

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО

МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра обладнання переробних і харчових виробництв
імені професора Ф. Ю. Ялпачика

«Допущено до захисту»
протокол № 272-С
від «03» червня 2025 року
Зав. кафедрою ОПХВ
д.т.н, професор
 Кирило САМОЙЧУК

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи

СВО «Бакалавр»

за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерний інжиніринг харчових і переробних виробництв»

зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

(освітній ступінь, ОПП, спеціальність)

на тему: Вдосконалення конструкції мішалки для приготування дріжджового розчину в умовах м. Токмак Запорізької області

19ХВД.9683874.06.25

Виконав: студент 4 курсу, 41ГМ групи


(підпис)

Нікіта Янель
(прізвище та ініціали)

Керівник:

д.т.н., професор
(науковий ступінь, вчене звання)


(підпис)

Сергій КЮРЧЕВ
(прізвище та ініціали)

Консультант з ОП:

к.с.-г.н., доцент
(науковий ступінь, вчене звання)


(підпис)

Михайло ЗОРЯ
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

д.т.н., професор
(науковий ступінь, вчене звання)


(підпис)

Володимир ЯЛПАЧИК
(прізвище та ініціали)

Рецензент:

к.т.н., доцент
(науковий ступінь, вчене звання)


(підпис)

Олександр Вершков
(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО

Інститут або факультет механіко-технологічний
Кафедра обладнання переробних і харчових виробництв імені професора
Ф.Ю. Ялпачика
Ступінь вищої освіти Бакалавр
Галузь знань 13 «Механічна інженерія»
Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри ОПХВ
д.т.н., професор Кирило САМОЙЧУК
(підпис) (ініціали та прізвище)
 «28» березня 2025р.

ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

СТУДЕНТУ Янелі Нікіта Володимирович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Вдосконалення конструкції мішалки для приготування дріжджового розчину в умовах м.Токмак Запорізької області

керівник роботи д.т.н., професор Кюрчев Сергій Володимирович
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

затверджені наказом Ректора університету від «21» жовтня 2024 р. № 482-С

2. Строк подання студентом роботи «14» червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи асортимент випускаємої продукції в регіоні, об'єми випуску продукції, вид продукції, вид машини для вдосконалення

4. Перелік питань, які потрібно розробити

1. Аналіз виробничої діяльності регіону розташування підприємства
2. Вдосконалити конструкцію машини
3. Провести розрахунок вдосконаленої машини
4. Розробити заходи з охорони праці
5. Провести економічну оцінку вдосконалення
6. Виконати графічну частину кваліфікаційної роботи

5 Перелік графічного матеріалу:

- Лист 1 – Конструкція апарату з мішалкою. Збірне креслення _____
- Лист 2 – Корпус апарату з мішалкою. Збірне креслення _____
- Лист 3 – Турбінна мішалка. Збірне креслення _____
- Лист 4 – Опора конструкції. Збірне креслення _____
- Лист 5 – Сорочка. Збірне креслення _____
- Лист 6 – Креслення деталей _____
- Лист 7 – Економічне обґрунтування проекту _____

5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав (дата)	завдання прийняв (підпис)
IV	к.т.н., доцент Зоря М.В.	31.03.2025	

6. Дата видачі завдання

31.03.2025р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів кваліфікаційної роботи (проекту)	Термін виконання етапів роботи чи проекту (місяць)	Відмітка керівника про виконання (засвідчується підписом)
Розділ 1. Аналіз виробничої діяльності регіону розташування підприємства	травень	Виконано
Розділ 2. Вдосконалення конструкції машини	травень	Виконано
Розділ 3. Розрахунок вдосконаленої машини	травень	Виконано
Розділ 4. Охорона праці	червень	Виконано
Розділ 5. Економічне обґрунтування проекту	червень	Виконано
Виконання графічної частини кваліфікаційної роботи	червень	Виконано
Оформлення пояснювальної записки кваліфікаційної роботи	червень	Виконано

Студент

Керівник роботи


(підпис)


(підпис)

Нікіта ЯНЕЛЬ

(ініціали та прізвище)

Сергій КЮРЧЕВ

(ініціали та прізвище)

