

Міністерство освіти і науки України

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра обладнання харчових технологій

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього рівня

магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: **«Модернізація тістомісильної машини Diosna 240E з дослідженням роботи розвантажувального вузла».**

Виконав: студент VI курсу, групи МОм-61
спеціальності

133 "Галузеве машинобудування"

(шифр і назва спеціальності)

Дубовий Р.І.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Пилипець О.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Ворощук В.Я.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Пилипець М.І.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль – 2020 року

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
 (повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

Кафедра обладнання харчових технологій

Освітній рівень магістр

Спеціальність 133 "Галузеве машинобудування"

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Обладнання харчових технологій

д.т.н., проф. Вітенько Тетяна Миколаївна.

"25" вересня 2020 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Дубовому Руслану Ігоровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Модернізація тістомісильної машини Diosna 240E з дослідженням роботи розвантажувального вузла.

керівник роботи к.т.н., доц. Пилипець Оксана Михайлівна.

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від "25" вересня 2020 року №4/7-672

2. Строк подання студентом роботи "10" грудня 2020 року

3. Вихідні дані до роботи Технічний паспорт та інструкції з експлуатації монтажу та технічного обслуговування і ремонту тістомісильної машини Diosna 240E

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити).

Огляд конструкцій і аналіз роботи тістомісильних машин неперервної дії. Призначення та класифікація тістомісильних машин. Огляд обладнання для замісу тіста та опари. Функціональні схеми тістомісильних машин. Тістомісильні машини періодичної дії зі стаціонарними діжками. Опис конструкції і роботи машини в лінії. Техніко-економічне обґрунтування конструктивних розробок. Об'єкти фізичних досліджень і математичного моделювання процесу замішування тіста. Фізичне моделювання поведінки дріжджового тіста Тісто і його фазовий склад. Вимірювання структурно-механічних властивостей тіста. Методика і обробка дослідів на ротаційному віскозиметрі РВ - 8. Методика визначення кислотності при вивантаженні тіста. Методика проведення комп'ютерного моделювання. Моделювання деформування замішаного тіста при умовах транспортування. Вибір форми шнекового робочого органу машини для вивантаження замішаного тіста. Визначення потужності приводу шнека після модернізації. Математичне моделювання транспортування тіста. Взаємодія шнекового робочого органу із тістом. Комп'ютерне моделювання дії фрагменту лопати шнека на тісто. Моделювання стадії транспортування тіста. Визначення параметрів конструктивних. Моделювання етапу переміщення тіста шнеком. Визначення на основі врахування сил опору потужності. Реологічні характеристик тіста після дії шнекового робочого органу. Дослідження газоутворення в тісті при атмосферному тиску середовища. Визначення кількості CO₂, накопиченого в тісті без надлишкового тиску. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Загальні висновки Перелік посилань. Додатки.

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

1. Тістомісильна машина марки «Діосна».

2. Тістомісильна машина марки «Діосна». Загальний вигляд.

3. Дослідження впливу технологічних та конструктивних параметрів шнеку на властивості тіста вивантаження тіста

4. Дослідження впливу технологічних та конструктивних параметрів шнеку на властивості тіста.

5. Зміна властивостей тіста при дії шнекового робочого органу.

6. Залежність сили опору та її складових від зміни діаметра шнека.

7. Визначення питомої роботи вивантаження тіста.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання “25” вересня 2020 року .

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Вступ. Огляд конструкцій і аналіз роботи тістомісильних машин неперервної дії. Призначення та класифікація тістомісильних машин. Огляд обладнання для замісу тіста та опари. Функціональні схеми тістомісильних машин. Мета і задачі дипломної роботи</i>	25.09.20 – 25.10.20	
2	<i>Об'єкти фізичних досліджень і математичного моделювання процесу замішування тіста. Фізичне моделювання поведінки дріжджового тіста Тісто і його фазовий склад. Вимірювання структурно-механічних властивостей тіста.</i>	30.09.20 – 10.10.20	
3	<i>Тісто і його фазовий склад. Вимірювання структурно-механічних властивостей тіста. Методика і обробка дослідів на ротаційному віскозиметрі РВ-8 Методика визначення кислотності при вивантаженні тіста</i>	30.09.20 – 05.10.20	
4	<i>Методика проведення комп'ютерного моделювання. Моделювання деформування замішаного тіста при умовах транспортування. Вибір форми шнекового робочого органу машини для вивантаження замішаного тіста. Визначення потужності приводу шнека після модернізації.</i>	10.10.20 - 20.10.20	
5	<i>Математичне моделювання транспортування тіста. Взаємодія шнекового робочого органу із тістом. Комп'ютерне моделювання дії фрагменту лопати шнека на тісто. Моделювання стадії транспортування тіста</i>	21.10.20 – 28.10.20	
6	<i>Визначення параметрів конструктивних. Моделювання етапу переміщення тіста шнеком. Визначення на основі врахування сил опору потужності. Реологічні характеристик тіста після дії шнекового робочого органу. .</i>	29.10.20 - 10.11.20	
7	<i>Дослідження газоутворення в тісті при атмосферному тиску середовища. Визначення кількості CO₂, накопиченого в тісті без надлишкового тиску</i>	10.11.20 – 15.11.20	
8	<i>Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях</i>	16.11.20 – 19.11.20	
9	<i>Загальні висновки. Додатки.</i>	20.11.20 – 30.11.20	
10	<i>Графічна частина. Специфікації.</i>	01.11.20 – 30.11.20	

Студент _____ Дубовий Р.І.

(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Пилипець О.М.

(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Автор: Дубовий Роман Ігорович студент групи МО_м-61 Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. «Модернізація тістомісильної машини Diosna 240E з дослідженням роботи розвантажувального вузла».

Кваліфікаційна робота на здобуття ступеня наукового магістра за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування»,– ТНТУ імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2020.

Кваліфікаційна робота присвячена ТЕД й розрахунку конструктивних параметрів шнекового робочого органу ТМ тістомісильної машини Diosna 240E. Розглянуто вихідну інформації щодо модернізації тістомісильної машини. Наведено аналоги тістомісильних машин зі схожими технічними характеристиками. Проаналізовані основні технологічні процеси та чітко сформульована техніко-економічне обґрунтування і подано мету і задачі роботи. Проведено напрямки та методикау із засобами досліджень. Подано фізичне моделювання поведінки дріжджового тіста і його фазовий склад. Розглянута методика і обробка дослідів на ротаційному віскозиметрі РВ–8. Моделювання деформування тіста при застосуванні модернізованої форми шнекового робочого органу машини при вивантаженні його із діжі. Визначено потужності приводу шнека після модернізації та подано математичне моделювання транспортування тіста при взаємодії ШРО із ним.

Обґрунтована доцільність реконструкції вузла, обумовлена необхідністю нової конструкції ШРО, що своїми діями забезпечить збільшення тривалості безвідмовної роботи машини і якісне замішування тіста. Запропоновані заходи з техніки безпеки та цивільного захисту технологічного обладнання лінії виробництва хліба пшеничного і тістомісильної машини.

Ключові слова: тісто, шнек, транспортування, замішування

ABSTRACT

Dubovyi Ruslan Igorovych. Work topic: Dough kneading machine Diosna 240E retrofit including the study of unloading unit operation. - Qualification work for obtaining the educational qualification of Master degree of specialty 133 «Industrial Machinery Engineering». – Ternopil Ivan Puluj National Technical University. – Ternopil, 2020.

The qualification work deals with the research and calculation of the kneading machine working body design parameters. The analysis of the initial information of the kneading machine retrofit was carried out. The analogues of kneading machines with similar technical characteristics are given. The main technological processes are analyzed; the feasibility study is formulated; the purpose and tasks of work are given. Research methodology has been developed

The physical modeling of yeast dough behavior and its phase composition are presented. Methods and processing of experiments on a rotary viscometer RV-8 are considered. The dough deformation by retrofitted working body of a kneading machine when unloading it from the bowl has been simulated.

The drive power of the retrofitted unit is determined and mathematical modeling of dough transportation at interaction of the auger with the dough is given.

Measures for labor protection and safety of emergency situations at the enterprise have been developed

Key words: dough, auger, transportation, kneading.

Зміст

Вступ		8
Перелік умовних позначень		10
1. Огляд конструкцій і аналіз роботи тм неперервної дії.		11
1.1. Призначення та класифікація тістомісильних машин		11
1.2. Огляд обладнання для замісу тіста та опари		11
1.2.1. Функціональні схеми ТМ		12
1.2.2. ТМ періодичної дії зі стаціонарними діжами		14
1.3. Опис конструкції і роботи машини в лінії		17
1.4. Техніко-економічне обґрунтування конструктивних розробок		20
2. Об'єкти фізичних досліджень і математичного моделювання процесу замішування тіста		23
2.1. Фізичне моделювання поведінки дріжджового тіста		23
2.1.1. Тісто і його фазовий склад		23
2.1.2. Вимірювання структурно-механічних властивостей тіста		25
2.2. Методика і обробка дослідів на ротаційному віскозиметрі РВ-8		28
2.3. Методика визначання кислотності при вивантаженні тіста		36
2.4. Методика проведення комп'ютерного моделювання		37
3. Моделювання деформування замішаного тіста при умовах транспортування		39
3.1. Вибір форми шнекового робочого органу машини для вивантаження замішаного тіста		39
3.1.1. Визначення потужності приводу шнека після модернізації		39
3.2. Математичне моделювання транспортування тіста		43
3.3. Взаємодія шнекового робочого органу із тістом		44
3.4. Комп'ютерне моделювання дії фрагменту лопаті шнека на тісто		46

3.4.1.	Моделювання стадії транспортування тіста	49
3.5.	Визначення параметрів конструктивних	50
4.	Результати дослідження вивантаженні тіста з робочої камери машини	52
4.1.	Моделювання етапу переміщення тіста шнеком	52
4.2.	Визначення на основі врахування сил опору потужності	53
4.3.	Реологічні характеристик тіста після дії шнекового робочого органу	56
4.4.	Дослідження газоутворення в тісті при атмосферному тиску середовища	61
4.4.1.	Визначення кількості CO ₂ , накопиченого в тісті без надлишкового тиску	61
5.	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	64
5.1.	Аналіз виробничого травматизму	64
5.1.1.	Пожежна безпека	66
5.2.	Організація і здійснення дозиметричного контролю на підприємстві в умовах радіоактивного забруднення	68
	Загальні висновки	74
	Перелік посилань	75
	Додатки	78

Вступ

Актуальність теми. Один з основних ТП при приготуванні тіста – це ПР у створенні умов для змішування компонентів тіста та механічної обробки. Це відтворює специфічну структуру, забезпечує умови зброджування тіста. Сьогодні ТМ різних класів по різному впливають на тісто. Якісний заміс в тій чи іншій мірі визначає якість готових виробів. Враховуючи всі позитивні характеристик машини «Діосна» ми вважаємо недолік є у вивантаженні тіста. Це пов'язано із ШРО за адгезії. Тому конструкція ШРО вимагає модернізації та дослідження. Актуальним питанням є дослідження ШРО. Він має забезпечити ефективне транспортування тіста без енерговитрат.

Робота згідно програм, планів. Робота магістерська відповідає науковому напрямку досліджень кафедри ОХ ТНТУ імені Івана Пулюя.

Мета і завдання роботи – полягає ефективного транспортуванні з подальшим вивантаженням тіста модернізованим шнеком з раціональними параметрами.

Досягнення мети магістерської роботи вирішується:

- аналізом конструкцій ЗМ;
- іметаційне моделювання лабораторної установку для проведення досліджень;
- дослідження гідродинаміки руху тіста в робочій камері шнека при його дії;
- обґрунтування математичної моделі питомої роботи;
- дослідження реологічних властивостей транспортування тіста при взаємодії шнекового робочого органа із тістом
- компютерне моделювання дії фрагменту лопаті шнека на тісто.

ОД – вивантаження тіста.

Предмет дослідження – взаємозв'язок конструктивних та технологічних параметрів.

Методи дослідження. ТД проведено методом моделювання, механіки, теорії машин, КОХВ. Обробка даних результатів проведено методом комп'ютерного і МПЕ. Обробка даних проведено прикладними програмами для ПЕОМ.

Новизна результатів роботи:

- Вибрано форму шнекового робочого органу машини для вивантаження замішаного тіста;
- Визначено потужність приводу шнека після модернізації;
- Математичне моделювання транспортування тіста при заємодії шнекового робочого органу;
- встановлено реологічні характеристик тіста після дії ШРО.

Практичне значення отриманих результатів. Результати реологічних характеристик підтвердили ефективність застосування ШРО. Отримано математичну залежність для вивантаження замішування тіста. Технічно це можна використати в навчальному процесі».

Особистий внесок. Робота автором проведена самостійно.

Апробація результатів обговорювали на науковій конференції, що відбулася 28-29 листопада, Тернопіль, 2020 р.

Публікації. Опубліковано 1 тезу наукових конференцій.

Структура. Магістерська робота має вступ, 5 розділів, загальні висновки і додатки. Містить рисунків, 11 таблиць, додатки, список літератури. Обсяг становить 77 сторінок.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ТМ- тістомісильна машина

ТЕД- теоретичні, експериментальні дослідження

ШРО шнекового робочого органа

ПР- Процес замішування

ТП -технологічних процесів

ЗТ-процес замішування тіста;

ОД -об'єкт дослідження

ТД-теоретичні дослідження

КОХВ-конструювання харчових виробництв

МПЕ-математичного планування експерименту

ПРЗ-питомою робота замісу

ККДМ -коефіцієнти корисної дії механізмів

1. Огляд конструкцій і аналіз роботи тістомісильної машини неперервної дії.

1.1. Призначення та класифікація тм

Замішування спрямовано на рівномірне розподілення компонентів в тісті. При цьому головним чином механічна обробка служить для відтворення структурних властивостей при нормальних умовах процесу. ТМ використовують різних типів, які по-різному впливають на тісто й його структуру. Тому цей вплив визначає якість готових виробів. Інтенсивність, тривалість й температура при замішуванні якісного тіста має забезпечити оптимальний процес. Він визначається раціональною частотою РО.

ТМ є періодичної і неперервної дії. Вплив інтенсивності дії РО має поділ на три класи.

- тихохідні без нагріву з ПРЗ 5 – 12 Дж/г;
- швидкісні з частковим нагрівом;
- нагрів 5 – 12°С при ПРЗ 15 – 30 Дж/г;
- супершвидкісні з нагрівом тіста 10 – 20 °С з використання сорочок охолодження;
- ПРЗ становить 30 – 45 Дж/г.

Значення ПРЗ не є суворим при розподілі. Відомо, що в ТМ при різному часі замісу вона змінюється.

Є ТМ з горизонтальним, похилим та вертикальним РО. Він має обертання лопаті кругове, обертове, планетарне, площинне і просторове.

По способу дії РО розрізняють ТМ механічної, вібраційної, ультразвукової, електровихрвової дії. Машини мають РК для забезпечення раціональних параметрів на окремих стадіях. Вони бувають одно-, дво- і трикамерні ТМ.

1.2. Огляд обладнання для замісу міста та опари

В хлібопекарській промисловості працює велика кількість різних тістомісильних машин.

1.2.1. Функціональні схеми тістомісильних машин

Тістомісильні машини періодичної дії з підкатними діжами спочатку завантажують рідкими компонентами, потім борошном, включають машину і виконують замішування, після чого двигун зупиняють, відкочують діжу з тістом в камеру бродіння.

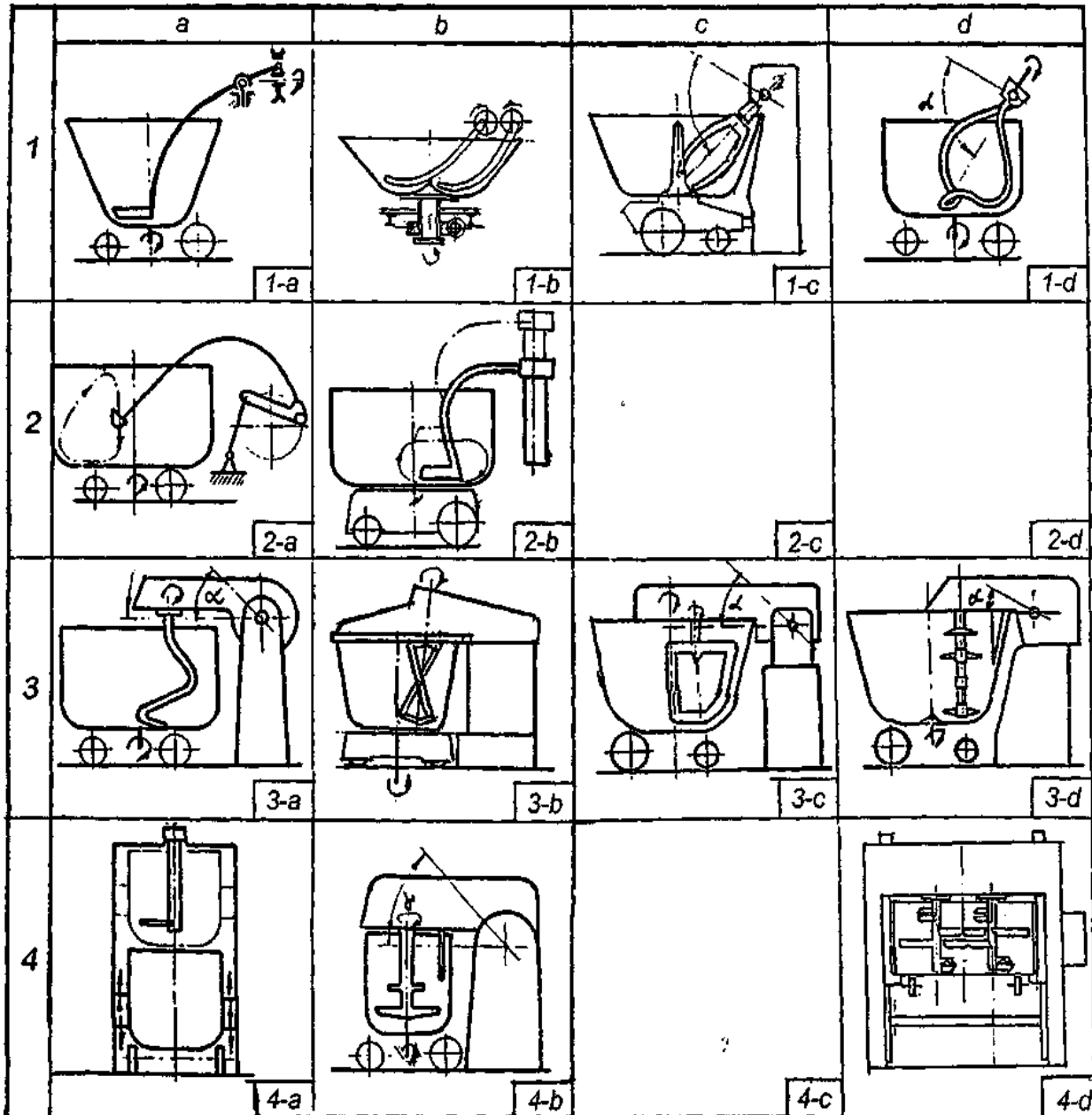


Рис. 1.1 Функціональні схеми тістомісильних машин періодичної дії з підкатними діжами

А на її місце накочують наступну діжу із завантаженими компонентами тіста. Одну тістомісильну машину комплектують 5 – 10 діжами. Підкатні діжи мають

велику масу (300 - 700 кг) , тому підлогу в тістомісильному відділенні покривають чавунними плитами.

