони ґрунтів України»; Вікович І.А. – д.т.н., проф. НУ «Львівська політехніка»; Вітенько Т.М. – д.т.н., проф., проректор ТНТУ; Гевко Ів.Б. – д.т.н., проф. ТНТУ; Деркач О.Д. – к.т.н., доц. ДДАЕУ; Дідух В.Ф. – д.т.н., проф. ЛНТУ; Дячук С.Ф. – к.т.н., доц., проректор ТНТУ; Коціра С.Є. – директор приватної сільськогосподарської агрофірми «НІЧЛАВА»; Крижовачук О.П. – директор сільськогосподарського ТОВ «Україна»; Лупаков Є.О. – капітан 1-го рангу, почесний голова Співки офіцерів України; Луців І.В. – д.т.н., проф. ТНТУ; Ляшук О.Л. – д.т.н., проф., проректор ТНТУ; Покотило О.С. – д.т.н., проф. ТНТУ; Рибак Я.Т. – к.е.н., доц., директор Львівського регіонального управління страхової компанії «Альфа-страхування»; Ріпецький Є.Й. – д.т.н., доц. ІФНТУНГ; Рогатинський Р.М. – д.т.н., проф. ТНТУ; Сало В.М. – д.т.н., проф. ЦНТУ; Славський А.М. – фінансовий директор сільськогосподарського ТОВ «Україна»; Федорейко В.С. – д.т.н., проф. ТНПУ ім. В. Гнатюка; Шерстюк Р.П. – д.е.н., проректор ТНТУ; Щур Т.Г. – к.т.н., доц. ЛНУП.

Адреса оргкомітету: ТНТУ ім. І. Пулюя, м. Тернопіль, вул. Руська, 56, 46001, тел. (067) 3501849

E-mail: oleksyukvasyl@ukr.net

Редагування, оформлення, верстка: Олексюк В.П.

СЕКЦІЇ КОНФЕРЕНЦІЇ, ЯКІ ПРЕДСТВЛЕНІ В ЗБІРНИКУ

- Процеси, машини та обладнання аграрного виробництва;
- Технології зберігання та переробки сільськогосподарської продукції;
- Сучасні технології в сільськогосподарському машинобудуванні;
- Нові матеріали, міцність та довговічність конструкцій;
- Транспортно-технологічні процеси.

УДК 664.554

Р.П. Бойко, А.В. Харчій, В.Р. Реник

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ПАЛЬЧИКОВОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ ТІСТОМІСИЛЬНОЇ МАШИНИ

R.P. Boiko, A.V. Kharchii, V.R. Renik

DETERMINATION OF RATIONAL PARAMETERS OF THE FINGER WORKING BODY OF THE KNEADING MACHINE

Сьогодні одним із напрямків підвищення ефективності змішування середовища є інтенсивна обробка компонентів [1,2]. Змішувачі компонентів періодичної дії є основою технологічного процесу виробництва хлібобулочної продукції. Їх конструктивні параметри спрямовані на підвищення ефективності процесу. Існує ряд небажаних впливів на процес, але головним недоліком є часткова обмежена можливість їх дії на різні компоненти із-за адгезії середовища [3]. Тому постійно ведеться пошук конструкції робочих органів змішувачів періодичної дії.

Вони потребують нової розробки та удосконалення із-за постійної зміни властивостей сировини з подальшим дослідженням. Крім цього, в основі вирішення питання розробки, дослідження та реалізації нових видів робочих органів й робочих камер змішувачів періодичної дії, поставлено завдання зменшення енерговитрат процесу.

Тому актуальністю є і залишається сьогодні удосконалення конструктивних параметрів машини та підвищення ефективності змішування середовища шляхом розроблення нової конструкції робочого органу змішувача періодичної дії. На основі аналізу способів приготування тіста запропоновано конструкцію змішувача компонентів періодичної дії та проведено моделювання. Воно ґрунтується на описі характеру функціонального змінного впливу діючих сил на робочий орган, якості утворення маси тіста.

Робочий орган має вигляд вертикального валу з пальчиками, які розміщені під кутом 120 градусів відносно осі валу. Методом комп'ютерного моделювання руху було підібрано частоту обертання лопаті змішувача періодичної дії – 75 об/хв, та було проведено розрахунок міцності робочого органу під час змішування середовища. Також встановлено технологічний процес утворення тіста з порівнянням його показників якості з приготуванням на існуючому змішувачі.

Базуючись на отриманих результатах процесу змішування компонентів, функції, які повинен виконувати робочий орган змішувача, встановлено рівномірний розподіл рецептурних складових (борошна, дріжджів, води) із створенням сприятливих умов для утворення структури тіста.