Інв.№ ори-	Підп. і дата	Зам. інв.№	Інв. № дубл.	Підп. і дата

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кіл. аркушів	Примітка
1.	A4	19ХВД.9683874.06.25	Завдання на дипломний проект	2	
2.	A4	19ХВД.9683874.06.25ПЗ	Пояснювальна записка	88	
3.	A1	19ХВД.9683874.06.25/310000СК	Конструкція апарату з мішалкою	1	
4.	A1	19ХВД.9683874.06.25/320000СК	Корпус апарату з мішалкою	2	
5.	A4	19ХВД.9683874.06.25/330000СК	Турбінна мішалка	3	
6.	A3	19ХВД.9683874.06.25/340000СК	Опора	4	
7.	A3	19ХВД.9683874.06.25/350000СК	Сорочка	4	
8.	A4	19ХВД.9683874.06.25/360000СК	Штуцер	4	
9.	A4	19ХВД.9683874.06.25/310001	Бобишка	4	
10.	A3	19ХВД.9683874.06.25/310002	Вал	1	
11.	A3	19ХВД.9683874.06.25/310003	Кришка	4	
12.	A4	19ХВД.9683874.06.25/330003	Маточина	4	
13.	A4	19ХВД.9683874.06.25/350001	Сорочка	4	
14.	A4	19ХВД.9683874.06.25/360001	Фланець	4	
15.	A1	19ХВД.9683874.06.25/370000	Економічне обґрунтування проекту	5	
16.	A1	19ХВД.9683874.06.25/380000	Структурно-апаратна схема	6	
17.	A1	19ХВД.9683874.06.25/390000	Класифікація хлібопекарських виробництв	7	
18.					
19.					
20.					
21.					
22.					
23.					
24.					
25.					
26.					
		19ХВД.9683874.06.25ВДП			
		Зм. Арк	№ докум.	Підпис	Дата
		Розоб.	Янель		
		Перев.	Кюрчев		
		Н.контр.	Ялпачик		
		Затв.	Самойчук		
				Вдосконалення конструкції мішалки для приготування дріжджового розчину в умовах м.Токмак Запорізької області	
				Літера	Аркушів
				ТДАТУ, 2025	

РЕФЕРАТ

Дипломний проект «Вдосконалення конструкції мішалки для приготування дріжджового розчину в умовах м. Токмак Запорізької області» складається з 88 сторінок пояснювальної записки, графічної частини у кількості 15 креслень різного формату, 13 таблиць та 7 рисунків. При написанні проекту використано 37 джерела літератури.

В пояснювальній записці описана технологія виробництва дріжджового розчину і здійснений аналіз машин технологічної лінії. Для удосконалення обрана мішалка для приготування дріжджового розчину. Виконаний огляд конструкції мішалки, наведене запропоноване вдосконалення і необхідні розрахунки. Розроблені креслення деталей вдосконаленого вузла мішалки.

Описані нормативні акти з охорони праці для підприємства, виконаний аналіз небезпек і розроблені заходи з підвищення стану охорони праці.

Здійснений розрахунок економічної ефективності проведеного вдосконалення.

ДРІЖДЖОВИЙ РОЗЧИН, КОНСТРУКЦІЯ, МІШАЛКА, ВУЗОЛ, РОЗРАХУНОК, ОБЛАДНАННЯ, ХАРАКТЕРИСТИКА, МІЦНІСТЬ, ВДОСКОНАЛЕННЯ, ОХОРОНА ПРАЦІ, ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ.

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		5

ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА.....	10
1.1 Загальні відомості про перемішування.....	10
1.2 Використання дріжджового розчину у промисловості.....	13
1.3 Основні етапи приготування дріжджового розчину.....	14
1.4 Характеристика підприємства.....	16
1.5 Технічні характеристики обладнання для приготування дріжджового розчину.....	17
Розробка проектного завдання.....	20
РОЗДІЛ 2 ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ МАШИНИ.....	21
2.1 Основні способи перемішування у виробництві.....	21
2.2 Основні типи мішалок для дріжджового розчину	24
2.3 Опис конструкції і принципу дії машини	33
2.4 Технологічна характеристика мішалки.....	36
2.5 Пошук конструктивного рішення вдосконалення машини	38
2.6 Розробка технічного завдання на вдосконалену конструкцію мішалки для дріжджового розчину	39
Обґрунтування конструктивного рішення вдосконалення.....	45
РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК ВДОСКОНАЛЕНОЇ МАШИНИ.....	46
3.1 Технологічний розрахунок параметрів машини.....	46
3.2 Розрахунок потужності перемішуючого пристрою	48
3.3 Розрахунок корпусу мішалки на міцність.....	51
3.4 Вибір підшипникової стійки	58
3.5 Розрахунок валу перемішуючого пристрою.....	58
3.6 Підбір сальникового ущільнення валу.....	62
3.7 Вибір опор апарату та стропових пристроїв по вантажопідйомності.....	62
Висновки за розділом.....	63