Використання механічних конвеєрів для переміщення широкого розповсюдження не набуло. На рис. 1.1 представлені функціональні схеми тістомісильних машин періодичної дії з підкатними діжами. Ряди позначено цифрами, а групи – латинськими літерами.

В першому ряду приведені схеми машини з похилою віссю переміщення місильної лопаті і вертикаль кальною віссю обертання діжі.

1-а – найбільш розповсюджені машини з похилою віссю переміщення місильної лопаті призначені для пшеничного та житнього тіста. Перемішування проходить тільки на 30 % траєкторії лопаті , частота близько 25 об / хв. і не може бути збільшена через підвищення розпилу борошна. По цій схемі виконані машини : “Стандарт”, ТММ-1М, Т1-ХТ2А та ін.

Конструкція застаріла і не має перспектив удосконалення.

1-б -- тістомісильні машини з двома вигнутими місильними лопатями, що обертаються в протилежних напрямках. Такі машини розробив Г.П. Марсаков для кільцевих хлібозаводів.

1-с -- машини з обертовою вилкоподібною місильною лопаттю і приводною діжею з центральним тормозним стрижнем, котрий сприяє посиленню механічної обробки тіста. Випускаються великі типорозміри машини французькою фірмою “Луїзіель” та ін.

1- d -- тістомісильні машини з гвинтоподібною замкненою трубчастою місильною лопаттю, яка при обертанні описує поверхню подвійного конусу. Така лопать не викликає розпилу борошна , плавно і послідовно діє на тістову масу і добре пластикує її , питома робота замісу досягає 30 Дж/г.

В другому ряду розміщені машини з вертикальною віссю обертання місильної лопаті, зміщеної відносно центру діжі , що дозволяє зменшити загрузку на лопаті.

3- а – сучасні тістомісильні машини із спіралеподібною місильною лопаттю і приводною діжею виробляються італійськими фірмами “Тагліавіні”, “Есмах” та іншими готландською “Гефра “, Шведською “Глімек”, німецькими

“Вінклер”, “Дійсна” тощо.

3 - b і 3 - c -- тістомісильні машини з нерухомими діжами та планетарним приводом місильних лопатей. Недоліком конструкції є відсутність циркуляції тіста у вертикальному напрямку та великі навантаження на лопаті і неефективне використання енергії приводу. За схемою 3- c на Україні виготовляють тістомісильні машини А2- ХТБ.

3 – d -- тістомісильні машини з вертикальним валом з окремими місильними лопатями. Ці машини відрізняються високо інтенсивним замісом, короткою тривалістю процесу при підвищеній частоті обертання місильної лопаті і дуже низькими витратами енергії на нагрів тіста , що свідчить про раціональну форму місильної лопаті . Відноситься до сучасних високо інтенсивних машин. Конструкція розроблена на кафедрі МАХП Київського технологічного інституту харчової промисловості.

В четвертому ряду розміщені машини з нерухомими підкатними діжами.

4 – а – машини , в яких для замісу діжа піднімається за допомогою гідравлічного або механічного діжопідіймача . Заміс дуже інтенсивний та короткочасний , не більше 3 хв. , потребує приводу підвищеної потужності – так, тістомісильна машина ІМК-150 має потужність 45 кВт.

1.2.2 Тістомісильні машини періодичної дії зі стаціонарними діжами

Функціональні схеми цих машин показані на рис. 1.2 . Характерною їх відзнакою є зручність механізованого вивантаження тіста із діжі. З цією метою діжа нахилиється на кут α або в діжу заводиться лопать екстрактор (7-d) , або в днищі діжі відкривається засувка, через яку вивантажується тісто з діжі (6-b).

В п'ятому ряду представлені тихохідні тістомісильні машини з горизонтальною віссю місильних органів. Деякі з них (5- а, 5- b) обладнанні охолоджувачами кожухами . Сучасна машина (5- b) випускається англійською фірмою “Бекер Перкінс” , зона обладнана сучасними приладами автоматизації.

В шостому ряду приведені машини з поворотними циліндричними робочими камерами.

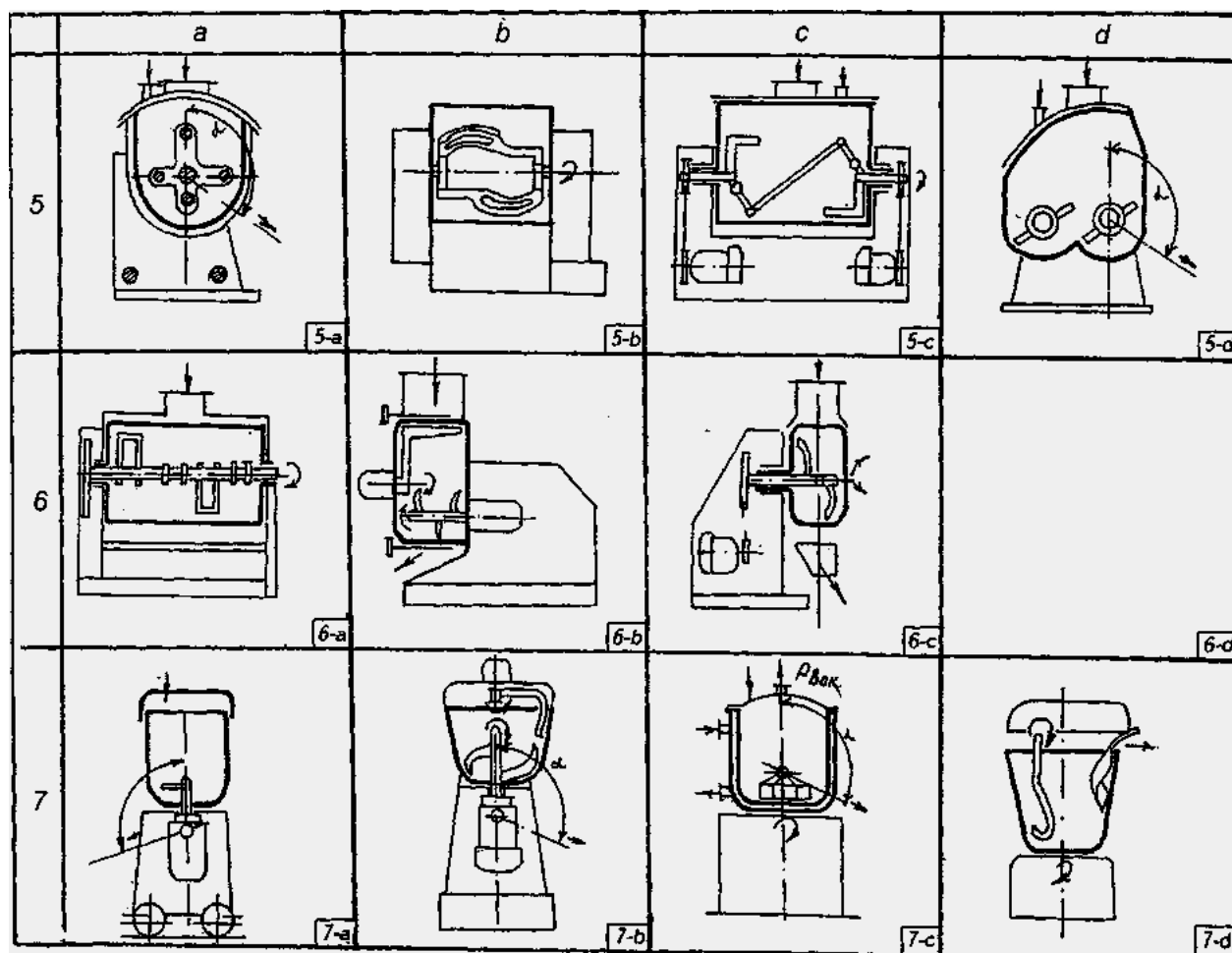


Рис. 1.2 Функціональні схеми тістомісильних машин періодичної дії зі стаціонарними діжами

6 - а – застарілої конструкції ; 6 – б – сучасна машина з повністю шістьма місильними лопатями, розміщеними ексцентрично в циліндричній камері, обладнаній допоміжною змащувальною лопатю. Випускається німецькою фірмою “Штефан”.

В цьому ряду розміщені високо інтенсивні машини з вертикальним місильним валом.

7 – б – змішувач фірми “Шефан” має різнобічне використання для змішування, шинкування тощо

7 – с – змішувач англійської фірми “Твіді”, має герметичну камеру і обладнання для вакуумування тіста.

7 – d – сучасна французька модель машини для малих підприємств, має

оригінальний пристрій для вивантажування тіста з діжі.

10 – b – суперінтенсивна малогабаритна машина конструкції М.Ф. Прокопенко перемішує тісто в тонкому шарі протягом кількох секунд з підвищеним нагрівом.

10 – c – нова дискова одновальна машина , в основному розрахована на пшеничне тісто , конструкція розроблена в КкрНДППродмаші. Ця машина на Україні одержала широке розповсюдження під маркою А2- ХТТ.

10 – d – двокамерна одновальна високо інтенсивна тістомісильна машина , розроблена на кафедрі МАХВ Київського технологічного інституту. Має спеціальні пристрої для збудження вібрації, яка інтенсифікує процес замісу та скорочує процес зброджування тіста.

В одинадцятому ряду приведені високо інтенсивні машини для приготування рідких опар , заквасок. Всі вони ,крім 11- c , Базуються на механічному розпушуванні маси в тонких щілинах між робочими поверхнями, що діє деструктивно по відношенню до маси суміші і супроводиться значним її нагріванням.

11 – a -- змішувач з вертикальним коаксіальним ротором, змішування відбувається при продавлюванні маси через коаксіальну щілину. Інтенсивність дії не регулюється виконується лише перша стадія змішування.

11 – b - змішувач з дисковим ребристим ротором , утворюючим лабіринтні камери, випускається в Англії фірмою “Оакес”, знайшов широке впровадження в багатьох західних державах.

11 – c – тарілчастий високо інтенсивний змішувач вібраційного типу. Конструкція розроблена на кафедрі МАХВ Київського технологічного інституту харчової промисловості і впроваджена у виробництво. Машина відповідає сучасному технологічному рівню, має пристрої для регулювання всіх робочих параметрів: інтенсивності і тривалості змішування.

11 – d – штифтовий малогабаритний змішувач ФТК-1000 високоінтенсивної дії , угорського виробництва , робота якого супроводжується значним нагріванням суміші.

1.3. Опис конструкції і роботи машини в лінії

ТМ періодичної дії представлені на виробництві різними моделями. Розглянемо деякі із цих моделей, які сьогодні найчастіше застосовуються на виробництві галузі. Також вони знайшли відповідне місце га мініпекарнях.

Тістомісильна машина А2-ХТБ. Придатна для замісу пшеничного і житнього

тіста в неприводних підкатних

діжах місткістю 330 л. Машина (Рис.1.3) кріпиться на фундаментній плиті 1, діжа 9 вкочується на плиту і фіксується на ній за допомогою фіксатора 8 при піднятій траверсі 4, котра піднімається за допомогою гвинтового пристрою і поводкового механізму. Після цього траверса опускається до горизонтального положення, а місильна лопать 6, закріплена на шпинделі 5,

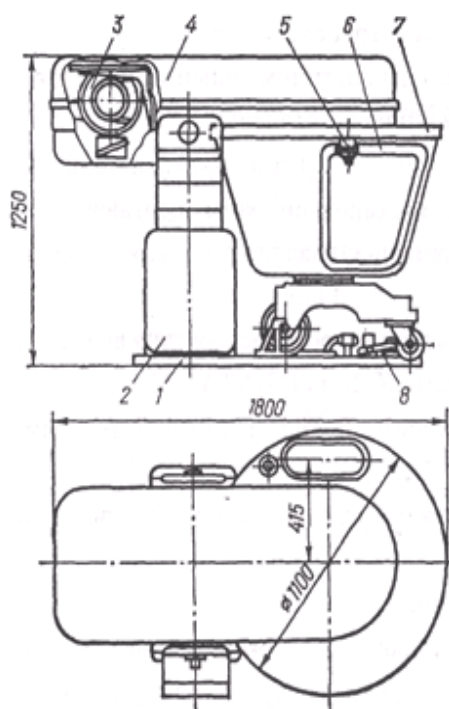


Рис 1.3 Тістомісильна машина А2-ХТБ

опускається в діжу, прикриваючи її кришкою 7. РО виконує планетарне обертання від спецредуктора та електричного двигуна 3. Траверса є з опорою повороту на станині 2.

Після замісу відключається привод, піднімається траверса, і діжа відкочується.

Кінематична схема машини представлена на рис 1.4

Перевагами машини вважають відсутність приводу діжі і герметичну кришку, що застерігає від розсипу борошна при замішуванні тіста, недоліком слід відзначити слабку інтенсивність перемішування і порівняно велику тривалість замісу, громіздкість і застарілу конфігурацію і конструкцію діжі.

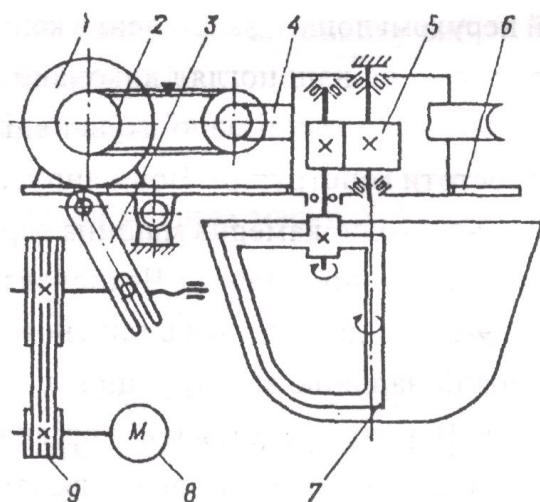
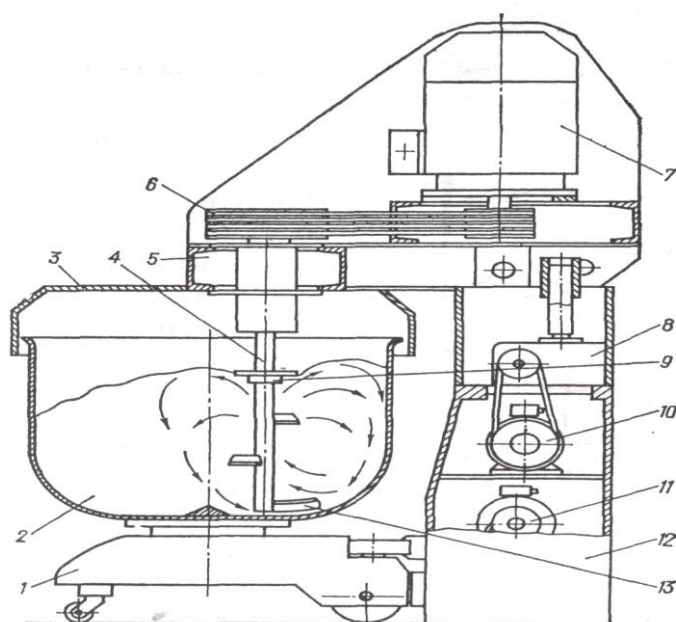


Рис. 1.4 Кінематична схема ТМ А2 - ХТБ



ТМ ТМІ-2 є високоінтенсивною для замішування (рис 1.5) пшеничного тіста. Машина створена працівниками кафедри МАХВ УДУХТ разом з працівниками Молдхлібопрому. Машина спрє значному скороченню часу бродіння тіста. Відповідно є якість хліба та вихід.

Рис. 1.5 Тістомісильна машина КТИХП ТМІ - 2

Станина 12 із шарнірно закріпленою траверсою 5 з кришкою 3. Вал 4 має місильні лопаті 13 з диском 9. Привід- клинопасова передача 6 та електродвигун 11. Він є для обертання діжі 2 з кареткою 1. Двигун 10, редуктор 8 - для приводу траверси.

Працює ТМ так. В діжу засипають борошно після рідких компонентів. Діжу вставляють та фіксують в станині. Опускається траверса і включають привід РО. Тривалість процесу- 180 с.

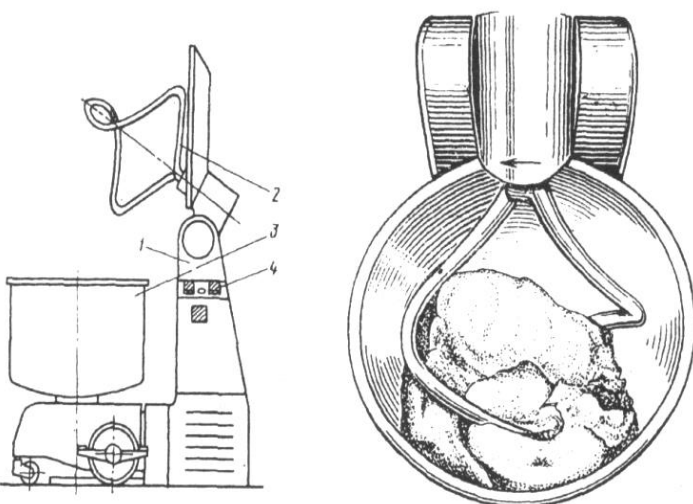
ТМ ДК. Знайшли широке розповсюдження. Виробник фірма „Вернер унд Пфлайдерер” в Німеччині.

Машина використовується для замісу пшеничних і житніх тіст.

Підкатна діжа машини (рис 1.6) має привід, розміщений в

Рис. 1.6 ТМ ДК

тумбі станини 1 , сполучений



гвинтовою передачею з місильним валом 2 та шарнірною опорою , яка дозволяє піднімати місильний вал з діжі.

У робочому стані вісь місильної лопаті опущена під кутом 45° . При обертанні місильна лопать описує поверхню подвійного конусу і перемішує та пластифікує тісто, при цьому стінки лопаті послідовно проходять по похилій уздовж бокової і донної поверхні діжі. Питома робота замісу досягає 30 – 35 Дж/г. Тривалість його до 10 хв.

Тістомісильні машини зі спіральними місильними органами. а – „Гефра”, Голландія; б – „Таглавіні”, Італія ; в – „Глімек” Швеція.

Такі машини виготовляються багатьма зарубіжними фірмами і здобули

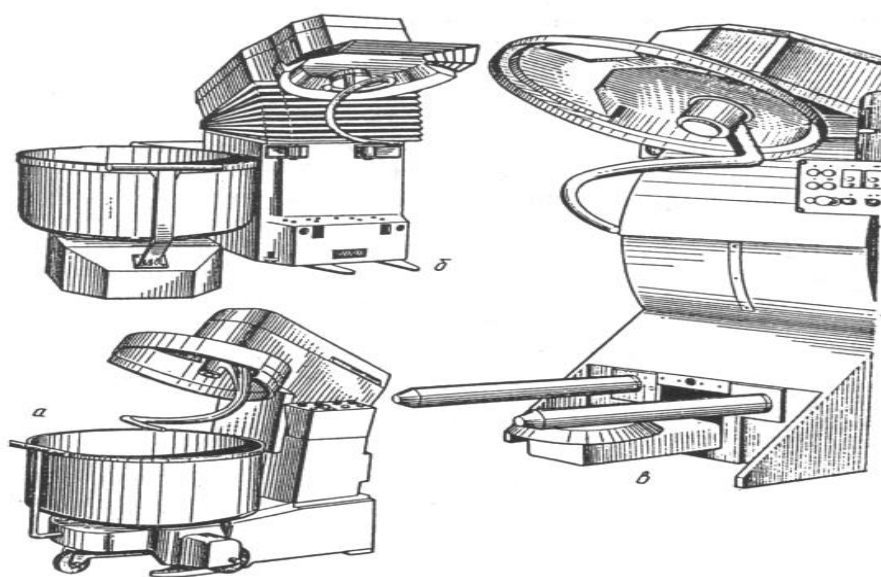


Рис. 1.7. ТМ з спіральними місильними лопатями

дуже широке розповсюдження. Характерним для них є циліндричні діжі. Порівняно з конусними діжами вони більш компактні. При цьому в них забезпечується краща циркуляція тіста і само очистка поверхні діжі.