Література

1. Смесительные машины в хлебопекарной и кондитерской промышленности / А.Т. Лисовенко, И.Н. Литовченко, И.В. Зирнис и др.; Под ред. А.Т. Лисовенко. – К.: Урожай, 1990. – 192 с.
2. Igor Yaroslavovych Stadnyk, Juilia Pankiv, Petro Havrylko, Halina Karpyk RESEARCHING OF THE CONCENTRATION DISTRIBUTION OF SOLUBLE LAYERS WHEN MIXED IN THE WEIGHT CONDITION // Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences vol. 13, 2019, no. 1, p. 581-592
3. Igor Stadnyk, Volodymyr Piddubnyi, Svitlana Krsnozhon, Nataliia Antoshkova. INFLUENCE OF REDUCTION ON ADHESIVE PROPERTIES Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences vol. 14, 2020, p. 76-87 <https://doi.org/10.5219/1195>

ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ КОРЕНЕЗБИРАЛЬНИХ
МАШИН

13. **С.Д. Беседа, І.М. Лиговченко** 33
ВПЛИВ ФОРМИ ПЕРЕДУВНИХ БАКІВ НА ТРАНСПОРТУВАННЯ
М'ЯСНИХ ПРОДУКТІВ
14. **М. Л. Засць** 35
ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СОШНИКА ДЛЯ РОЗКИДНОЇ
СІВБИ ЗЕРНОВИХ КОЛОСОВИХ КУЛЬТУР
15. **О.З. Бундза, О.В. Ткачук** 37
ЗМІННИЙ РОБОЧИЙ ОРГАН ДЛЯ ВИДАЛЕННЯ ЧАГАРНИКУ
16. **М.В. Голотюк, І.С. Щерба** 39
ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКОСТІ ПОТРІБНИХ ЗАПАСНИХ ЧАСТИН ІЗ
ВРАХУВАННЯМ ФІНАНСОВИХ МОЖЛИВОСТЕЙ
АГРОПІДПРИЄМСТВА
17. **О. О. Налобіна, С.В. Заборовська** 41
ПАКУВАЛЬНИКИ СІНАЖУ У ПЛІВКУ
18. **А.В. Шимко, П.А. Мельник** 43
ФОРМАЛЬНА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ УПРАВЛІННЯ ЯКІСЮ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ
19. **І.Є. Цизь, С.М. Хомич** 45
АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ РУХУ ПОВІТРЯНОГО ПОТОКУ У В'ЯЗКИХ
РІДИНАХ
20. **Р.П. Бойко, А.В. Харчій, В.Р. Реник** 47
ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ПАЛЬЧИКОВОГО
РОБОЧОГО ОРГАНУ ТІСТОМІСІЛЬНОЇ МАШИНИ
21. **Ів.Б. Гевко, В.З. Гудь, О.Я. Гурик, С.О. Коваль** 48
ШНЕКОВИЙ ЗМІШУВАЧ З РЕГУЛЬОВАНИМИ ОТВОРАМИ
ПРОСИПАННЯ
22. **І.В. Головецький, А.В. Бабій** 49
АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ НАЙПРОСТІШИХ
КАРТОПЛЕКОПАЧІВ
23. **Б.Б. Левицький, А.В. Бабій** 51
КОНЦЕПТУАЛЬНІ РІШЕННЯ ДЛЯ ПРОСКТУВАННЯ
МАЛОГАБАРИТНОГО ОБПРИСКУВАЧА
24. **Ю. Б. Гладь, І. Г. Ткаченко, І. В. Фльонц** 53
МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ТРАНСПОРТЕРА-ОЧИСНИКА
КОРЕНЕПЛОДІВ З ПРУЖНИМИ СКРЕБКАМИ

Перш. застос.		Формат	Обл.	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Замітка	
Довід. №						<u>Документація</u>			
				00		Складальне креслення		A1	
							<u>Складальні одиниці</u>		
				1	01		Лопать	1	
							<u>Деталі</u>		
				2	02		Болт для фіксації лопаті	1	
				3	03		Стержень лопаті	1	
				4	04		Коротка трубка лопаті 58 мм	1	
				5	05		Середня трубка лопаті 85 мм	1	
				6	06		Довга трубка лопаті 115 мм	1	
Підп. і дата		KPM 21-320.02.00							
		Зм.	Архш.	№ докум.	Підп.	Дата			
Інв. № справ.	Розроб.	Бойко Р. П.				Пальчиковий робочий орган	Літ.	Архш.	Архшів
	Перев.	Стадник І. Я.							1
	Т.Контр.						ФМТ, МОМ-61		
	Н.контр.	Ворощук В.Я.							
Затв.									