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	<i>Аркуш</i>
<i>Зм</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підп</i>	<i>Дата</i>		6

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ	64
4.1 Нормативно-правова база з охорони праці для підприємства.....	64
4.2 Аналіз небезпек.....	67
4.3 Планування заходів з охорони праці.....	70
4.4 Інженерні розрахунки з охорони праці.....	71
Висновки за розділом.....	76
РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ.....	77
5.1 Оцінка технічного рішення модернізації машини	77
5.2 Економічна ефективність використання удосконаленого обладнання.....	80
Висновки за розділом.....	83
ВИСНОВКИ.....	84
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	86

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		7

ВСТУП

Хлібопекарський комплекс України є важливою складовою харчової промисловості країни, забезпечуючи населення хлібобулочними та кондитерськими виробами. Цей сектор характеризується високою концентрацією виробничих потужностей у великих містах, таких як Київ, Харків, Одеса, Львів, Донецьк, а також у середніх та малих містах України.

В Запорізької області є декілька ключових підприємств, що забезпечують виробництво хлібобулочних та кондитерських виробів для внутрішнього ринку та експорту. Найбільшими з них є Запорізький хлібокомбінат №1, Токмацький хлібозавод, УКРАГРОМЛИН та ТЕРНІКО, два з яких знаходяться у місті Токмак Запорізької області. Для вивчення та вдосконалення конструкції мішалки для дріжджового розчину було обрано Токмацький хлібозавод.

Загалом, хлібопекарський комплекс України демонструє стабільний розвиток, поєднуючи традиційні методи виробництва з інноваційними технологіями, що дозволяє задовольняти внутрішній попит та розширювати експортні можливості.

В рамках даного дипломного проекту для досягнення поставленої мети були поставлені наступні завдання:

- 1) Вивчити предметну область для виконання завдання, поставленого у даному дипломному проекті;
- 2) Дослідити головні етапи приготування дріжджового розчину в умовах виробництва м. Токмак Запорізької області;
- 2) Ознайомитись з основними типами мішалок для приготування дріжджового розчину;
- 3) Запропонувати шляхи вдосконалення мішалки для дріжджового розчину в умовах обраного виробництва у м. Токмак Запорізької області;
- 4) Розробити технічне завдання на виготовлення вдосконаленої конструкції мішалки;

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		8

5) Скласти приблизний кошторис на вдосконалення конструкції мішалки;

6) Передбачити всі необхідні вимоги щодо охорони праці та охорони навколишнього середовища на даному виробництві.

Вивчення та аналіз існуючих засобів приготування дріжджового розчину в умовах м. Токмак Запорізької області є актуальним, тому що:

- аналіз допомагає виявити «вузькі місця», неефективні етапи чи надмірні енерговитрати;

- оптимізація технологічних процесів може скоротити витрати на сировину, воду, електроенергію та робочу силу;

- удосконалення технології може забезпечити стабільну якість дріжджів та кінцевого продукту (хліба);

- сучасні технології (наприклад, автоматизація або біоактивні добавки) потребують адаптації і аналіз дає основу для цього;

- можна виявити способи зниження відходів, зменшення споживання води та викидів CO₂;

- ринок вимагає дотримання міжнародних стандартів, таких як HACCP, ISO 22000 та інших, а отже, процеси потрібно контролювати та покращувати.

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		9

1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА

1.1 Загальні відомості про перемішування

Перемішування є досить поширеним процесом у харчовій та суміжних з нею галузях промисловості. Воно може здійснюватися в трубопроводі, через який протікає рідина, в насосі, що перекачує, на тарілці ректифікаційної колони і т.д., а також в апаратах з мішалками, призначеними спеціально для цієї мети. Перемішування може протікати мимоволі, наприклад, за рахунок дифузії компонентів системи, або примусовим шляхом внаслідок підведення до системи ззовні механічної енергії, наприклад, за допомогою мішалок.

Термін «перемішування» означає з'єднання обсягів різних речовин з метою отримання однорідної суміші, наприклад, розчинів, емульсій і т.п [5] .