Тістомісильна машина „Гефра” (рис 1.7 ,а) має низьку діжу, а кришка не цілком перекриває її. При замісі немає розпилу борошна.

Тістомісильна машина „Таглавіні” (рис 1.7,б) має діжу, хромовану, як всередині так і зовні, що значно полегшує її санітарну обробку.

У тістомісильної машини „Глімек” (рис 1.7 ,в) хромована місильна спіраль. Привод діжі виконаний за допомогою конічної фрикційної передачі. Спіральна лопать має ті переваги, що при замісі переміщення маси одночасно проходить в горизонтальному і вертикальному напрямках.

1.4. Техніко-економічне обґрунтування конструктивних розробок

Заміна тертя ковзання на тертя кочення в вузлах машин відноситься до конструктивних шляхів зменшення спрацьовування. Спрацьовування – це процес руйнування поверхневих шарів деталі в умовах тертя, що спричиняє поступову зміну розмірів, форми та стану поверхні деталі. Процес спрацьовування є причиною виходу з ладу машини та її деталей.

Підшипники ковзання – це елементи опор валів і осей, поверхня цапфи яких взаємодіє через шар мастила або безпосередньо з охоплюючою її нерухомою поверхнею підшипника. Підшипники ковзання вимагають системного нагляду та неперервного змащування, мають більш високі витрати на тертя при малих швидкостях обертання валів і потребують підвищених пускових моментів під час пуску машини в дію. Крім цього, цапфи валів та осей, що працюють у підшипниках ковзання, повинні мати високу якість поверхні для того, щоб запобігти прискореному спрацюванню підшипника та цапфи.

Підшипники кочення – це елементи опор, валів та інших деталей, що працюють на використанні принципу тертя кочення. Підшипники кочення належать до групи деталей, які найширше стандартизовані у міжнародному масштабі і централізовано виготовляються на спеціалізованих заводах масовим виробництвом.

Підшипники кочення мають такі переваги у порівнянні з іншими видами опор:

1. малі втрати на тертя, що забезпечує високий ККД опор;
2. висока несуча здатність;
3. малі габаритні розміри в осьовому напрямі;
4. незначні витрати мастильних матеріалів;
5. невисокі вимоги до матеріалу та якості поверхонь цапф валів і осей, що

розміщуються у підшипниках кочення.

До недоліків підшипників кочення належать такі:

1. значні діаметральні габаритні розміри, що утруднює застосування їх при малих відстанях між осями валів;
2. обмежений строк служби, особливо при великих навантаженнях та швидкостях;
3. низька здатність витримувати ударні навантаження; підвищений шум при високих швидкостях обертання.

Недоліки підшипників кочення в вузлі приводу вивантажувального шнеку майже відсутні оскільки машина працює при невисоких швидкостях обертання і при невеликих статичних і динамічних (ударних) навантаженнях.

Мета і задачі дипломного проекту є досягнення покращення роботи тістомісильної машини Діосна шляхом заміни підшипників ковзання на підшипники кочення у вузлі приводу шнекового робочого органу та його заміна кроку. Це призведе до підвищення надійності роботи машини і до зменшення втрат потужності та покращення якості тіста. Такий підхід пояснюється тим, що в сили тертя в підшипниках ковзання більші ніж в підшипниках кочення, а збільшення кроку шнека буде менше впливати на перебивання клейковини тіста. Дана заміна призведе до таких наслідків:

- підвищення ККД опор на яких встановлений підшипник;
- виключить процес зношування шийок привідного вала в місцях встановлення підшипників;
- зменшить розхід мастильних матеріалів;
- полегшить процеси розбирання і збирання вузла приводу;

- продовжить термін служби машини;
- зменшиться час простоювання обладнання;
- відпаде потреба в частій заміні зношених втулок підшипників ковзання;
- зменшиться час на ремонт обладнання;
- зменшиться металомісткість машини;
- відпаде потреба в додатковому охолодженні;
- покращаться параметри надійності;
- появиться можливість збільшення швидкості обертання робочих органів
- якість тіста стане кращою.

2. Об'єкти фізичних досліджень і математичного моделювання процесу замішування тіста

2.1. Фізичне моделювання поведінки дріжджового тіста

Одним з головних об'єктів при проведенні теоретичних і експериментальних досліджень залишається стан дріжджового тіста. Даний стан потребують вивчення. З погляду реології пшеничне дріжджове тісто з борошна вищого та першого гатунку характеризується як матеріал. Виброджене пшеничне тісто з своїми конкретними властивостями має напруження зсуву та деформації. Поведінка тіста з достатньою точністю може описатися ступеневим законом Гершеля – Балклі. Пружність, в'язкість, пластичність своєю мірою визначають проходження різних стадій технологічного процесу, а особливо - змішування.

Склад тіста об'єднує три групи відповідних фаз: газову, рідку, тверду. Вода, як рідинна фаза має форми зв'язку з компонентами. Її необхідно визначати згідно рецептури виробів з урахуванням гідрофільних властивостей компонентів зерна.

Слабка енергія зв'язку вологи при видаленні механічним впливом на тісто неможливо. В роботі ми тісто розглядаємо як 2 фази. Дана фазова смстема є фазою твердо-рідинна, інша – газова. Такий підхід провів до розгляду фаз тіста в своїх роботах Стадника І.[3] .

2.1.1. Тісто і його фазовий склад

У дріжджовоту тісті газова фаза формується за рахунок повітря, що вноситься на початку замісу з борошном і незначною мірою з водою. Основна частина під час замісу. Завдяки захоплюванню і утримуванню і за рахунок утворення бульбашок бродіння CO при спиртовому. Спиртове цтворення CO₂ встановлює газовий вплив на структуру тіста.

Утворювані в тісті при бродінні газоподібні продукти розчиняються у вільній воді. Вони адсорбуються на поверхнях молекул гідрофільних полімерів. Їх надлишок в тісті призводить до виникнення пузирчиків газу. Стінки утворені поверхнево-активними речовинами .

Об'єм пузирчиків залежить від дифузійного процесу CO₂. Вона відбувається

через стінки пор. Напрямок для пузирчиків йде до меншого тиску, що сприяє вирівнюванню надлишкового тиску. Збільшення пузирчика поченається у розмірах при різниці тисків в середині та ззовні. Вона повинна мати характер руйнівного ефекту на поверхні напружених сил в'язкості. Вираз має значення:

$$\Delta P > \frac{2\sigma}{R_c} + 4\eta \frac{\dot{R}}{R_c}$$

де : де ΔP – зовнішня в середині бульбашки різниця тисків , Па;

σ – напруга на поверхні, Н/м;

R_c – радіус пузирчика, м;

η – матеріальна в'язкість;

$\dot{R} = dR/dt$ – часова зміна радіуса пузирчика, м/с.

Збільшення об'ємної кількості газових пузирчиків сприяє зниженню стінки аж до руйнування. Можливо при порах з різними розмірами, тому руйнування пузирчиків призводять до газового розподілу тіста. Є причиною його реонестабільності.

Подальше збільшення кількості та об'єму газових пузирчиків викликає зменшення товщини їх стінок. Порове злиття з викидом газу з тіста веде до послаблення вязкості.

Збільшення кількості газоподібних продуктів і вологості тіста робить його структуру більш пористою. Зменшуються питома вага і міцнісні характеристики.

Іншим об'єктом досліджень є конструкція тістомісильної машини. Встановлення раціональних розмірів його елементів, зокрема шнека розвантажувального. Необхідно досягати потрібні органолептичні показники продукції. Не змінювати задану продуктивність машини з покращенням умов його роботи.

Превалююче значення в процесі транспортування тіста для отримання якісної поверхні готових виробів має геометрія і матеріал. Поява шорсткості і розривів на

поверхні виробу, викликана невдалою конструкцією шнека, знижує газотримуючу здатність тістової заготовки і погіршує товарний вид продукції. Тому дослідження впливу кута входу у тісто, його довжини, відношення діаметрів філь'єри стану поверхні та характеру розбухання встановлює впровадити пошук нового підходу до форми. При цьому уникнути застійних зон, огрублення поверхні шнека і забезпечити рівномірну швидкість випресовування.

Технологічні режими транспортування тіста щеком є третім об'єктом досліджень. Вплив факторів на хід процесу розглянуто в підрозділі 1.3. Літературні дані можуть дати лише узагальнення характеру впливів. Наведені значення рецептур і тістомісильної машини з перенесенням на інші випадки викличе значні похибки. Так, завищена величина тиску транспортування призведе до перевитрати енергії та зміни структури тіста.

Отже, проведення дослідів з утворенням, кінетикою накопичення і впливом зовнішніх умов на газову фазу. Актуальними є проблеми визначення оптимальної геометрії шнека. Також раціональних режимів транспортування. Саме від цих питань залежить якість і конкурентоспроможність замішаного тіста і готових виробів.

Узагальнений дослід реології тіста пов'язаний у визначенні зв'язку між наданим зовнішнім навантаженням і створених деформацій. В залежності від виду навантаження крутного й згинального моментів, й стискаючого зусилля, тісто одержує різноманітні деформації.

Структурно-механічні характеристики структурованого тіста підчиняються закону зсувних деформацій. Зсув - найпростіша деформація.

2.1.2. Вимірювання структурно-механічних властивостей тіста

Для вимірювання структурно-механічних властивостей існують два основних методи віскозиметрії – ротаційна і капілярна. Кожна з властивостей має свої переваги і недоліки в області руйнування структури.

У 1889 році засновником ротаційної віскозиметрії є Ф.Н. Шведов. Він описав коаксіально-циліндричний віскозиметр [13] експериментальної реології. Метод

полягає у встановленні зв'язку крутного моменту M і швидкості кутової. Рухомою робочою поверхнею, що обертається ω може бути внутрішньою та зовнішньою. Зміна навантажень дозволяє мати точки у побудові течійної кривої. Перехід залежностей $M=f(\omega)$ до $\tau=f(\dot{\gamma})$ дозволяє визначити основні параметри реології тіста.

Ротаційні віскозиметри прилади з постійним навантаженням. У приладі Воларовича до робочих поверхонь прикладається постійний крутний момент. Є прилади з постійною швидкістю обертання (Реотест). Зараз створені ротаційні прилади, в яких зміна швидкостей зсуву задається по певному закону. Також є такі, де передбачено програмування навантаження. Розрізняються з одною геометричною формою ротаційні віскозиметри. Геометрія робочих поверхонь може мати (коаксіальні циліндри, сфери і т.д.) або бути комбінованими. Вони складаються з різних поверхонь (циліндр – напівсфера, циліндр – конус). Вибір віскозиметра залежить від властивостей досліджуваної маси.

Для пластично-в'язкого тіста застосовуються віскозиметри з поєднанням вимірювальних поверхонь різної форми. Віскозиметри системи Воларовича мають циліндричну бокову поверхню і напівсферичний торець. Це зменшує нормальні напруження і запобігає намотуванню маси на внутрішній циліндр [6].

Ротаційні прилади властиві певні недоліки. Особливо потрібно досліджувати високов'язкі продукти.

Забезпечувати сталі одного рівня швидкості зсуву в тісті вказує на те, що за зар меншим робочою поверхнею. Додержання рівномірності заповнення зазору при досліді високов'язкого тіста забезпечить збільшене згачення. Ці чвища збільшують похибку вимірюваної величини. За умови напруження в досліджуваному тісті за граничні напруження зсуву, похибка результатів досягає $\pm 30\%$ [5].

Незважаючи на перераховані недоліки, ротаційні віскозиметри частіше за інші типи приладів застосовуються при реологічних дослідженнях різних матеріалів, включаючи тісто, про що свідчать роботи [6,10]. Вони повно забезпечують деформації і дають можливість поєднувати вимірювання в'язкості з великою кількістю інших досліджень структурно-механічних характеристик. Вони мають властивість твердого тіла і рідини. На ротаційних віскозиметрах досліджують

властивості матеріалів у широкому діапазоні швидкостей зсуву. Також при підвищеному тиску. Типовим прикладом ротаційного віскозиметра є конструкція Воларовича РВ-8 (рис.2.1).

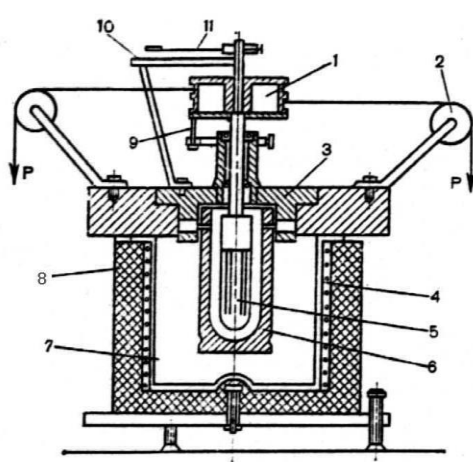


Рис.2.1. Схематичний віскозиметр Воларовича РВ-8

Робочими поверхнями служать коаксіальні ротор 5 і стакан 6, які мають комбіновані напівсферо-циліндричні поверхні. Із ротором жорстко зв'язаний барабан (шків) 1. На нитках, намотаних на нього і перекинутих через блоки 2, підвішені чашки для вантажів. При звільненні барабана від стопора 9 починається обертання ротора, викликане шківом, який обертається під дією моменту, створюваного вантажами. З метою підтримання сталої температури досліджуваної маси передбачена система термостатування, що складається із стакана для термостатуючої рідини 4, електронагрівача 7 та ізоляції 8. За невеликими деформаціями спостерігають з допомогою шкали 10 і стрілки 11.

Переважне значення для отримання величин структурно-механічних характеристик харчових, особливо високов'язких, мас повинні мати віскозиметри іншого – капілярного – типу. Ці твердження мають сенс, оскільки умови, що створюються при русі досліджуваного продукту в капілярі, близькі до реальних умов різних технологічних процесів, в тому числі й екструзії тіста. Завдяки простоті обладнання дані, отримані на капілярних віскозиметрах, мають більшу надійність і точність. На жаль, на сьогоднішній день для дослідження структурно-механічних характеристик напівфабрикатів харчової промисловості капілярні віскозиметри застосовуються не так широко, як ротаційні.

2.2. Методика і обробка дослідів на ротаційному віскозиметрі РВ–8

Масу тіста розміщують у зазорі між рухомим (внутрішнім) і нерухомим (зовнішнім) коаксіальними циліндрами. В літературі також зустрічаються назви “індентор”, “ротор” для циліндра, що обертається, і “стакан” – для нерухомого. Перед проведенням досліду визначають тертя в підшипниках, для чого при незаповненому (без продукту) стакані фіксують час опускання розміщених у чашках вантажів. Частота обертання N , с^{-1}

$$N = \frac{S}{2R_{\text{шк}}t} \quad (2.1)$$

де S – висота падіння вантажу, м;

$R_{\text{шк}}$ – радіус шківів, м;

t – час падіння вантажів, с.

Після виконання вказаних дій стакан знімають і на певну висоту заповнюють досліджуваною масою. Прилад закривають, підвішують мінімальні вантажі, здатні забезпечити рівномірне обертання індентора в стакані з масою. Потім барабан звільняють від стопора, і вантажі, що опускаються, починають обертати внутрішній циліндр. Одночасно вмикають секундомір і фіксують час опускання вантажів. Існують вдосконалені варіанти приладу РВ–8, де вимірювання часу проводиться електросекундоміром, який автоматично вмикається і вимикається контактами, що спрацьовують від дотику з рухомими вантажами. В таблицю спостережень заносять пару чисел – масу вантажів і тривалість обертання ротора. Чашки для вантажів піднімають у верхнє положення і розміщують в них нові вантажі, маса яких дещо більша за попередні. Знову віджимається стопор і фіксується час падіння вантажів. Таблиця поповнюється новими даними. Навантаження слід збільшувати доти, поки тривалість руху вантажів не стане досить малою (менше секунди). Після завершення експериментів ротор виймають зі стакана і вимірюють висоту шару маси h по границі маси, яка прилипла до поверхні ротора. До вимірної висоти h циліндричної частини, що контактує з продуктом, слід додати відрізок величиною $h_{\text{екв}}$, який

дозволяє урахувати, окрім опору бокової циліндричної поверхні, опір на сферичному торці. З цією метою проводять вимірювання при двох-трьох висотах продукту в робочому зазорі і будують лінію в координатах крутний момент M – висота h . Екстраполяція отриманої лінії до її перетину з віссю абсцис дає у від’ємній області відрізок еквівалентної довжини $h_{\text{екв}}$ (рис.2.2).

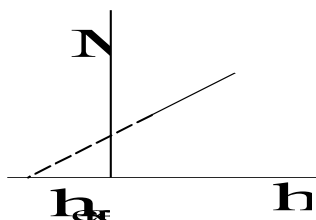


Рис.2.2 Графік визначення еквівалентної довжини ротора

Окрім графічного способу визначення величини $h_{\text{екв}}$, існують й інші варіанти.

За одним з них

$$h_{\text{екв}} = \frac{\pi R_2^2 f_2 \left(n, \frac{R_2}{R_3} \right)}{4} \quad (2.2)$$

де $f_2 \left(n, \frac{R_2}{R_3} \right)$ – функція течії;

R_2, R_3 – відповідно радіус внутрішнього і зовнішнього циліндра, м.

Проте скористатись цією функцією, представленою у вигляді математичної залежності або графіка, на початку розрахунків неможливо через відсутність відомостей про величину індексу течії n . Тому орієнтовно приймаємо, що

$$h_{\text{екв}} = \frac{\pi R_2^2}{4} \quad (2.3)$$

Таким чином, приведена довжина ротору, яка використовується при розрахунках, $h_p = h + h_{\text{екв}}$.

На РВ–8 можна досліджувати характеристики матеріалів з незруйнованою структурою. В цьому випадку досліди проводять при невеликих зусиллях зсуву, величина яких менша за граничне напруження зсуву, фіксуючи через кожні 10–20 секунд величини деформацій, які визначають по відхиленню стрілки. Однак точність результатів вимірювання при малих напруженнях невелика, і тому для дослідження незруйнованих структур варто користуватися іншими приладами, зокрема типу Вейлера – Ребіндера.

Оскільки за численними дослідними даними тісто володіє граничним напруженням зсуву і в'язкістю, яка залежить від прикладеного навантаження, в якості математичної моделі приймаємо рівняння для “ступеневої” рідини Гершеля – Балклі і в області зруйнованої структури користуємося відповідною методикою узагальнення експериментальних даних.

Знаючи геометричні характеристики приладу і скориставшись даними вимірювання, розраховуємо напруження зсуву τ' :

$$\tau' = \frac{m \cdot g}{2 \cdot R \cdot h} \quad (2.4)$$

де m – маса вантажу, який обертає ротор. Складається з маси двох гирьок і маси чашок, кг (за виключенням величини, що компенсує тертя в підшипниках);

m_0 – маса вантажу, при якій ротор починає обертатися.

Врахувати вплив сил тертя в підшипниках і уточнити масу, яку слід підставляти у формулу (2.4), можна, побудувавши на одному графіку (рис.2.3) залежності виду $N=f(m)$ при незаповненому (крива 1) і заповненому досліджуваною масою стакані (крива 2). Побудова уточненої кривої 3, в якій враховано вплив сил тертя, виконується шляхом віднімання по горизонталі відповідних відрізків а, б, с при визначених в досліді частотах обертання N_i . Спроектувавши точки кривої 3, які відповідають частотам обертання N_i ротора, отримуємо уточнені значення сумарних мас навантаження m_{u_i} , які й слід використовувати у подальших розрахунках.