Перемішування призводить до зниження температурного і концентраційного градієнтів оброблюваної системи, тому воно дуже сприятливо впливає на хід всіх операцій, які пов'язані з передачею тепла і маси. До цих процесів відносяться, зокрема, такі поширені в харчовій технології операції, як нагрівання або охолодження, розчинення, кристалізація, які в більшості випадків протікають в рідкому середовищі.

Розподіл частинок окремих компонентів у вихідній суміші хаотичне, на них може діяти сила тяжіння, сегрегація чи седиментація. За допомогою перемішування прагнуть досягти досконалого взаємного розподілу частинок.

Досконалим, або повним, можна назвати таке перемішування, в результаті якого нескінченно малі проби суміші, відібрані в будь-якому місці системи, що перемішується, матимуть однаковий склад, а температура в будь-якій точці системи виявиться однаковою.

Для перемішування необхідний рух речовин, що перемішуються. Способи приведення маси в рух, як і способи підтримки цього руху визначаються особливостями середовища, від властивостей якого залежить характер суміші.

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		10

Системи, що перемішуються, можуть бути рідинами, або сипучими речовинами. Рідини поділяються на стиснені (гази) та нестиснені (краплинні). При розгляді процесу перемішування доцільно підрозділяти власне рідини на ньютонівські (тобто такі, у яких при ламінарному перебігу є пряма пропорційність між коефіцієнтом тертя та градієнтом швидкості) та на неньютонівські.

Для перемішування в резервуарі дуже важливими є дві обставини [3]:

- 1) ступінь турбулізації;
- 2) величина циркуляції, інтенсивність якої визначається часом, необхідним для того, щоб вся рідина пройшла через певний переріз (зазвичай по периферії резервуара, площині, описаної лопатками мішалки).

Механічне перемішування проводиться з метою:

- змішування взаєморозчинних рідин;
- вирівнювання температури в об'ємі середовища, що перемішується;
- розподіл зважених частинок в обсязі рідини або запобігання їх осіданню;
- диспергування крапель рідини або бульбашок газу;
- інтенсифікації процесів теплообміну;
- інтенсифікації процесів масообміну (чисто фізичного або у поєднанні з хімічною реакцією).

Особливо численна остання група процесів, оскільки вони можуть протікати в різних неоднорідних системах, таких як рідина – рідина, рідина – газ або рідина – тверде тіло. У цих випадках інтенсивність процесу може бути продиктована умовами створення двофазної системи – емульсії чи суспензії.

Механічне перемішування проводиться в апаратах, що мають загальну назву апаратів із мішалками. В окремих випадках ці апарати можуть називатися реакторами, автоклавами або нітраторами, сульфаторами і т.п.

Під ступенем перемішування (ступенем однорідності, показником перемішування) в загальному випадку слід розуміти взаємний розподіл двох або більше речовин після досконалого перемішування всієї системи. Ступінь перемішування є таким чином свого роду показником ефективності

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		11

перемішування, а також може бути використана для оцінки інтенсивності перемішування.

Інтенсивність дії пристрою, що перемішує визначається часом досягнення конкретного технологічного результату при постійній частоті обертання або частотою обертання пристрою, що перемішує при постійній тривалості процесу.

Зазвичай інтенсивність перемішування визначається за допомогою наступних величин [11]:

- 1) число оборотів мішалки;
- 2) окружна швидкість кінця лопатей мішалки;
- 3) критерій Рейнольдса для процесів перемішування;
- 4) витрачена на перемішування потужність, наведена до одиниці об'єму рідини, що перемішується, або до одиниці маси рідини, що перемішується.

Кожна з вище перерахованих величин є відповідною мірою інтенсивності перемішування для конкретного апарату з мішалкою, що працює на конкретній системі (даної рідини).

Ефективність перемішування визначається кількістю енергії, що витрачається на перемішування для досягнення необхідного технологічного ефекту. Таким чином, з двох апаратів з мішалками ефективніше працює той, в якому досягається певний технологічний ефект при нижчій витраті енергії.

Ефективність перемішування є також основою для оцінки роботи одного й того самого апарата (для вибору оптимального режиму роботи апарату та оптимальних його розмірів). Однак для того, щоб розрахувати ефективність перемішування, необхідно знати рівняння, за яким визначають потужність, яка витрачається на перемішування, тепловіддачу, масовіддачу і т.д., не тільки для типових систем, але і при змінних геометричних параметрах системи.

Сили, які діють на рідину для її руху, може бути двох видів: поверхневі і масові. До поверхневих відносять сили тиску. Масові сили пропорційні масі елементарної частинки, що рухається, і характеризуються прискоренням. Опір рідини руху обумовлюється внутрішнім тертям рідини, тобто її в'язкістю.