При продовженні кривої 3 до горизонталі визначають граничну масу m_0 , яка відповідає початку обертання ротора і визначає граничне напруження зсуву досліджуваного матеріалу τ_k .

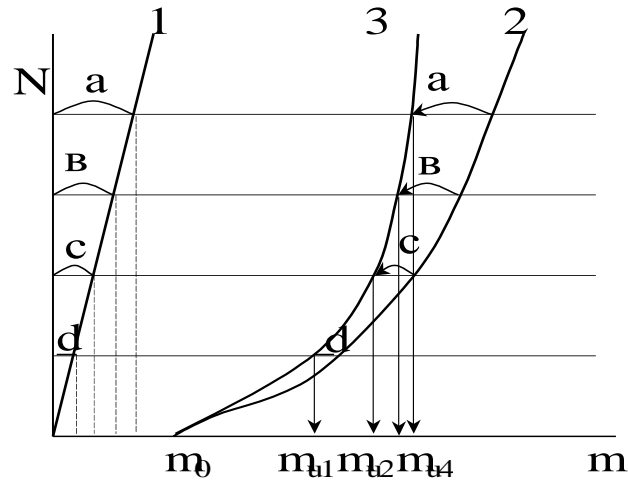


Рис.2.3. Залежність частоти обертання ротора від сумарного навантаження чашок віскозиметра:

- 1 – без маси, що досліджується;
- 2 – з масою, що досліджується;
- 3 – уточнена крива.

При розрахунках сила, яка визначає робоче напруження в приладі ($P = mg$), повинна бути зменшена не тільки на величину сили тертя P_t , обумовленої тертям в підшипниках і тертям нитки, на якій підвішені вантажі, але і на величину сили інерції P_{in} рухомих деталей віскозиметра :

$$P_{in} = m_{пр} \frac{ds}{dt}$$

де $m_{пр}$ – приведена до вантажу маса всіх рухомих елементів приладу. Для віскозиметра Воларовича такими рухомими елементами є шків, ротор і блоки.

$$m_{пр} = \frac{I_1}{R_1^2} + \frac{I_2}{R_2^2} + \frac{I_3}{R_3^2}$$

де m_2 – маса, кг;

I_1, I_2, I_3 – моменти інерції, $\text{кг} \cdot \text{м}^3$;

R_1, R_3 – радіуси, м. Тут індекс 1 відповідає шківу, 2 – ротору, 3 – блокам.

Масою нитки, на якій підвішені вантажі, її пружністю і несталістю моменту інерції шківів з ниткою при її змотуванні можна знехтувати.

В більшості експериментів дослідники враховують сили тертя, однак нехтують інерційністю всієї рухомої системи. Похибка Δ , викликана неврахуванням сил інерції, оцінюється так:

$$\Delta = \frac{m_{\text{шк}} \cdot a}{m \cdot g} \cdot 100, \%$$

Як видно, її величина зростає зі збільшенням прискорення, але для високов'язких мас ця похибка незначна. Інерційність системи слід враховувати при проведенні повного реологічного дослідження, зокрема при визначенні при малих навантаженнях модулів пружності та еластичності. Особливо це важливо для малов'язких матеріалів.

Праву частину рівняння Гершеля – Балклі (див. формулу (1.2)) можна перетворити, ввівши величину ефективної в'язкості:

$$B_1 \cdot \dot{\gamma}^n = B_1 \cdot \dot{\gamma}^{n-1} \cdot \dot{\gamma}^1 = \eta_{\text{ef}} \cdot \dot{\gamma}$$

тут η_{ef} – ефективна в'язкість, Па*с, $\eta_{\text{ef}} = B_1 \cdot \dot{\gamma}^{1-n}$.

Щоб розмірність коефіцієнту B_1^* відповідала розмірності в'язкості, виконується ще одне перетворення:

$$B_1^* = B_1 \cdot \dot{\gamma}^{1-n} \quad (2.5)$$

Тоді

$$\tau = B_0^* \cdot \dot{\gamma}^n \quad (2.6)$$

де B_0^* – ефективна в'язкість при одиничному значенні градієнта швидкості,

Па \square с, тобто при $\dot{\gamma}_1 = 1 \text{ c}^{-1}$. Числові значення коефіцієнтів B_1^* і B_0^* співпадають;

$\dot{\gamma}^*$ – безрозмірний градієнт швидкості (його чисельне значення);

$n-1=m$ – темп руйнування структури.

Величина градієнта швидкості $\dot{\gamma}$ для ступеневої рідини:

$$\dot{\gamma} = \frac{4\tau N}{n \left[1 - \left(\frac{R_g}{R_s} \right)^{2n} \right]} \quad (2.7)$$

Як видно, для визначення градієнта швидкості зсуву і наступного розрахунку ефективної в'язкості треба мати значення індексу течії n . Запишемо праву частину рівняння Гершеля – Балклі з урахуванням (2.5), (2.7):

$$\begin{aligned} B\dot{\gamma} &= B\dot{\gamma}^n \cdot \dot{\gamma} = B\dot{\gamma}^n \left\{ \frac{4\tau N}{n \left[1 - \left(\frac{R_g}{R_s} \right)^{2n} \right]} \right\}^n \\ &= B\dot{\gamma}^n \left\{ \frac{4\tau}{n \left[1 - \left(\frac{R_g}{R_s} \right)^{2n} \right]} \right\}^n N^n \end{aligned}$$

Позначимо

$$B\dot{\gamma}^n \left\{ \frac{4\tau}{n \left[1 - \left(\frac{R_g}{R_s} \right)^{2n} \right]} \right\}^n$$

Тоді

$$\tau = B^* N^n \quad (2.8)$$

Значення коефіцієнтів B^* і n можна визначити, скориставшись методом найменших квадратів або графо-аналітично, побудувавши графік функції (2.8) у логарифмічних шкалах. За ними розраховують коефіцієнт B_0^* , що відповідає ефективній в'язкості при одиничному градієнті швидкості:

$$B_0^* = B^* \left\{ \frac{4\tau}{n \left[1 - \left(\frac{R_g}{R_s} \right)^{2n} \right]} \right\}^{-n}$$

Скориставшись визначеним індексом течії n , уточнюють величину $h_{\text{екв}}$ за формулою (2.2) і графіками, наведеними в .

Величину ефективної в'язкості для кожного вимірювання можна розрахувати за (2.6), однак при великій кількості експериментів для полегшення обробки даних рекомендують користуватися залежністю, запропонованою Ребіндером:

$$\eta_{\text{ef}} = K_{\text{cm}} \frac{v}{N} \quad (2.9)$$

де K_{cm} – константа віскозиметра для ступеневої рідини, $\text{м}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$.

$$K_{\text{cm}} = \frac{g R_{\text{rot}} f \left(n \frac{R_0}{R_1} \right)}{2 R_{\text{rot}} h_{\text{пр}}} \quad (2.10)$$

де $f \left(n \frac{R_0}{R_1} \right) = \frac{1}{4} \left(\frac{R_0}{R_1} \right)^{2n}$ – функція течії.

За розрахованими даними ефективної в'язкості і градієнта швидкості, зв'язаних між собою виразом $\eta_{\text{ef}} = K \cdot \dot{\gamma}^n$, будують графік. Якщо узагальнити і викласти коротко наведену вище методику визначення структурно-механічних характеристик для “ступеневої” рідини, що володіє граничним напруженням зсуву, вона матиме вигляд:

1. Провівши вимірювання при незаповненому і заповненому масою стакані, зафіксувати для кожного з дослідів масу вантажів, час їх опускання і розрахувати частоту обертання ротора N (2.1). На основі цих даних побудувати залежності $N = f(m)$ і визначити уточнену масу (див. рис.2.3).

2. Графічно або за допомогою (2.3) визначити $h_{\text{екв}}$ і обчислити приведену довжину ротора $h_{\text{пр}}$.

3. Визначити граничне напруження зсуву τ_k і для кожного вимірювання за (2.4) розрахувати τ' .

4. Побудувати графік функції (2.8) і, скориставшись методом найменших

квадратів, визначити в'язкісний коефіцієнт B^* та індекс течії n .

5. Уточнити еквівалентну довжину ротора за рівнянням (2.2) і, відповідно, приведену довжину ротора.

6. Розрахувати в'язкісну константу віскозиметра за (2.10) і ефективну в'язкість (2.9).

7. Для кожного вимірювання по рівнянню (2.7) визначити градієнти швидкості зсуву.

8. Побудувати залежності ефективної в'язкості від градієнта швидкості зсуву і напруження і встановити відповідні емпіричні залежності.

При проведенні експериментальних досліджень використовували ротаційний віскозиметр РВ-8 з такими геометричними розмірами його елементів: радіус зовнішнього циліндра $R_3=0,019$ м; радіус внутрішнього циліндра $R_v=0,01$ м; радіус шківів $R_{шк}=0,0225$ м; висота падіння вантажів $S=0,7$ м; маса двох чашок, $m=0,027$ кг.

Тісто для експериментальних досліджень реологічних характеристик готували двофазним способом за рецептурою хали. В рецептурі застосовували інстантні активні сухі дріжджі, які завдяки тривалому терміну свого життя і однаковості здатні забезпечити сталі властивості тіста. Дозування компонентів на 100 кг муки і режими приготування опари і тіста представлено в табл.А.1 додатку А. Бродіння напівфабрикатів відбувалося у термостаті ТС-80М-2 при температурі 32°C.

2.3. Методика визначання кислотності при вивантаженні тіста

Внаслідок протікання складних колоїдних, біохімічних і мікробіологічних процесів відбувається подріблення вуглекислого газу, побічних продуктів бродіння, які сприяють формуванню смаку і запаху хліба. Також формуються в'язко-еластичні властивості тіста, які покращують його здатність утримувати газ при витіканні. На стадіях транспортування— відбувається дегазація тіста, ступінь готовності тіста визначають, досліджуючи накопичення кислот у тістовому напівфабрикаті. Сумарним показником є титрована кислотність. З точки зору утворення вуглекислого газу є біологічним процесом. Швидкість визначається кількістю дріжджів у тісті, їх якістю, енергією бродіння і умовами життєдіяльності. Оскільки досліди проводили на тісті, виготовленому за стандартною рецептурою хали, вміст мікроорганізмів був фіксованим і не впливав на інтенсивність утворення CO_2 . Вплив бродіння при сталій температурі 32°C , підтримуваній у термостаті. Незалежним параметром (фактором), вплив якого визначали, був зовнішній тиск.

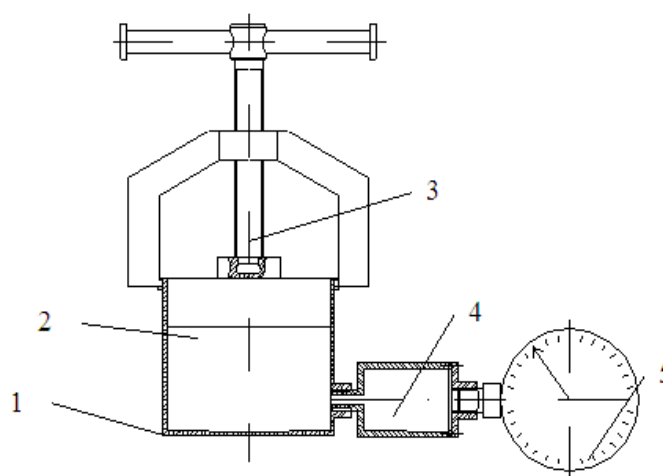


Рис. 2.4. Пристрій для бродіння тіста під тиском

- 1 – циліндр;
- 2 – поршень;
- 3 – гвинтовий пристрій;
- 4 – буферний об'єм;
- 5 – манометр.

Тісто у закритому циліндрі, тиск в якому створювався переміщенням поршня, здійснюваним з допомогою гвинтового пристрою (рис.2.4). Величину тиску

контролювали манометром МТП–1 (клас точності 2.5), з'єднаним з циліндром через проміжний буферний об'єм.

Титровану кислотність для всіх зразків до моменту досягнення заданої кислотності 3 °Н визначали за стандартною методикою. Титрована кислотність X , °Н:

$$X=2aK$$

де a – кількість мілілітрів 0,1 н. розчину NaOH, яка пішла на титрування;

K – поправочний коефіцієнт до титру лугу. Для даних досліджень $K=1$

2.4. Методика проведення комп'ютерного моделювання

Початковим етапом комп'ютерного моделювання є вибір розрахункової моделі (набору розрахункових рівнянь). Для моделювання процесу замісу хлібного тіста обрана модель “Свободная поверхность” як така, що дає змогу досліджувати двофазні течії з вільною поверхнею та в подальшому їх візуалізувати.

В моделі використовуються такі рівняння:

- рівняння Нав'є-Стокса: $\partial V / \partial t + \nabla(V \otimes V) = - \nabla P / \rho + 1/\rho \nabla(\mu + \mu_t)[\nabla V + (\nabla V)^T] + (1 - \rho_{hyd} / \rho) g$;

- рівняння нерозривності потоку:

де – вектор відносної швидкості, м/с; V

P – відносний тиск, Па;

μ_t – турбулентна в'язкість, Па·с;

g – вектор сили тяжіння, м/с².

- рівняння для турбулентної в'язкості: $\mu_t = C_\mu \rho k^2 / \varepsilon$.

Рівняння для турбулентної енергії k та швидкості дисипації турбулентної енергії ε :

$$\partial(\rho k) / \partial t + \nabla(\rho V k) = \nabla \cdot [(\mu + \mu_t \sigma_k) \nabla k] + \mu_t G - \rho \varepsilon;$$

$$\partial(\rho \varepsilon) / \partial t + \nabla(\rho V \varepsilon) = \nabla \cdot [(\mu + \mu_t \sigma_\varepsilon) \nabla \varepsilon] + C_1 \varepsilon k \mu_t G - C_2 \rho \varepsilon^2 k,$$

де через G позначено вираз: $G = D_{ij} \partial V_i / \partial x_j$; $D_{ij} = S_{ij} - 2/3 [\nabla \cdot V + \rho k \mu_t] \delta_{ij}$;

$$S_{ij} = \partial V_i / \partial x_j + \partial V_j / \partial x_i;$$

Значення параметрів дорівнюють: $\sigma_k=1$; $\sigma_\varepsilon=1.3$; $C_\mu=0.09$; $C_1=1.44$; $C_2=1.92$

Перенесення компонентів, які змішуються, вирішується рівнянням конвективно - дифузійного перенесення:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \nabla(VC) = 1\rho\nabla[[\mu Sc + \mu_t Sc_t]\nabla C],$$

де C – концентрація речовини; Sc – число Шмідта.

- рівняння перенесення функції заповнення F :

$$\frac{\partial F}{\partial t} + V\nabla F = 0.$$

Також при постановці задачі необхідно врахувати демпфер градієнту тиску $\varphi=1$, який суттєво впливає на прикордонний шар РО лопаті на утворення циркуляційних вихорів.

Подальшим кроком моделювання є встановлення граничних умов.

3. Моделювання деформування замішаного тіста при умовах транспортування

3.1. Вибір форми шнекового робочого органу машини для вивантаження замішаного тіста

Проблеми виникаючі при проектуванні та модернізації обладнання для перемішування в'язких мас створюють неможливість передбачити кінцевий результат. Визначити якість переміщення тіста досить тривалий дослідний процес і має свій характерний вплив на нього. Тому вибір того чи іншого транспортуючого органу відбувається часто інтуїтивно. Вибір шнекового органу здійснюється перевіркою доцільності цього вибору за допомогою експериментальних досліджень.

Неможливість отримання інформації про перебіг транспортування у будь-якій точці шнекового робочого органу значно сповільнювали роботи з його розробки. Недостатність теоретичних даних та практичного досвіду на більш ефективну конструкцію. Усунути ці проблеми може комп'ютерне моделювання. Воно дає можливість оцінити рівномірність розподілу тіста. Дозволяє визначити енергетичні параметри процесу транспортування. Такі дані дозволяють підрахувати питому роботу та визначити необхідну потужність приводної станції.

Кожен етап має свої особливості потребує різного впливу шнекового органу на тісто – від інтенсивного до щадного. Найбільш раціональної форми органу транспортування тіста промодельовано окремо для стадії транспортування. Конструкції транспортуючих пристроїв інших машин можуть бути шнек, який розглядаємо як спіраль, навиту на вал, z-побідні органи машини ТМ-63 – як виток спіралі тощо, або є їх комбінацією.

3.1.1. Визначення потужності приводу шнека після модернізації

Потужність на привід шнека має витрати на оберти РО з його опором в замішане тісто. Відомі вирази визначення потужності двигуна електричного, що приводить в дію шнек. Існує формула:

$$N=A*n/(\eta_1*\eta_2)$$

де A - робота заврачена при транспорті тіста, Дж/об

n - оберти валу; c^1 ;

η_1 і η_2 –ККДМ машини. За їх відсутності $\eta_2 = 1$. Для нас $\eta_1 = 0.96$.

Робота затрачена при транспорті тіста розглянута в додатку 1.

Для розрахунку дані вщято з паспорта машини і креслень.

Таблиця 2.1

Кількість щнекових лопатей, шт	6
Ширина, м	0,04
Товщина лопатей, м	0,005
Відстань від осі обертання до початку лопаті, м	0,048
Відстань від осі обертання до кінця лопаті, м	0,1425
Кут нахилу лопаті, град	30
Крок твірної нахилу лопаті, м	0,3
Зазор між кінцями лопатей і стінками робочої камери, м	0,015
Частота обертання вала, об/хв	50...100

1. Робота на переміщення тіста:

$$\begin{aligned}
 A_1 = & a_L * v_L * \Pi * \rho * n^2 * \sin \alpha (r_{2L}^2 - r_{1L}^2) * \left[(1 - K_L) * \Pi^2 * (r_{2L}^2 + r_{1L}^2) + \frac{K_L * S_L^2}{2} \right] + \\
 & + a_D * v_D * \Pi * \rho * n^2 * \sin \alpha (r_{2D}^2 - r_{1D}^2) * \left[(1 - K_D) * \Pi^2 * (r_{2D}^2 + r_{1D}^2) + \frac{K_D * S_D^2}{2} \right] + \\
 & + a_Z * v_Z * \Pi * \rho * n^2 * \sin \alpha (r_{2Z}^2 - r_{1Z}^2) * \left[(1 - K_Z) * \Pi^2 * (r_{2Z}^2 + r_{1Z}^2) + \frac{K_Z * S_Z^2}{2} \right] = \\
 & 6 * 0,04 * 3,14 * 950 \left(\frac{70}{60} \right)^2 \sin 30 (0,1425^2 - 0,048^2) \left[(1 - 0,05) 3,14^2 (0,1425^2 + 0,048^2) + \frac{0,05 * 0,3^2}{2} \right] + \\
 & 3 * 1 * 3,14 * 950 \left(\frac{70}{60} \right)^2 * \sin 90 (0,17^2 - 0,048^2) * \left[(1 - 0,005) * 3,14^2 * (0,17^2 + 0,048^2) + \frac{0,05 * 0^2}{2} \right] +
 \end{aligned}$$

$$2 * 1 * 3,14 * 950 \left(\frac{70}{60} \right)^2 * \sin 90 (0,2^2 - 0,075^2) * \left[(1 - 0,005) * 3,14^2 * (0,2^2 + 0,075^2) + \frac{0,005 * 0^2}{2} \right] =$$

$$= 225,99 \text{ Дж/об.}$$

2. Робота на переміщення лопатей шнека:

$$A_2 = 0,75 * a_l * \epsilon_l * \bar{b}_l * \rho_m * \Pi^2 * n^2 * (r_{2l}^3 - r_{1l}^3) +$$

$$+ 0,75 * a_d * \epsilon_d * \bar{b}_d * \rho_m * \Pi^2 * n^2 * (r_{2d}^3 - r_{1d}^3) +$$

$$+ 0,75 * a_z * \epsilon_z * \bar{b}_z * \rho_m * \Pi^2 * n^2 * (r_{2z}^3 - r_{1z}^3) =$$

$$= 0,75 * 6 * 0,04 * 0,005 * 7800 * 3,14^2 * \left(\frac{70}{60} \right)^2 * (0,1425^3 - 0,048^3) +$$

$$+ 0,75 * 3 * 1 * 0,002 * 7800 * 3,14^2 * \left(\frac{70}{60} \right)^2 * (0,17^3 - 0,048^3) +$$

$$+ 0,75 * 2 * 1 * 0,002 * 7800 * 3,14^2 * \left(\frac{70}{60} \right)^2 * (0,2^3 - 0,075^3) = 4,9 \text{ Дж/об.}$$

3. Робота на нагрів середовища з корпусом машини:

$$A_3 = 124 * a_l * \mu * n * \left(\frac{r_{2l}^4 - r_{1l}^4}{L} + \frac{2r_{2l}^3 * \epsilon_l * \sin \alpha}{F} \right) +$$

$$+ 124 * a_d * \mu * n * \left(\frac{r_{2d}^4 - r_{1d}^4}{L} + \frac{2r_{2d}^3 * \epsilon_d * \sin \alpha}{F} \right) +$$

$$+ 124 * a_z * \mu * n * \left(\frac{r_{2z}^4 - r_{1z}^4}{L} + \frac{2r_{2z}^3 * \epsilon_z * \sin \alpha}{F} \right) =$$

$$= 124 * 6 * 8 * \frac{70}{60} * \left(\frac{0,1425^4 - 0,048^4}{0,45} + \frac{2 * 0,1425^3 * 0,04 * \sin 30}{0,015} \right) +$$

$$= 124 * 3 * 8 * \frac{70}{60} * \left(\frac{0,17^4 - 0,048^4}{0,45} + \frac{2 * 0,17^3 * 1 * \sin 90}{0,015} \right) +$$

$$= 124 * 2 * 8 * \frac{70}{60} * \left(\frac{0,2^4 - 0,075^4}{0,45} \right) = 1413,897 \text{ Дж/об.}$$

4. Робота структурозмінна тіста:

$$A_4 = 0,1 * A_1 = 0,1 * 225,99 = 22,59 \text{ Дж/об.}$$

5. Узагальнена робота:

$$A = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 = 225,99 + 4,9 + 1413,897 + 22,59 = 1667,39 \text{ Дж/об.}$$

6. Питомо- робота:

$$A_{num} = \frac{A * n * \tau}{m * 1000} = \frac{1667,39 * 70 * 60 * 180}{50 * 1000} = 7 \text{ Дж/г.}$$

Де маса замішаного тіста $m=50$ кг в камері шнека.

8. Потужність електричного двигуна:

9.

$$N = \frac{A * n}{1000 * \eta} = \frac{1667,39 * \frac{70}{60}}{1000 * 0,9} = 2,2 \text{ кВт}$$

Згідно каталогу мотор – редуктор марки ЗМВз-40 виду АИР 90 L4 з потуж. $N = 2,2$ кВт й обертанням $n_{дв} = 68$ об/хв.

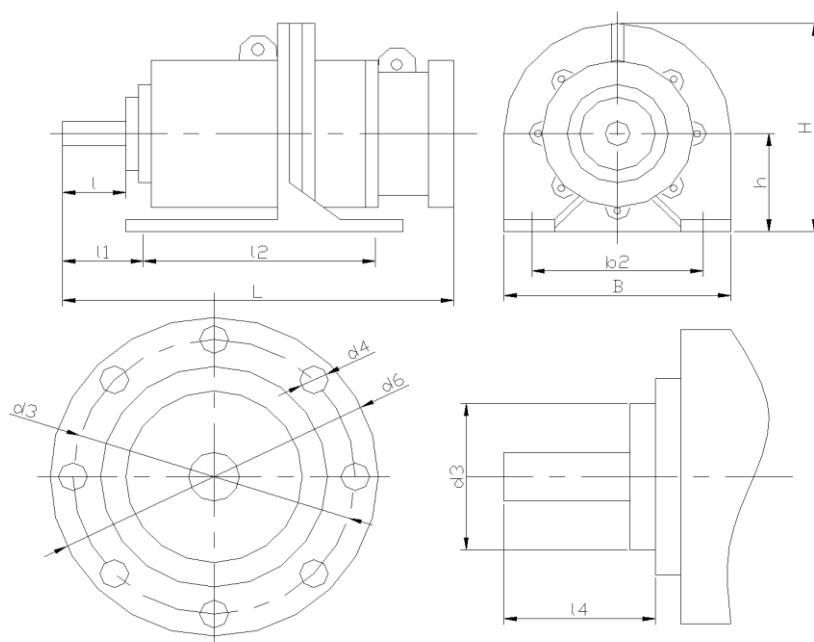


Рис. 3.1. Габарити мотора-редуктора ЗМП-40

Позначення мотора-редуктора	L_{max}	B_{max}	H_{max}	L	L_1	L_4	b	b_2	d	d_2	d_3	d_4	d_5	d_6	$T_{вих},$ H_M	$F_{кв},$ H
ЗМВз-40	630	270	275	80	110	90	10h9	180	36k6	19	130h8	14	165	200	504	9000

3.2. Математичне моделювання транспортування тіста

У відповідності з підходами при використанні характеристик процесів деформування тіста, формулювання моделі його поведінки може бути виконане двома шляхами. Постановка задач механіки тіл при деформуванні має місце у математичній моделі. Вона описує основні процеси із зв'язками характеристик параметрів транспортування тіста. Всі рівняння опису деформації тіста ми поділимо на три основні групи: кінематично- динамічні, закони збереження, рівнь стану.

Теоретичні дослідження транспортування тіста складають певні труднощі. Не можливо передбачити реальну поведінку тіста та умови роботи шнека. Ми приймаємо свої припущення з обмеженням. Вважаємо процес деформування проходить за температури константа і тісто має собою:

- суцільне рівномірно і неперервно заповнено весь об'єм ;

- однорідне у всіх точках має однакові властивості;
- ізотропне, де властивості однакові у всіх напрямках.

Визначаються параметри впливу на властивості тіста.

Вплив особливостей мікроструктури тіста на технологічні параметри транспортування дозволяє шлях статистичного підходу. За допомогою теоретичного аналізу поведінки окремого фрагменту тіста в головних особливостях. При цьому уникають проведення експериментальних досліджень, пов'язаних з визначенням матеріальних функцій. В деяких випадках недоліком цього підходу полягає у складній формі при порівнянні даних вихідних мікроаналізу.

Кінцевий результат – транспортування тіста як функція часу і технологічних параметрів – формулюється в термінах макроскопічної природи. Для побудови математичної моделі використаний підхід з механіки суцільного середовища. При описі деформаційних процесів сформульовано припущення, якими є:

- 1) діаметр дисперсної частинки пор, що перевищують відстань молекулярно-кінетичну;
- 2) параметри менші відстаней при неоднорідності.

Тому параметри неоднорідностей набагато менші довжини і діаметра каналу, в яких тече тісто.

3.3. Взаємодія шнекового робочого органа із тістом

Як відомо (див розд.1), будь-яка рідина, котра рухається відносно твердої границі, динамічно впливає на цю границю. Причому вплив визначається двома факторами. Перше, дотичні напруження t , зумовлені в'язкістю та градієнтами швидкості на граничній поверхні. Вони викликають сили, дотичні до поверхні (рисунок 3.2, *a*). По-друге, тиск p змінюється вздовж поверхні. Він змінюється внаслідок динамічних ефектів. Також породжує сили нормальні до границі. При обтіканні шнекового робочого органа в тісті векторна сума нормальних і дотичних до поверхні сил взятої по всій поверхні, дає вектор результуючої сили F , як показано на рис. 3.2, *a*.

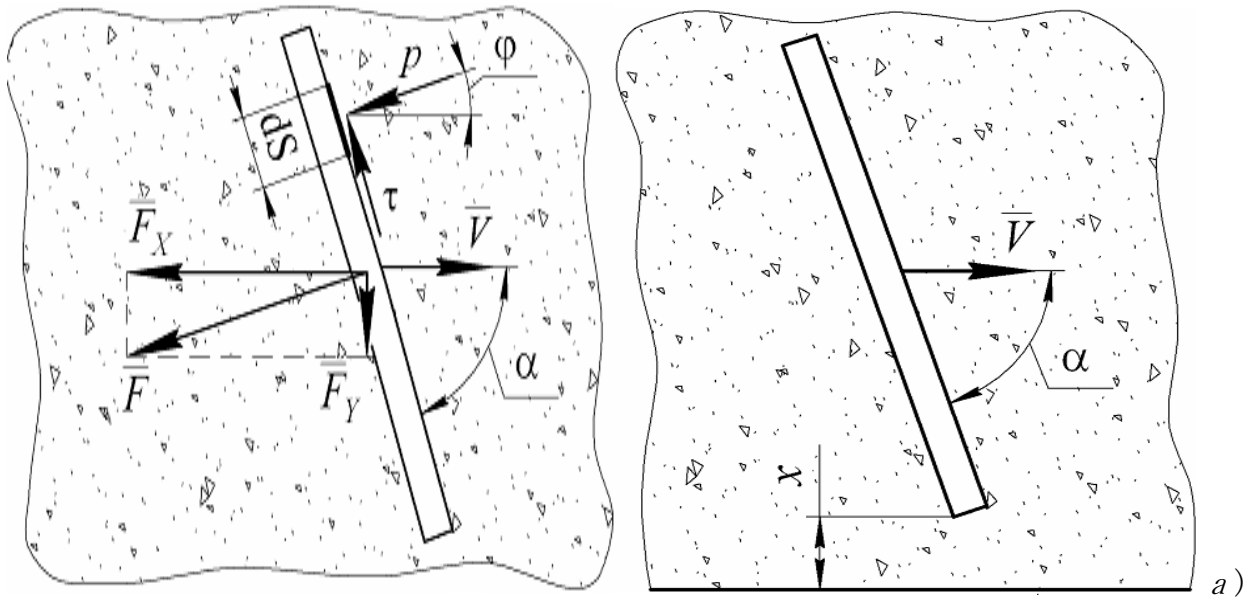


Рис. 3.2. Рух фрагмента шнекового робочого органа (лопаті) в тісті: *а* – схема дії сил; *б* – розрахункова схема досліджень

Складова результуючої сили F_X , паралельна відносній швидкості обтікання, є лобовим опором. Складова, перпендикулярна до відносної швидкості обтікання, являє собою поперечну (бокову) силу F_Y . Як лобовий опір, так і поперечна сила включають у себе компоненти, пов'язані з тертям (позначимо їх індексом f) та тиском (позначимо їх індексом p). У випадку, коли кут α (рис. 3.5, *а*) наближається до 90° , поперечна сила значно менша за лобовий опір, тому далі більш детально розглянемо останній.

Для повного лобового опору можна записати

$$F_x = F_{xf} + F_{xp}$$

Представимо його у вигляді суми двох компонент:

$$\text{опору тертя } F_{xf} = \int_S \tau \sin \varphi dS ; \text{ опору тиску } F_{xp} = - \int_S p \cos \varphi dS ,$$

де S – повна площа поверхні тіла; φ – кут між нормаллю до елемента поверхні та напрямом швидкості руху V .

Згідно з моделлю Кармана сила опору може бути визначена за формулою

$$F_x = C \rho \frac{V^2}{2} S ,$$

де C – безрозмірний коефіцієнт опору; ρ – густина рідини; V – відносна швидкість обтікання тіла рідиною; S – відповідним чином вибрана характерна площа.

Зазвичай у якості S приймається площа проекції тіла на площину, перпендикулярну до швидкості V . Величина коефіцієнта C залежить як від властивостей рідини, так і від форми тіла, що рухається у рідині, та його оточення. Для тіл простої геометричної форми (пластина, сфера) у випадку обтікання ідеальною рідиною ці коефіцієнти визначені як теоретично, так і практично. Також наявні експериментальні значення коефіцієнта опору C для пластин за умови їх вільного руху. Для тіста $C = 3 - 9$, для розчинів $C = 1,5 - 4$.

3.4. Комп'ютерне моделювання дії фрагменту лопаті шнека на тісто

Під час роботи робочого органа певну частину траєкторії проходять у безпосередній близькості до дна або стінок корпусу. Питання впливу проміжку між корпусом і шнеком та кута між ними на величину коефіцієнтів опору майже не розглянуте у літературі. Також відсутні якісні й кількісні показники цього впливу.

Теоретичне дослідження даного питання для ідеальних рідин викликає значні складності. У випадку вивантаження (транспортування) тіста замішаного із неньютонівською в'язкістю, розрахунок опорів стає ще складнішим. Дана проблема може бути розв'язана за допомогою методу скінченних елементів (МСЕ). Дає можливість розрахунку як двовимірних (плоских), так і тривимірних (об'ємних) моделей взаємодії тіста із твердими тілами довільної форми. Результатом розрахунку є розподіл тиску й швидкостей у рідині, лінії течії, а також сили, що діють на поверхні розділу тісто-рідина. Точність МСЕ визначається шляхом вибору розмірів скінченних елементів, на які розбивається модель, та кількістю ітерацій, що виконує програма.

За допомогою комп'ютерних програм досліджена взаємодія плоскої лопатки під кутами $\alpha = 75^\circ, 90^\circ$ і 105° до стінки за умови руху на відстані $x = 0 - 70$ мм (рис. 3.2) між лопаткою та стінкою і розподіл сил в корпусі шнека. Вигляд вікна результатів розрахунку наведений на рис. 3.3. Отримані дані на рис.3.3, можна

помітити великі розбіжності, величина яких іноді становить два порядки. До причин, які пояснюють невідповідність даних методик, відносять різний характер потоків і, відповідно, різну об'ємну орієнтацію часток маси, що спричиняє відмінності у її властивостях.

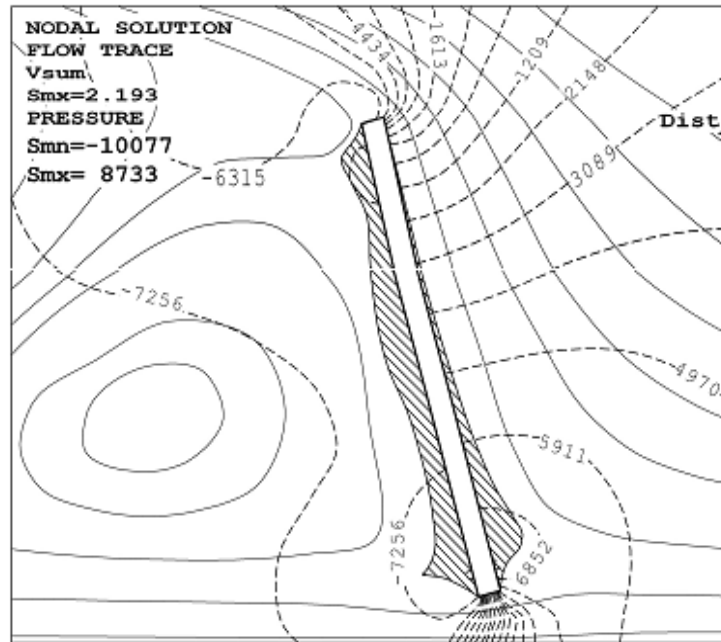


Рис. 3.3. Вікно результатів розрахунку течії тіста (ізолінії) відносно фрагмента робочого органа

Штриховими показані ізолінії тиску із зазначенням величини у паскалях. Суцільними тонкими зображені лінії течії. Пластина рухається зліва направо зі швидкістю 1 м/с на відстані 10 мм від стінки. З використанням одержаних аналітично значень гідродинамічної сили, що діє на лопатку, була розрахована величина коефіцієнта опору C залежно від відстані між стінкою та лопаткою. Вона подана у вигляді графіків на рис. 3.4.

Аналізуючи одержані графіки, ми бачимо, що різке зростання величини коефіцієнта опору C відбувається при зменшенні відстані x до 10 мм і нижче для кутів $\alpha = 75^\circ$ та 90° . Для кута ж $\alpha = 105^\circ$ плавне зростання коефіцієнта C починається при зменшенні x до 50 мм і нижче. Отже, під час проектування шнекового робочого органа з метою зниження енергоспоживання необхідно забезпечувати проміжок між корраусом та траєкторією граничних точок робочих органів не менше 10 мм , а кут

між стінкою й площиною робочого органа під час руху останнього в безпосередній близькості до корпусу повинен бути меншим за 90° .

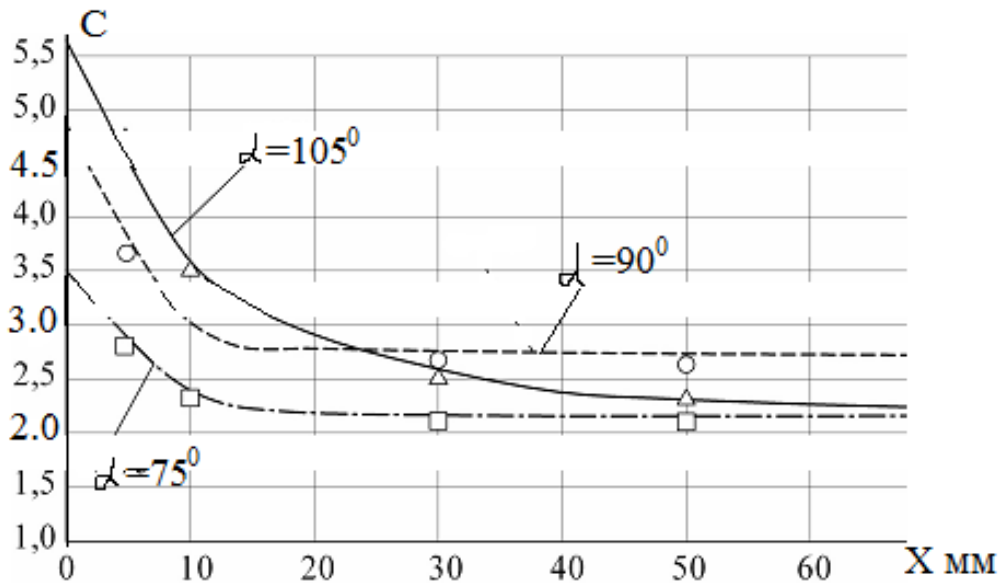


Рис. 3.4. Залежність коефіцієнта опору C від величини проміжку x за умови різних кутів атаки лопатки робочого органа α

Таким чином, шляхом математичного моделювання за допомогою методу скінченних елементів отримані значення коефіцієнта опору тіста рухові лопатки в безпосередній близькості до стінки. Це дозволяє підвищити точність проектних розрахунків при обчисленні силових факторів, що діють на робочі органи змішувачів, а відповідно й потужності, котра споживається у процесі змішування.

Розходження експериментальних і теоретичних значень коефіцієнта опору C не перевищує 5%, що свідчить про достатньо високу відповідність запропонованої моделі явищам, які відбуваються при взаємодії лопатки шнека у безпосередній близькості до стінки.