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуши
Зм	Аркуши	№ докум	Підп	Дата		12

1.2 Використання дріжджового розчину у промисловості

Дріжджі є основним видом сировини для виробів у хлібопекарській області. Технологічна та функціональна роль дріжджів полягає в біологічному розпушуванні тіста діоксидом вуглецю, що виділяється в процесі спиртового бродіння, надання тісту певних властивостей, а також утворенню етанолу та інших продуктів реакції, що беруть участь у формуванні смаку та аромату хлібобулочних виробів.

У хлібопекарському виробництві застосовують дріжджі пресовані, сушені дріжджі, дріжджі спиртового виробництва, високоактивні дріжджі, що швидко розводяться, рідкі дріжджі та ін.

Дріжджовий розчин у хлібопекарській промисловості - це водний розчин, що містить активні дріжджі, який використовується для бродіння тіста. Він є проміжним етапом виробництва і застосовується переважно на великих хлібозаводах, де важливо автоматизувати та прискорити процеси.

Основне призначення дріжджового розчину полягає у тому, щоб активувати дріжджі перед додаванням у тісто, забезпечити рівномірне та швидке бродіння, підвищити стабільність якості продукції. Застосовують цей розчин наступним чином: у хлібопекарні дріжджовий розчин додають у тістомісильну машину разом з іншими компонентами тіста або використовується як альтернатива прямому внесенню пресованих або сухих дріжджів [4].

Зазвичай дріжджовий розчин складається з пресованих або рідких дріжджів, води, температура якої має бути близько 30-35°C, іноді додають трохи цукру в якості живильного середовища для дріжджів. Перевагами застосування дріжджового розчину є швидке та рівномірне бродіння, зменшення часу бродіння тіста, найкраща технологічна керованість, зниження втрат дріжджових якостей під час зберігання.

В наступних розділах розглянемо обладнання для приготування дріжджового розчину в умовах хлібопекарського виробництва.

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуши
Зм	Аркуши	№ докум	Підп	Дата		13

1.3 Основні етапи приготування дріжджового розчину

Приготування дріжджового розчину - це важливий етап у виробничому процесі на хлібопекарських заводах, оскільки від якості даного розчину залежить успішне бродіння тіста і, відповідно, якість готової продукції. У хлібопеченні дріжджі використовуються для забезпечення ферментації, в ході якої дріжджі починають переробляти цукри, виділяючи вуглекислий газ та етанол. Це призводить до утворення бульбашок газу, що надає тісту пористу структуру, а також впливає на смак та аромат хліба.

Розглянемо основні етапи приготування дріжджового розчину [34]:

1. Вибір та підготовка вихідних інгредієнтів. Основними інгредієнтами для розчину є дріжджі, вода (іноді з додаванням сахарози або борошна) та іноді додаткові добавки (наприклад, сольові розчини або поживні речовини для дріжджів). Дріжджі часто розводяться у теплій воді, температура якої знаходиться в діапазоні від 25 до 30 °С, що забезпечує оптимальні умови для їх активації.

2. Процес розчинення та активації дріжджів. Дріжджі можуть бути сухими або рідкими. Під час використання сухих дріжджів їх необхідно попередньо активувати, розчиняючи у воді з температурою 25–30 °С на 10–15 хвилин. Вода для дріжджового розчину повинна бути чистою, без хлору, оскільки хлор може негативно вплинути на активність дріжджів.

3. Технологія змішування. Розчин готується у спеціальних ємностях (мішалках), які зазвичай оснащені мішалками різних типів для забезпечення рівномірного перемішування. Важливим аспектом є температурний режим у процесі змішування. Вода не повинна бути надто гарячою, інакше дріжджі можуть загинути. В іншому випадку занадто холодна вода не активує дріжджі належним чином. Змішування продовжується доти, доки не буде отримана однорідна суспензія без грудок.

4. Процес інкубації (бродіння). Після змішування розчин залишається для інкубації на кілька годин при контрольованій температурі, щоб дріжджі

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		14

почали активно розмножуватися та ферментувати розчин. Це прискорює подальший процес бродильної активності. Залежно від умов (температури, вологості та складу розчину) дріжджі можуть почати активну ферментацію, що виявляється у появі бульбашок газу та підвищення температури суміші.