3.4.1. Моделювання стадії транспортування тіста

Переміщення в'язкого тіста є досить складним процесом. Тому переміщення тіста лопатями шнека встановлює шлях вивантаження із робочої камери машини. В нашому випадку характеризується рівномірністю розподілу замішаного тіста на

початковому і завершальному етапі. Досить великий вплив шнек має утворення різного роду деформацій при його дії. В свою чергу це залежить від в'язкості тіста, лопатей шнека та течії тіста в корпусі. Проаналізувавши картину руху лопатевих органів в тісті при вивантаженні з камери в'язкого середовища дозволило прогнозувати весь процес. В корпусі шнека ці залежності підтверджуються даними зміни в'язкості в камері. Область в'язкості є відповідно ефективним переміщенням. Найменші в'язкості Па·с в області руху лопатей. В загальному об'ємі в'язкість має більші значення Па·с. Таким чином дозволяє встановити переміщення тіста з виникаючими сприятливими деформаційними умовами. Цієї зони при розрахунку потужності вивантаження шнеком не дозволяють сприяти застою тіста біля стінок корпусу. Однозначно, раніше параметри не надавали точності проектним розрахункам так як були тільки орієнтовні. Проаналізувавши отримані графічні результати, маємо можливість чітко розглянути процес вивантаження. Разом і формі робочого органу шнека слід надавати перевагу. В якості робочої, слід обирати зону де швидкість тіста є найбільшою. Це зумовлює зменшення в'язкості тіста і енергетичних затрат в процесі вивантаження. Цей вибір із заданою швидкістю руху і реологічними параметрами тіста створюють його густина.

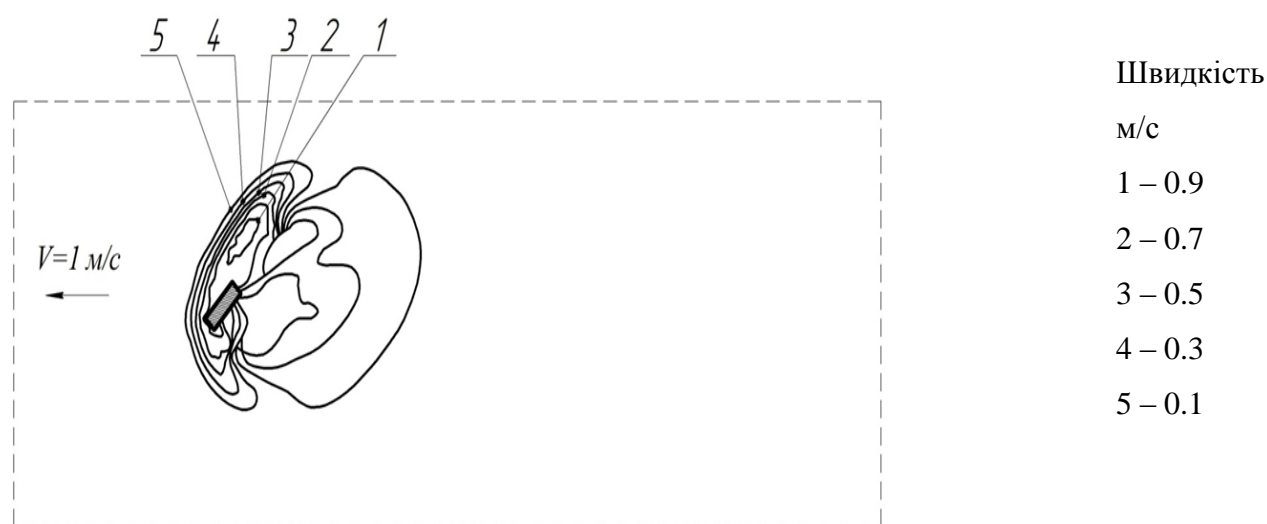


Рис. 3.5. Ізолінії швидкості течії тіста поперечного перерізу лопатей шнека: а – прямокутної; б – циліндричної

Вдалими вважаємо шнеові робочі органи, що дають максимальну швидку течію тіста. Тому відстані 5-8 мм маж бути від стінки. Зазор між лопатями в межах 60-70 мм з кутом 20° відносно одного. Оптимальна форма лопаті забезпечує високу якість готового продукту при невеликих енергетичних затратах.

3.5. Визначення параметрів конструктивних

В даному параграфі проведено регресійниц аналіз звязку параметрів з самим процесом, який розкриває і прогнозує нашу модернізацію. Всі розрахунки подано в додатку 2.

В загальному вигляді критеріальне рівняння потужності вивантаження тіста запишемо у вигляді: $Kn=C \cdot Rem \cdot Nek$.

Для отримання значень коефіцієнта C та показників степені m та k скористаємось даними, отриманими в процесі моделювання і розрахуємо критерії подібності, які наведені в табл. 3.4.

Розрахункові значення критеріїв рівняння

Таблиця 3.4

Re	He	$K_n \cdot 10^{-5}$
0.76	2.6	120
0.8	2.8	57
1.1	3.4	50
1.06	3.2	32
1.36	3.9	22

Позначивши $X = \ln Re$; $Y = \ln He$; $Z = \ln K_n$ маємо змогу записати рівняння в загальному вигляді:

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

В результаті після перетворень отримаємо систему рівнянь:

$$\begin{cases} 0.307m + 1.361k + c = 14.604 \\ (-0.223)m + 1.03k + c = 15.55 \\ 0.03m + 1.163k + c = 14.975 \\ (-0.274)m + 0.956k + c = 16.3 \\ 0.095m + 1.224k + c = 15.425 \end{cases} \quad (3.4)$$

Щоб розв'язати систему (3.4) за методом найменших квадратів, складемо систему рівнянь. Їх кількість дорівнює кількості невідомих. Вони складаються за правилом. Їх розв'язок в роботі не проводиться. Якщо зробити позначення: $\{ [aa] = a_1a_1 + a_2a_2 + \dots$

$$[ab] = a_1b_1 + a_2b_2 + \dots$$

$$[ac] = a_1c_1 + a_2c_2 + \dots$$

$$[ba] = b_1a_1 + b_2a_2 + \dots$$

$$[bb] = b_1b_1 + b_2b_2 + \dots$$

$$[bc] = b_1c_1 + b_2c_2 + \dots$$

то нормальні рівняння будуть мати наступний простий вигляд

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

В результаті отримаємо систему трьох рівнянь з трьома невідомими.

4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ВИАНТАЖЕННІ ТІСТА З РОБОЧОЇ КАМЕРИ МАШИНИ

4.1. Моделювання етапу переміщення тіста шнеком

Ефективність реалізації течії тіста слід постійно забезпечити рівномірний розподіл тіста лопатями шнека. Безпосередньо ця залежність впливає на якісні показники готової продукції. За критерій якості початку переміщення тіста обрано рівномірність розподілу між лопатями. При цьому проаналізовано зміну корпусу шнека, а також швидкість. Обґрутовуючи результати досліджень, можемо констатувати, що спіральні лопаті шнека забезпечує достатньо рівномірне зтягування і транспортування щамішаного тіста протягом 60 с. При цьому забезпечується достатній рух тіста в осьовому напрямку. Тому використання таких лопатей шнека доцільно. Крім простоти виготовлення, їх перевагою є малий опір [2]. Процес переміщення тіста шнековим робочими органами в промисловості реалізується при суттєво більших частотах обертання. При цьому потрібна концентрація не змінюється. Це свідчить, що максимальна швидкість спостерігається поблизу і навколо робочого органу та досягає в цих зонах свого максимального значення. Проаналізована конструкція визначення первинного транспортування.

Розподіл концентрацій проводили їх інтервалу в часі 5, 10, 15, 20 с. Обрано та проведено аналіз результатів. Отримані на п'ятій секунді в розглянутому проміжку періоду проволдється взаємодіє тіста, що бере початок на початку взаємодії. Досить мала йогочастина контактує і впливає на лопать. Після десяти секунд течії тіста можна встановити три зони .

Аналізуючи процес після двадцяти п'яти секунд, можна помітити три області нерівномірності концентрації, але в цих зонах процес відбувається навпаки попереднім – залишки з верхнього шару поступово мігрують в нижню частину об'єму ємкості. Концентрація суміші стає більш рівномірною. З зображень рисунка видно поступове зменшення кількості і площі областей, в яких рівномірність розподілу компонентів суміші суттєво відрізняється. Це дозволяє визначити час достатнього процесу з точки зору досягнення достатньої рівномірності продукту.

Ефективність роботи різною конструкцією представлена на рис. 4. Критерій ефективності - зміна концентрації тіста стадії за період 60 с.

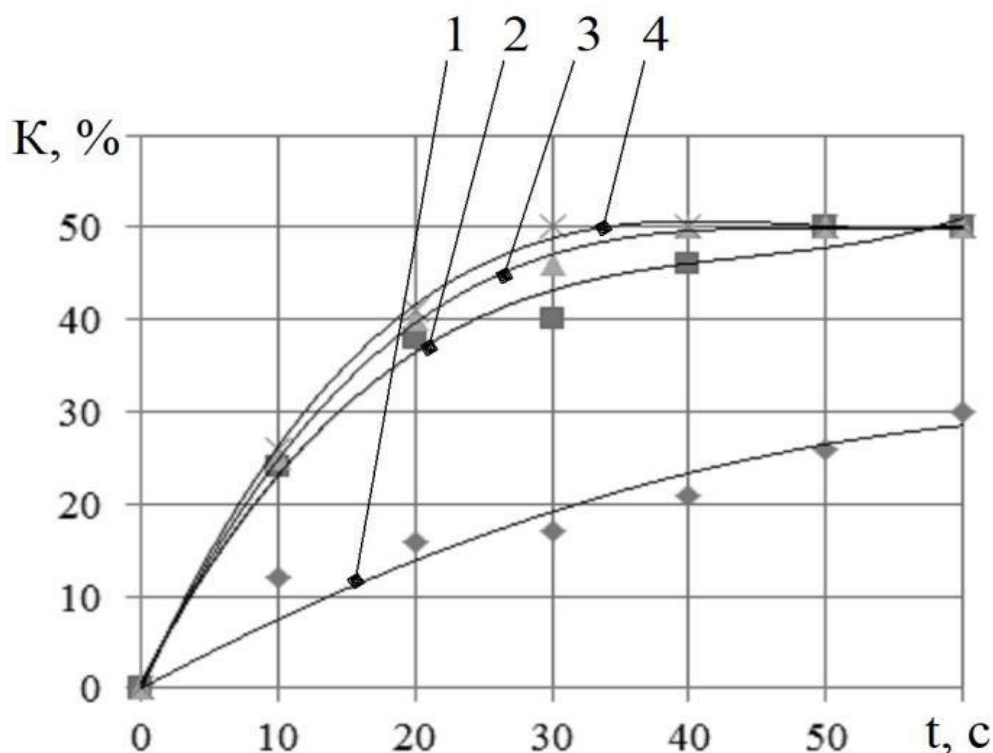


Рис. 4.1. Зміна рівномірності розподілу компонентів тіста від тривалості транспортування для шнекового органу різної форми лопаті: 1 – прями лопаті; 2 – спіральні лопаті; 3 – лопаті під кутом 30° ; 4 – лопаті під кутом 20°

Найбільш доцільно використовувати лопаті під кутом 20° , що забезпечують процес за 30 с від початку процесу. Аналіз дозволяє підтвердити нашу гіпотезу про кут нахилу лопаті шнека.

4.2. Визначення потужності на основі врахування сил опору

Розробці нових тістомісильних машин значні кошти і час витрачаються на обґрунтування показників конструкції: геометричних (форми, розміру місильних органів) і енергетичних, дисипації кінетичної енергії. Теоретична методика проектування дозволяє скоротити час знаходження параметрів для процесу. Таким методом може бути математичне моделювання процесу.

З теорії відомо [2], про сили опору $F_{\text{в}}$, та силу тертя $F_{\text{т}}$, що безпосередньо впливають на РО. Відомо, що тісто відноситься до рідив з високою вязкістю, тому у поведенні розрахунків потужності впливає перша сила.

В загальному вигляді [3] сила досить має змінні значення від швидкості руху тіста v , та його густини. Перезіз S однозначно впливає маючи свої значення. Для наших дослідів ми рекомендуємо використовувати робочі органи лопаті під кутом 20 при допомозі формули [6]:

$$F=4\pi\cdot\eta\cdot v\ln(3.7Re).$$

Харчових продуктів, в'язкість тіста змінна та визначається градієнтами зсуву γ . В ході досліджень було визначено функціональний зв'язок між цими величинами. Отримана залежність була використана в ході комп'ютерного моделювання процесу. Для дослідження були обрані діаметрами 10, 30 і 50 мм. Швидкості потоку, який набігає, приймалися рівними 1.5, 10 і 15 м/с, що відповідає лінійним швидкостям органів промислових тістомісильних машин. Швидкості потоку, який набігає, приймалися рівними 1.5, 10 і 15 м/с, що відповідає лінійним швидкостям органів промислових тістомісильних машин.

Після моделювання в програмному комплексі Flow Vision отримані інтегральні характеристики сили опору. Залежність сили опору F та її складових від зміни діаметра. На основі отриманих результатів можна стверджувати, що зі збільшенням швидкості руху і діаметра органу сила опору значно зростає. У графічному вигляді залежності представлені на рис.4.2-4.3.

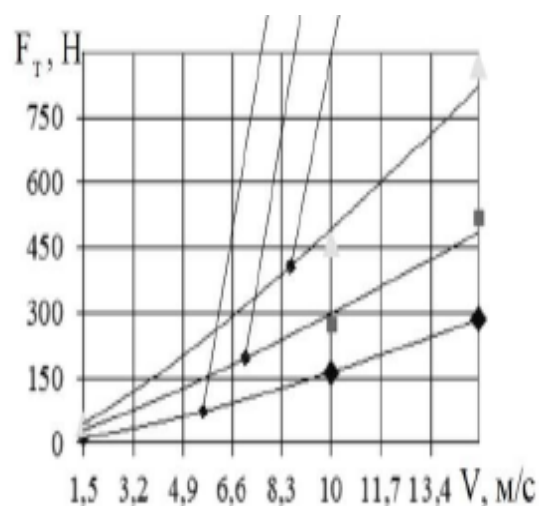
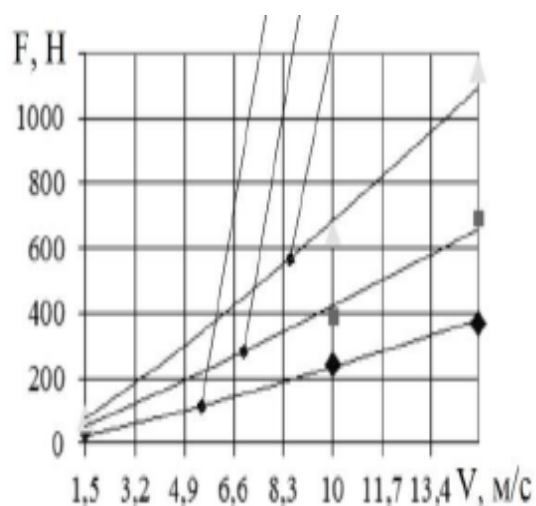


Рис. 4.2. Залежність сили опору від швидкості потоку при діаметрах, мм:
1 – 10; 2 – 30; 3 – 50.

Рис. 4.3. Залежність складової F_t сили опору від швидкості потоку при діаметрах, мм:
1 – 10; 2 – 30; 3 – 50.

Отримавши величини сил опору, можна обґрунтовано підходити до визначення потужності приводу, необхідної для замісу тіста [12], чисельне значення якої визначається за формулою:

$$N=2\pi \cdot F \cdot n \cdot r \eta,$$

де F – сила опору, Н;

r – радіус місильного органа, м;

η – ККД приводу.

Аналіз результатів свідчить, що більш суттєво на величину сили опору впливає зміна швидкості, з підвищенням якої сила опору зростає на порядок, тоді як зміна діаметру збільшує силу опору приблизно втричі.

Слід звернути увагу, що при зростанні швидкості потоку зменшується частка сил внутрішнього тертя внаслідок руйнування частини зв'язків між структурними компонентами тіста.

При діаметрі органу 10 мм і швидкостях більше 10 м/с характер зміни цієї залежності найбільш помітний. Це викликано утворенням на задній стінці циліндра великої області підвищеного градієнта швидкості, що призводить до відриву пограничного шару з поверхні робочого органу.

Зменшення частки сил опору, викликаних внутрішнім тертям, позитивно позначається на загальному балансі сил, так як зменшується непродуктивний нагрів тіста. При цьому значна частина енергії витрачається на утворення завихрень, які сприяють переміщенню.

Аналіз отриманих результатів дає практичну можливість визначати параметри робочих органів, у яких співвідношення діаметра робочого органу і швидкості його руху знаходиться в певному діапазоні, що забезпечує найбільшу ефективність роботи. Рекомендовано використовувати робочі органи діаметром 20–

30 мм при частотах обертання 250–300 об/хв, що відповідає лінійній швидкості 6.2–7.85 м/с.

4.3. Реологічні характеристик тіста після дії шнекового робочого органу

Режими течії забезпечують граничне напруження зсуву і не допускають до руйнування структури тіста. Реологію тіста досліджено на ротаційному віскозиметрі системи Воларовича РВ–8.

Тісто розміщували у стакані віскозиметра і, змінюючи масу вантажів, фіксували час їх опускання. Детально методика проведення експериментів і обробки дослідних даних представлена в пункті 2.3.2. Границя маси на роторі за дослідними даними $h=0,105$ м.

Результати серій експериментів дещо відрізняються, що пов'язано не тільки з недоліками методики проведення експерименту, перерахованими вище, а й з природою досліджуваного матеріалу. Тісто є складною колоїдною системою, і навіть незначні відмінності у рецептурі, якості вихідних компонентів і технологічних режимах відбиватимуться на величині його структурно-механічних характеристик. На точність результатів при вимірюванні вплинула і залежність властивостей маси від часу, оскільки для дріжджового тіста вони при бродінні змінюються. Тому нижче наведені усереднені реологічні характеристики тіста.

На основі даних для холостого і робочого ходу побудовано залежності частоти обертання ротору від маси вантажів, які його обертають (рис.4.4).

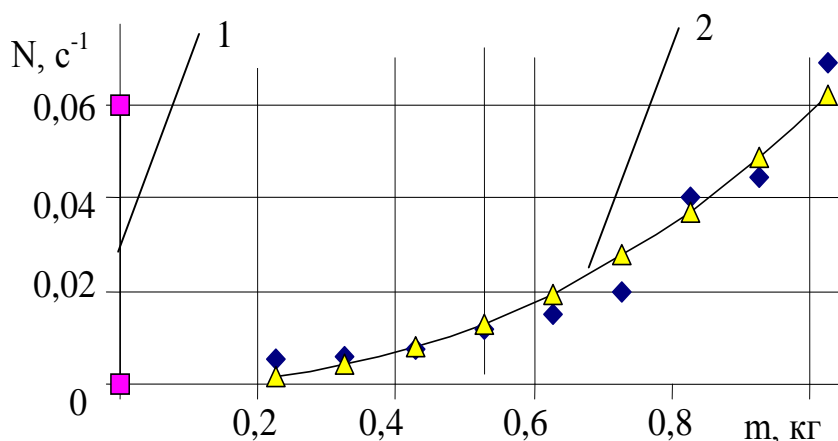


Рис.4.4. Залежність частоти обертання ротора від маси вантажів

1 – при незаповненому циліндрі;

2 – при заповненому тістом циліндрі.

Як видно з рис.4.4, впливом тертя в підшипниках можна знехтувати, оскільки воно незначне порівняно із зусиллями, які необхідно витратити для зсуву такого високов'язкого матеріалу як тісто. Залежність $N=f(m)$ для заповненого стакану представимо функцією виду $N=c_1 \cdot m^n$, коефіцієнти c_1 і c_2 якої визначаємо, користуючись методом найменших квадратів. Реалізація цього методу у середовищі *MathCad 2001 Pro*. Після апроксимації залежність набула вигляду

$$N = 0.061 m^{0.46} \quad (4.1)$$

Маса $m_0=0.0479$ кг, при якій ротор починає обертатися, визначена графічно шляхом подовження кривої 2 (див. рис.3.1) до перетину з віссю абсцис. Тоді граничне напруження зсуву, Па



Значення напружень $\tau' = \tau - \tau_k$, при яких відбуваються деформації зсуву, обчислені за формулою (2.4).

Коефіцієнти B^* і n рівняння (2.8) також отримані методом найменших квадратів:

$$B^* = 11.1 \text{ Па}, n = 0.46$$

$$\tau = \mu \dot{\gamma} \quad (4.2)$$

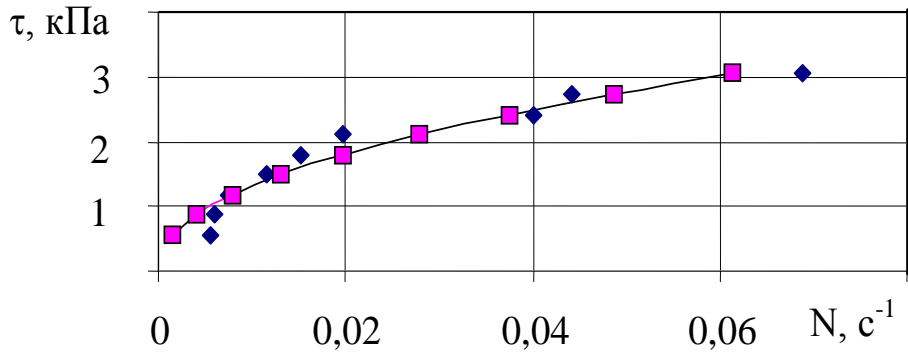


Рис.4.5. Залежність напруження зсуву від частоти обертання шнека

Уточнене значення еквівалентної довжини шнека, визначене з допомогою номограми [4]:



і відповідно



На основі даних побудована ділянка кривої течії пшеничного дріжджового тіста (рис.4.6).

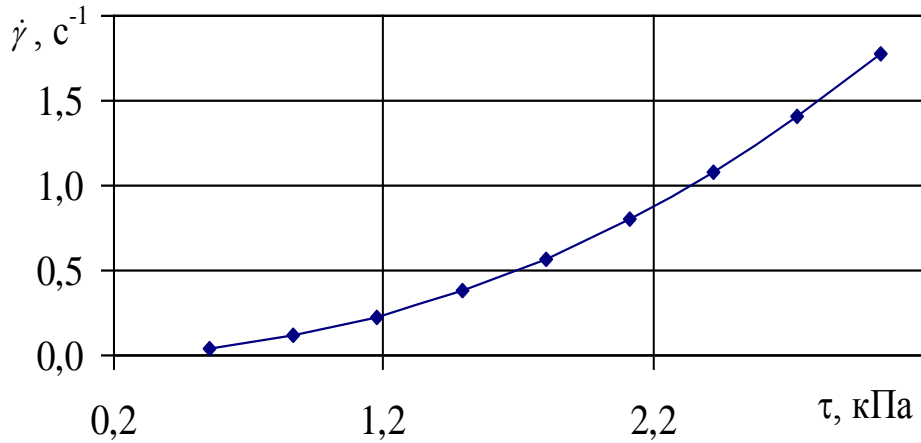


Рис.4.6. Крива течії пшеничного дріжджового тіста

Ефективна в'язкість від градієнта деформації зсуву $\eta_{ef}=f(\dot{\gamma})$ подана у рис.4.7, математичний вираз функції є

$$\eta_{ef} = 12080 \cdot \dot{\gamma}^{-0.456} \quad (4.3)$$

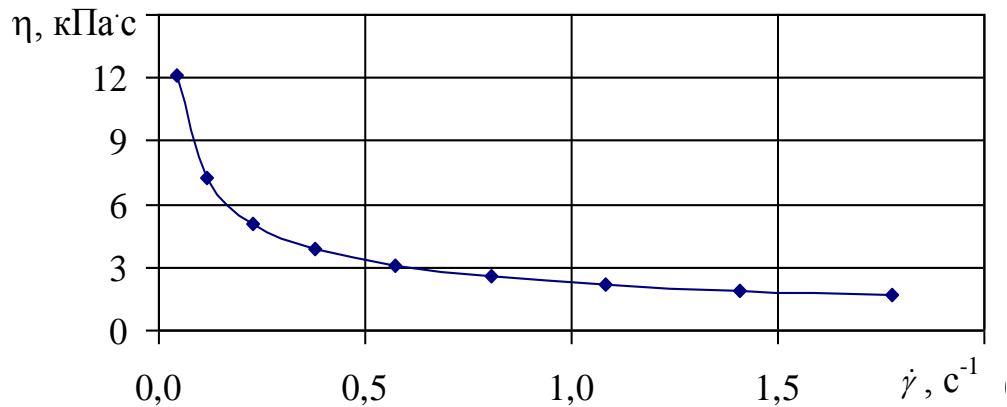


Рис.4.7. Залежність в'язкості від швидкості зсуву

Як видно, змінв деформації впливає на в'язкість, що характерно для матеріалів з орієнтацією молекул в напрямку зсуву і зв'язків між ними. Як встановлено дослідженнями, найбільш інтенсивно в'язкість змінюється при невеликих градієнтах швидкості зсуву. Так, в інтервалі $\dot{\gamma} = 0.05 - 1.5$ вона зменшується від 12080

до 3108 Па·с, або у 3,9 рази. З подальшим збільшенням $\dot{\gamma}$ зменшення ефективної в'язкості уповільнюється і після $\dot{\gamma}=1,6\text{c}^{-1}$ вона зберігається майже сталою, що свідчить про граничне руйнування структури.

При математичному моделюванні процесу будемо використовувати залежність ефективної в'язкості від напруження зсуву, що дозволить адекватно відобразити зміну реологічних характеристик такого неньютонівського матеріалу, як тісто, в процесі навантаження (рис.4.8).

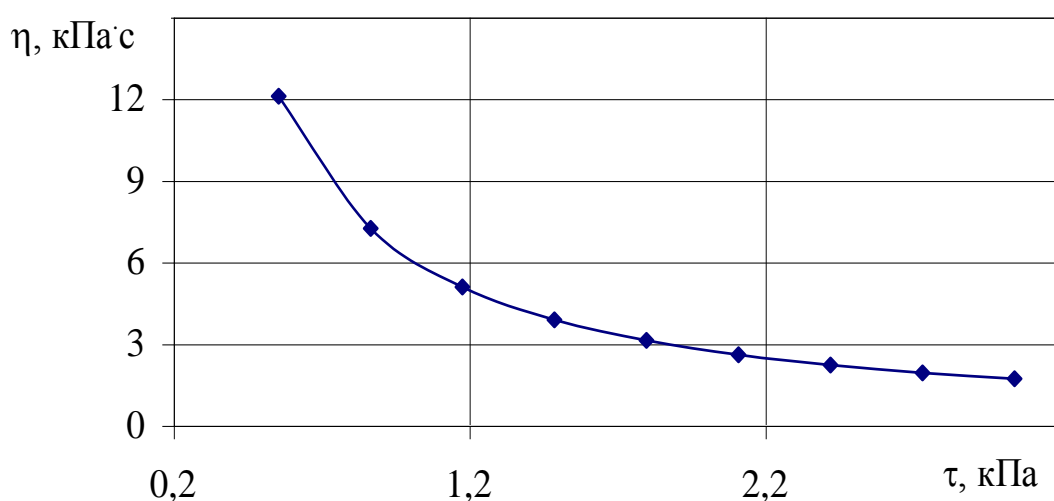


Рис.4.8. Залежність в'язкості тіста для хали від напруження зсуву

$$\eta = 12 - 1,5 \tau^{0,5} \quad (4.4)$$

Таким чином, в ході проведення дослідів визначені величини: граничного напруження зсуву (149 Па) і градієнта швидкості зсуву ($1,6\text{c}^{-1}$), перевищення якого призводить до граничного руйнування структури тіста. Побудовано ділянку кривої течії і встановлено закономірності зміни в'язкості вибродженого тіста від умов навантаження. Виконано апроксимацію отриманих залежностей. Перераховані реологічні характеристики використані в якості вхідних даних при математичному моделюванні процесу.

4.4. Дослідження газоутворення в тісті при атмосферному тиску

При розгляді транспортування тістових напівфабрикатів по трубопроводах, рух у формувальних каналах, точність поділу, в більшості випадків властивість змінювати свій стан не враховувалася. Таке спрощення розрахунків призводило до появи значних похибок, бо не відображало реальні процеси, характерні для виробництва. Також представити розчинності CO₂ при впливі деформації. Через це представляє інтерес визначення вмісту газу, накопиченого під час замісу та бродіння.

4.4.1. Визначення кількості CO₂, накопиченого в тісті без надлишкового тиску

Вплив на кінетику газоутворення при дії щнека із компонентами цукру і жиру, які за літературними даними найбільше впливають на структуроутворення, були проведені 5 серій дослідів. Зразки кожної серії відрізнялися між собою відсотковим вмістом компонентів: без додавання жиру і цукру (контрольний зразок), із додаванням до складу контрольного варіанта відповідно 5 і 7% жиру, із додаванням 5 і 7% цукру. Отримані результати перераховані на 100 г борошна. Зокрема, вплив жиру на процес утворення газу і утримання його тістом. Покази дослідень подано на рис.4.10.

Із рис.4.9 видно, що більші значення об'єму після бродіння має тісто з вмістом жиру 5%. Збільшення до 7% досить негативно впливає на об'єм тіста. Він може бути зменшеним за об'єм контрольного зразка (268 мл порівняно з 280 мл для контрольного варіанта). Це пояснюється пластикуючими властивостями жиру на структуру тіста. А, відповідно, зменшує в'язкість.

Додавання певної кількості жиру (до 5%), вірогідно, призводить до меншого, порівняно з контрольним зразком, опору структури тіста збільшенню об'єму газових пухирчиків. З подальшим зниженням в'язкості при підвищеному вмісті жиру до 7% супроводжується руйнуванням стінок газових пор. Руйнування надлишковим тиском від бродіння при видаленні в навколишнє середовище.

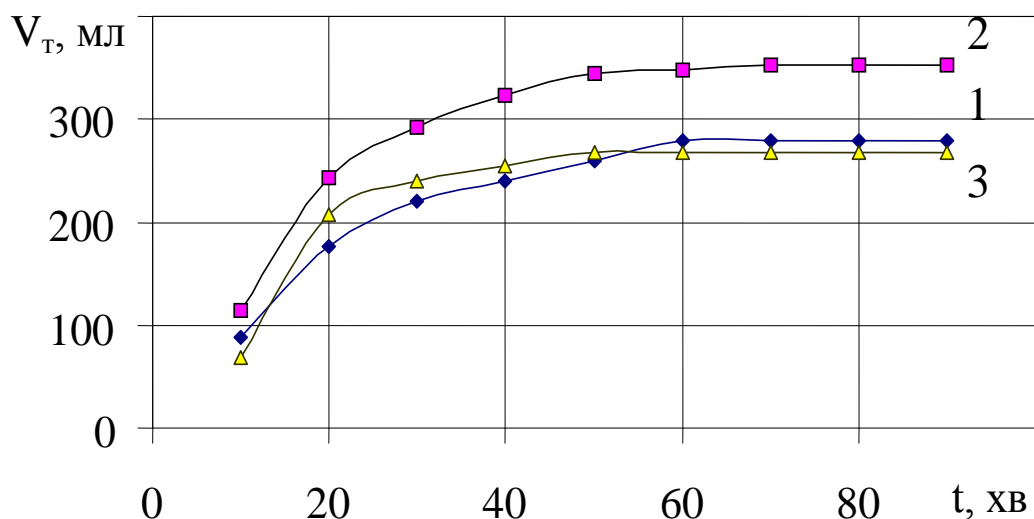


Рис. 4.9. Зміна об'єму тіста з різним вмістом жиру від часу:

- 1 – контрольний зразок;
- 2 – тісто з 5% жиру;
- 3 – тісто з 7% жиру.

Ці результати є наслідком не тільки пластикуючої, як у випадку жиру, дії цукру, а, насамперед, використанням його дріжджами як додаткової поживної речовини, що і прискорює процес спиртового бродіння. Для цих зразків також спостерігається значне перевищення втраченого CO₂ над утримуваним в тісті.

Більша частина вуглекислого газу, втрачається марно, що можна простежити на рис.4.10, побудованому на основі даних для контрольного зразка.

Збільшення об'єму тіста спостерігається тільки протягом перших 50 хв. Після завершення цього часу різниця між об'ємами газу і тіста перевищує об'єм самого зразка тіста, а наприкінці дослідів відношення $\Delta V/V_{micn}$ становить 2,17. Аналогічні закономірності спостерігаються для решти зразків.

Відсотковий вміст газу ($\frac{V_{kin} - V_{noy}}{V_{kin}} \cdot 100\%$) тіста за умови даного середовища тиску.

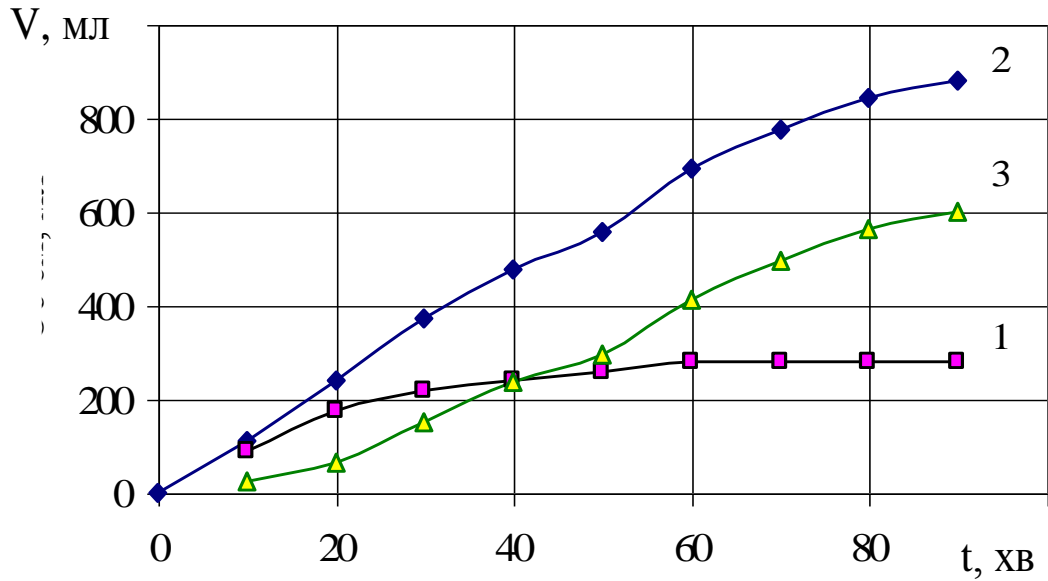


Рис.4.10. Залежність об'єму тіста (1), виділеного CO_2 (2) і різниці між ними (3) від часу

Частина CO_2 , утворюється при спиртовому бродінні і випаровується при розриві стінок пор, що створюють вони. Відповідно при бродінні проходить втрата сухих речовин.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1. Аналіз виробничого травматизму

Охорона здоров'я людей, працюючих в різних галузях народного господарства України, шляхом створення безпечних і надійних для людини умов праці являється головною задачею охорони праці

При розробці і організації технологічних процесів необхідно повністю враховувати діюче законодавство, санітарні і гігієнічні вимоги, мета яких усунення виробничих шкідливостей. Виконання законодавчих і нормативних актів по охороні праці веде до зниження виробничого травматизму. В основу державної політики покладено принцип створення здорових та нешкідливих умов праці шляхом ліквідації важкої фізичної праці, впровадження нової прогресивної техніки і технологій.

Покращення умов праці, максимальне зменшення травматизму та профзахворювань є найважливішим завданням охорони праці. Основною законодавчою базою охорони праці і Закон України «Про охорону праці» прийнятий Верховною Радою України 21 серпня 2002 року. Закон «Про охорону праці» складається з преамбули і 8 розділів.

Рівень травматизму і профзахворювань на підприємствах залежить від рівня організації охорони праці та пожежної безпеки, а також стану трудової дисципліни. Значну роль у питаннях створення здорових і безпечних умов праці відіграє наявність коштів на підприємстві, призначених

для охорони праці і професіоналізму працівників. Тістоготувальні ділянки або підприємство в цілому піддають детальному обстеженню, в процесі якого виявляються причини травматизму, а також недоліки в організації роботи по техніці безпеки і виробничої санітарії. Крім того, використовують матеріали по травматизму за минулий період. Такий метод вивчення травматично -небезпечних ділянок дає матеріал для широких узагальнень і проведення різних заходів загального характеру по охороні праці.

Топографічний метод дозволяє вивчити причини нещасних випадків на місці.

Місце події кожного випадку наноситься умовним знаком на план розміщення робочих місць на тістоготувальній лінії. Виділену таким чином небезпечну ділянку потім вивчають монографічним методом і за наслідками вивчення проводять профілактичні заходи. Такі наочні топографічні схеми головний механік може використовувати при проведенні інструктажу по техніці безпеки з виробничим персоналом, що знов поступили.

Статистичний метод дозволяє визначити кількісну сторону травматизму, а також вивчити основні причини, закономірності їх прояву по значному числу фактів. Цей метод дає можливість проаналізувати ступінь навченої і досвідченості працівника, характер травм, а також визначити організаційно-технічні причини. Коефіцієнт тяжкості травматизму показує середнє число днів працездатності що доводиться на одного пострадавшего від нещасного випадку за певний період.

Суть економічного методу полягає у визначенні збитків від травматизму і професійних захворювань з метою з'ясування економічного ефекту на розробку і впровадження заходів щодо охорони праці. Всі нещасні випадки, що відбулися на хлібокомбінаті, підлягають обліку, який ведеться в спеціальних журналах. Мікротравми, що викликали звільнення від роботи менш одного дня, реєструються в журналах надання долікарської допомоги,

які зберігаються в медпунктах.

У відповідності з діючим законодавством, керівники підприємств повинні забезпечити своєчасне і якісне проведення інструктажів по безпечним прийомам і методам праці, ознайомлення їх з правилами поведінки на території, в цехах і на відділеннях підприємства. Попередження аварій і нещасних випадків не може бути забезпечено без належного інструктажу працюючих по техніці безпеки. Існує декілька видів інструктажу працюючих по безпечним прийомам і методам праці.

Техніка безпеки при обслуговуванні обладнання:- Перед початком роботи зробити поверхневий огляд машини, огляд місильного органу, основних вузлів та переконатися у їх справності.

- Перед роботою необхідно змастити місильну частину.
- Нагляд за роботою тістомісильної машини слід вести через оглядове вікно.

- Не дозволяється лишати тістомісильну машину, яка працює, без нагляду.
- Шнекові транспортери біля машини повинні бути закриті, а кришки закріплені гвинтами або оснащені шарнірами і замками.
- Слідкувати за завантаженням та розвантаженням машини.
- По закінченню роботи вимити місильну частину бід тіста.

5.1.1. Пожежна безпека

Тістоприготувальний цех по пожежній безпеці відноситься до категорії “Б”. Ступінь вогнестійкості по пожежній безпеці огорожуючи конструкцій – “П” (споруда виконана з цегли). Протипожежний водопровід об’єднаний з господарським водопроводом.

Внутрішні пожежні крани розміщуються в приміщенні цеху в проти лежачих кінцях споруди – один біля входу, другий в прибудові. Вони знаходяться на висоті 1,35м від підлоги в шафах з скляними дверцями. Крім цього цех забезпечений первинними засобами пожежегасіння: вогнегасниками ОХП-10: ОП-10, ящиком з піском, бочкою з водою, відрами, лопатою, азбестовим полотном 2х2м. Для сигналізації пожежі встановлені автоматичні сигналізатори, які мають тепловий датчик МДПИ-0,28.

Первинні засоби пожежегасіння. Загоряння в початковій стадії його розвитку можна погасити за допомогою первинних засобів пожежегасіння. До них відносяться внутрішньо пожежні крани з пожежними дулами і рукавами, вогнегасники, бочки з водою, багри, ломи, сокири, відра. Всі об’єкти харчової промисловості незалежно від належності стаціонарних систем пожежегасіння повинні бути забезпечені первинними засобами пожежегасіння, їх розташовують на видних місцях, легкодоступних в будь-який час. Найбільш поширеним засобом пожежегасіння невеликого загоряння на підприємствах є вогнегасники. В залежності від типу вогнегасних речовин їх підрозділяють на пінні, газові, порошкові.

Розрахунок води на пожежегасіння визначаємо по формулі:

$$Q = \frac{3 \cdot 3600 \cdot n}{1000}, [M^3]$$

де: Z – тривалість тушіння пожежі, (год.);

n – витрата води на пожежегасіння, (л/сек.);

$$n = n_{\text{вн}} + M_{\text{зовн}};$$

де: $n_{\text{вн}}$ – витрата води на внутрішнє пожежегасіння ($n_{\text{вн}} = 5$ л/с);

$M_{\text{зовн}}$ – витрата води на зовнішнє пожежегасіння ($M_{\text{зовн}} = 10$ л/с);

$$Q = \frac{3 \cdot 3600 \cdot (5 + 10)}{1000} = 162 \text{ [м}^3\text{]}$$

Подавання сировини для завантаження тістомішалних машин повинно бути механізовано. Для відведення вуглекислого газу з бункерів для бродіння опари або тіста у бічних стінках кожного відсіку повинен бути передбачений отвір з пробкою діаметром більше ніж 0,1 м., який розташований на висоті не більше ніж 0,2 м., від днища бункера.

У тістоготувальних відділеннях з підкатними діжами повинно бути передбачено місце для миття діж з підведенням холодної та гарячої води і трапами у підлозі.

Висновок. Модернізація тістомісильної машини „Diosna” усунула недоліки, які заважали оптимальній роботі машини. Після модернізації повинна суттєво зменшитись кількість ремонтів, що в свою чергу є економічно обґрунтованим, бо при мінімальній сумі капіталовкладень отримується реальна економія коштів: модернізація машини окупається менш ніж за пів року. Також модернізація позитивно діє на екологічну ситуацію, бо зі зменшення кількості ремонтів, зменшується забруднення навколишнього середовища. Підсумовуючи все вищесказане, модернізація тістомісильної машини „Diosna” є обґрунтованою.

5.2. Організація і здійснення дозиметричного контролю на підприємстві в умовах радіоактивного забруднення

Машина-змішувач для приготування в'язкопластичних мас встановлюється у виробничому цеху підприємства. Зараження машини-змішувача радіоактивними

речовинами можливе у разі занесення їх разом з рецептурними заміщеною маси. До них належать: цукор, вафельна крихта, какао порошок, сухе молоко, жир, борошно, вода. Найімовірніше радіоактивними речовинами може бути заражений цукор, оскільки він отримується з цукрових буряків, що можуть бути заражені внаслідок вирощування їх на забрудненому ґрунті.

При радіоактивному забрудненні на підприємстві необхідно провести дозиметричний контроль. Завданнями дозиметричного контролю на підприємств в залежності від особливостей та масштабів його практичної діяльності є:

- розрахунок поточних і прогнозних рівнів опромінення персоналу і населення категорії А і Б, населення, а також оперативне і довгострокове планування цих рівнів для контролю неперевикнення лімітів дози та/або контрольних рівнів;
- підтвердження відповідності вимогам санітарного законодавства радіаційно-гігієнічних умов на робочих місцях і виявлення тенденцій у забезпеченні радіаційної безпеки, у тому числі при модифікації технологій і технологічних регламентів;
- контроль якості та надійності радіаційних технологій та ефективності радіаційного захисту персоналу і населення;
- забезпечення вихідною інформацією для розрахунку доз і підтримки прийняття рішень у випадку аварійного опромінення, опромінення у нещасних випадках.

Дозиметричний контроль включає контроль опромінення і контроль радіоактивного забруднення. Контроль опромінювання поділяється на груповий та індивідуальний. Груповий контроль проводиться з метою одержання даних про середні дози опромінення для оцінки і визначення категорії працездатності людей.

Дози опромінення робітників підприємства можна визначити за допомогою вимірювачів дози ІД-І або дозиметрів ДКП-50А. Дозиметри видаються перед виходом на територію, яка забруднена радіоактивними речовинами, виходячи з розрахунку - один дозиметр на групу людей чисельністю до 20 чоловік.

Особам, які діють окремо від своїх підрозділів – кожному по дозиметру.

Після виходу із зони забруднення або в установлений час командирами начальниками цехів знімаються показники дозиметрів. Дози опромінення

всього особового складу враховуються в групі працюючих і записуються в Журнал контролю опромінення призначеними особами. Періодично сумарну дозу записують також в окрему Картку обліку доз опромінення. Дози опромінення населення в зонах радіоактивного забруднення розраховуються по формулі:

$$D = \frac{P_{\text{ср}} * T}{K_{\text{пос}}}$$

де $P_{\text{ср}}$ - середній рівень радіації в місці перебування людей, Р/год;

T - тривалість опромінювання, год ;

$K_{\text{пос}}$ - коефіцієнт послаблення радіації.

Рівні радіації вимірюються приладом типу ДП-5(вимірювач потужності дози). В залежності від одержаної дози і часу, протягом якого одержана ця доза, визначається категорія працездатності людей.

Це дає можливість начальникам цехів, бригадирам приймати обґрунтовані та грамотні рішення щодо роботи працюючих на даному забрудненому радіоактивними речовинами підприємстві.

Індивідуальний контроль проводиться з метою одержання даних про дози опромінення кожної людини, які необхідні для первинної діагностики важкості гострої променевої хвороби. Робітникам і службовцям видаються індивідуальні вимірювачі дози ІД-І.

Контроль включає комплекс організаційних та технічних заходів, які проводяться з метою:

- одержання даних про дози радіоактивного опромінення працівників підприємства;
- визначення ступеня забруднення радіоактивними, отруйними і іншими шкідливими речовинами людей, техніки, обладнання, сировини, готової продукції та інших матеріальних засобів.

За даними контролю визначається:

- працездатність працівників підприємства;
- первинна діагностика важкості гострих променевих та хімічних уражень;
- режими радіаційного захисту людей;

- необхідність і обсяг санітарної обробки людей, дезактивації або дегазації техніки, транспорту, обладнання, одягу і ін. засобів;

- можливість використання продуктів харчування і води в зонах радіоактивного зараження і ін.

Контроль радіоактивного забруднення. При контролі ступінь зараження радіоактивними речовинами персоналу, техніки, обладнання, одягу визначається вимірюванням потужності дози з поверхні цих об'єктів за допомогою приладів типу ДП-5. Одиниця вимірювання - мР/год.

1) Спочатку вимірюється гамма-фон у місці, де визначатимуть ступінь зараження об'єкту, але не ближче 15-20 м від об'єкту, який обстежується.

2) Потім вимірюється потужність дози випромінювання з поверхні даного об'єкту(машини-змішувача). З максимального значення потужності експозиційної дози на поверхні, об'єкту віднімається гамма-фон:

$$P = P_{\text{вим}} - P_{\text{ф}}, \text{ мР/год}$$

Результат буде характеризувати ступінь радіоактивного зараження об'єкту.

Для визначення радіоактивного зараження людей від виміряного значення потужності дози необхідно відняти величину гамма-фону, поділену на 1,2, тобто:

$$P_{\text{люд}} = P_{\text{вим}} - \frac{P_{\text{ф}}}{1,2}, \text{ мР/ год}$$

Для визначення радіоактивного забруднення інженерної, автомобільної техніки і т.п. від виміряного значення потужності дози необхідно відняти величину гамма-фону, поділену на 1,5, тобто:

$$P_{\text{тех}} = P_{\text{вим}} - \frac{P_{\text{ф}}}{1,5}, \text{ мР/ год}$$

Коефіцієнт 1,2 і 1,5 характеризують екрануючу дію об'єктів, які обстежуються.

Якщо потужність дози у поверхні техніки і технічного майна дорівнює або менше гамма-фону, тоді радіоактивне забруднення такого об'єкту не визначається. Якщо ж гамма-фон більше ніж у 3 рази перевищує гранично допустиму величину зараження людей, інструменту, одягу, засобів харчування, тоді вимірювання проводяться у різного виду укриттях, які суттєво знижують гамма-фон. Одержані

таким чином величини зараження порівнюються з допустимими, на основі чого роблять висновки про необхідність спеціальної обробки – дезактивації техніки, транспортних засобів, інших об'єктів, санітарної обробки людей.

Ступінь радіоактивного забруднення сировини і готової продукції визначається також в радіометричних лабораторіях в одиницях питомої активності : Кі/кг, Кі/л. Для радіометричних дослідів відбирають проби забруднених об'єктів (харчової сировини, продуктів харчування, води) в місцях найбільшого забруднення, які виявляють за допомогою рентгенометрів (наприклад ДП-5В, СРП-68-01 та ін.)

Визначення об'ємної і питомої активності бета-випромінюваних нуклідів у пробах. Усі вимірювання відбуваються у штатному свинцевому захисті, згідно з документацією на радіометр, що використовується.

Фон вимірюють 5-7 разів протягом доби, реєструючи швидкість відліку J_{ϕ} радіометра. Швидкість відліку вимірюється m разів, після чого визначається середнє значення фонової швидкості відліку:

$$J_{\phi} = \frac{\sum J_{\phi i}}{m},$$

де $J_{\phi i}$ – швидкість відліку імпульсів за i -й вимір, c^{-1} .

Швидкість відліку J , c^{-1} , від проби вимірюють n разів і розраховують її середнє значення:

$$J = \frac{\sum J_i}{n},$$

де J_i – швидкість відліку, виміряна під час i -го вимірювання, c^{-1} .

Час вимірювання збільшується відповідно до зменшення активності проби і становить 10, 100 або 1000 с.

Об'ємну і питому активність проби визначають за формулою

$$A = \frac{J - J_{\phi}}{P_0},$$

де A – об'ємна (Бк/л, Кі/л) або питома (Бк/кг, Ки/кг) активність проби; P_0 – чутливість радіометра до суміші продуктів у вимірювальній пробі, тобто коефіцієнт який зв'язує швидкість відліку з активністю A .

Також існує експрес-метод визначення вмісту радіонуклідів у готовій

продукції або сировині та поверхневого радіоактивного забруднення бета-частинками різних об'єктів. Він ґрунтується на вимірюванні інтенсивності випромінювань за допомогою радіометрів РКБ4-1eM, КРК-1, КРВП-ЗАВ, «Бета», ДП-100, «Прип'ять», дозиметричного приладу СРП-68-01 та ін.

Ведення реєстраційних записів. Реєстраційні записи, що отримуються системою дозиметричного контролю, повинні включати дані моніторингу робочих місць, посилання на методи вимірювання і методи інтерпретації. Реєстраційні записи індивідуального дозиметричного контролю повинні включати результати контролю зовнішнього і внутрішнього опромінення персоналу, а також відповідні первинні дані. У разі, коли контроль опромінення за одним із шляхів опромінення здійснюється кількома різними методами, то обов'язковою окремою реєстрацією підлягають усі результати, отримані кожним із методів, при цьому також реєструється остаточне значення дози, включаючи посилання на застосовувану методику розрахунку дози. Результати всіх видів індивідуального дозиметричного контролю повинні реєструватись і зберігатись в установі протягом 50 років. Під час проведення індивідуального дозиметричного контролю необхідно вести облік річної ефективної та еквівалентних доз, а також сумарних доз за весь період професійної роботи.

Індивідуальну дозу опромінення осіб персоналу категорії А фіксують у картці індивідуального обліку дози. Картка індивідуального обліку доз робітника та відповідна інформація в спеціалізованій базі даних повинні зберігатися до моменту досягнення робітником 75-річного віку, але не менше ніж 30 років після звільнення робітника. Копія даних з усієї історії попереднього опромінення працівника у випадку його переходу в іншу установу, де проводяться роботи з джерелами іонізуючих випромінювань, повинна передаватися на нове місце роботи за запитом; оригінал повинен зберігатися на попередньому місці роботи. Дані про індивідуальні дози у осіб, які відряджені до підприємства повинні повідомлятися за місцем їх постійної роботи. Усі реєстраційні записи повинні бути доступними для служби радіаційної безпеки і медичної частини та, за запитом, закладів державної санітарно-епідеміологічної служби МОЗ України та органів державного регулювання ядерної

та радіаційної безпеки. Адміністрація підприємства повинна надавати вичерпну інформацію про зміст реєстраційних записів за запитом працівника в індивідуальному порядку.

Висновок: у випадку зараження машини-змішувача для кондитерських мас радіоактивними речовинами більше ніж на 0,25мЗв/год (25мкР/год) потрібно провести дезактивацію обладнання – усунення радіоактивних речовин з поверхні споруд, техніки, предметів, одягу тощо. Зараження можна виявити за допомогою дозиметра-радіометра «Стора-ТУ». Також необхідно здійснити контроль опромінення виробничого персоналу та зареєструвати його результати. Виміряна активність радіонуклідів у продуктах харчування та сировині буде за допомогою радіометра "Бета".

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Модернізація тістомісильної машини „Diosna” усунула недоліки, які заважали оптимальній роботі машини. Після модернізації повинна суттєво зменшитись кількість ремонтів, що в свою чергу є економічно обґрунтованим, бо при мінімальній сумі капіталовкладень отримується реальна економія коштів: модернізація машини окупається менш ніж за пів року. Також модернізація позитивно діє на екологічну ситуацію, бо зі зменшення кількості ремонтів, зменшується забруднення навколишнього середовища.

Підсумовуючи все вищесказане, модернізація тістомісильної машини „Diosna” є обґрунтованою.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Лисовенко О.Т. Технологічне обладнання хлібопекарських і макаронних виробництв. Київ, «Наукова думка», 2000.-281с.
2. Закалов О.В. Дипломне проектування технологічного обладнання переробних і харчових виробництв. Навчальний посібник. / Закалов О.В., Ворошук В.Я. – Тернопіль, ТНТУ ім. І. Пулюя, 2011. – 350 с.
3. Горбацевич А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения М.: Машиностроение, 1975.-340с.
4. Справочник конструктора машиностроителя. Под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова – М.:Машиностроение, 1972. – 712с.
5. Соколов В.Н. Конструирование оборудования пищевых производств.-М.: Пищевая промышленность, 1979-348с.
6. Igor Stadnyk, Volodymyr Piddubnyi, Svitlana Krsnozhan, 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> ISSN 1337-0960 (online)
7. Соколов В.Н. Конструирование оборудования пищевых производств. - М.: Пищевая промышленность, 1979-348с.
8. Азаров Б. М. Технологическое оборудование пищевых производств. – М.: Агропромиздат, 1988. – 320 с.
9. Гулий І.С. Обладнання підприємств переробної та харчової промисловості К.: Нова книга 2000 р. – 575 с.
10. Лисовенко А. Т. Смесительные машины в хлебопекарной и кондитерской промышленности. К.: Урожай, 1990 – 192 с.
11. Харламов С. В. Конструирование технологических машин пищевых производств. М.: Машиностроение, 1979 г. – 256с.
12. Курсовое проектирование деталей машин: С.А.Чернавский, К.Н.Боков, И.М.Чернин и др.-М.: Машиностроение, 1987.- 416 с.

13. Моргун В.А. Улучшение хлебопекарных качеств муки. – К.:Урожай.-1991.- 136с.
14. Пилипець М. І. Дослідження стійкості робочого органу гвинтового пресу/ М.І. Пилипець, О.М. Лясота//. Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції. Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій – Тернопіль 19-21 – С.127-128.
15. Igor Yaroslavovych Stadnyk, Volodymyr Piddubnyi, Halyna Karpyk, Mykhail Kravchenko, Volodymyr Hidzhelitskyi. ADHESION EFFECT ON ENVIRONMENT PROCESS INJECTION // *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*. vol. 13, 2019, no. 1, p. 429-437 (скопус) <https://doi.org/10.5219/1078>; CC BY 3.0 ISSN 1337-0960 (online)
16. Анурьев В.И. Справочник конструктора машиностроителя. В 3-х т. – 6-е изд., М.: Машиностроение 1982
17. Общетехнический справочник Под.ред. Е.А.Скороходова – 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Машиностроение, 1982 – 415с.
18. Бутковский В.А. Эксплуатация оборудования мельниц и крупзаводов. М.: Колос, 1974 – 604с.
19. Машины и аппараты пищевых производств. В 2 кн. Кн. 2: Учеб. для вузов/ С. Т. Антипов, И.Т. Кретов, А.Н. Остриков и др.; Под ред. акад. РАСХН В. А. Панфилова. – М.: Высш. шк., 2001. – 680 с.: ил.
20. Соколов В.И. Основы расчета и конструирования машин и аппаратов пищевых производств: Учебник для вузов по специальности «Машины и аппараты пищевых производств». – М.: Машиностроение, 1983. – 447 с., ил.
21. Закалов О.В. Технологічне обладнання харчових виробництв / Закалов О.В., Закалов І.О. - Тернопіль: Видавництво ТДТУ, 2000.-406 с.
22. Поперечний А.М. Процеси та апарати харчових виробництв / Поперечний А.М., Черевко О.І., Гаркуша В.Б.,Кирпиченко Н.В.-К.:ЦУЛ,2007.-304с.Павлище В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин. / Павлище В.Т. та ін. – К.: Вища школа, 1993.– 556с.
23. Устройство и эксплуатация оборудования предприятий пищевой

промышленности / под ред. А.И.Драгилева.– М.: Агропромиздат, 1988.– 398с.

24. Б.М. Азаров. Технологическое оборудование пищевых производств.– М.: Агропромиздат, 1988.– 462с.

25. Бернік П.С. Механічні процеси і обладнання переробного та харчового виробництва. / П.С. Бернік, З.А. Стоцько, І.П. Паламарчук та ін. Львів “Львівська політехніка”. 2004.–336с.

26. В. П. Гладій. Аналіз методів вимірювання структурно-механічних властивостей тіста./ Гладій В. П., Дубовий Р.І.// Актуальні задачі сучасних технологій: зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 25–26 листоп. 2020.) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. – Тернопіль : ТНТУ, 2020. – С. 148.

27. Никитин В.С. Охрана труда на предприятиях пищевой промышленности / Никитин В.С., Бурашников Ю.М. - М.: Агропромиздат, 1991.- 349с.

28. Цивільна оборона та цивільний захист: Підручник. - 2-ге вид., перероб. Затверджено МОН / Стеблюк М.І. - К., 2010. - 487 с.

29. Васійчук В.О. Основи цивільного захисту. Навч. посібник / В.О. Васійчук, В.Є Гончарук, С.І. Качан, С.М. Мохняк. - Львів: Видавництво НУ "ЛП", 2010. - 417с.