5. Використання розчину у подальшому виробничому процесі. Після інкубації дріжджовий розчин готовий до використання у виробничому процесі для підготовки тіста. Перед використанням розчин часто проціджується, щоб видалити нерозчинені залишки та забезпечити його чистоту.

Особливості та поради при приготуванні дріжджового розчину:

- Підтримка правильної температури є ключовим моментом. Занадто висока температура призведе до загибелі дріжджів, а надто низька до недостатньої активності.

- Кількість дріжджів. Кількість дріжджів, що додається в розчин, залежить від рецептури та обсягу виробленої продукції. Зайва кількість дріжджів може призвести до швидкого та неконтрольованого бродіння, що негативно позначиться на смаку та текстурі тесту.

- Використання цукру. Деякі рецептури можуть включати цукор у розчин. Це потрібно для прискореної активації дріжджів, оскільки вони використовують цукор як джерело енергії. Однак кількість цукру має бути помірною, оскільки надлишок цукру може гальмувати активність дріжджів.

- Якість води. Вода, що використовується для приготування дріжджового розчину, повинна бути без хлору, оскільки хлор має негативний вплив на активність дріжджів. Вода має бути фільтрованою і мати оптимальну температуру.

- Консистенція та тип дріжджів. Для різних типів продукції можуть використовуватись різні типи дріжджів. Наприклад, у промисловому хлібопеченні найчастіше застосовуються сухі активні дріжджі або рідкі дріжджі, які розробляються для конкретних умов роботи.

- Контроль якості розчину. Якість розчину можна контролювати за допомогою різних приладів, таких як термометри для вимірювання температури води, пітометри для визначення концентрації дріжджів, а також за

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		15

допомогою спеціальних аналізаторів рН, що особливо важливо у разі додавання кислотних компонентів.

Отже, правильне приготування дріжджового розчину – це ключовий етап у хлібопеченні, який визначає якість кінцевого продукту. Дотримання всіх технологічних норм і точних пропорцій інгредієнтів дозволяє досягти максимальної активності дріжджів та високої якості тесту.

1.4 Характеристика підприємства

У місті Токмак Запорізької області є кілька підприємств харчової промисловості, де використовують мішалки для виготовлення дріжджових розчинів та інших рідких інгредієнтів. Ось деякі з них:

1. Токмацький хлібозавод. Це підприємство знаходиться за адресою вул. Чкалова, 63, Токмак, Україна та спеціалізується на виробництві хлібобулочних виробів. Для забезпечення якості тіста та дріжджових розчинів використовується спеціалізоване обладнання, включаючи мішалки.

2. ТокмакМлин, ТОВ. Адреса потужностей виробництва вул. Щави, 82, Токмак, Україна. Млиновий комплекс виробляє борошно пшеничне (хлібопекарське, кондитерське, макаронне), макарони та висівки. Для підготовки рідких компонентів, таких як дріжджові розчини підприємство використовує відповідні мішалки.

3. УКРАГРОМЛІН, ТОВ. Підприємство займається виробництвом та реалізацією борошна. Для забезпечення якості продукції використовують обладнання для підготовки рідких інгредієнтів, включаючи мішалки.

Для вивчення та вдосконалення конструкції мішалки дріжджового розчину було обрано мішалку на Токмацькому хлібозаводі.

Токмацький хлібозавод – одне із найстаріших підприємств харчової промисловості у місті Токмак Запорізької області. Завод займається виробництвом хлібобулочних виробів, включаючи хліб, булочки, пироги та інші борошняні кондитерські вироби. Для забезпечення якості продукції використовується сучасне обладнання, включаючи мішалки для виготовлення

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		16

дріжджових розчинів та інших рідких інгредієнтів. Підприємство активно працює на ринку хлібобулочних виробів, забезпечуючи потреби місцевого населення та сусідніх регіонів у якісній продукції.

На Токмацькому хлібозаводі використовується різноманітне обладнання для ефективного виробництва хлібобулочних виробів. Зокрема, для приготування дріжджових розчинів застосовуються спеціалізовані пристрої. У цих машинах із водомірного бочка надходить вода для отримання дріжджового розчину у співвідношенні 1:2. Мішалки є одночасно витратними поємностями, і перед подачею у виробництво дріжджовий розчин проціджується.

Крім того, на заводі застосовуються різні пристрої для дозування та змішування інгредієнтів, такі як турнікетні дозатори, станції дозування безперервної дії та автоматичні ваги. Ці системи забезпечують точне дотримання рецептури та технологічних процесів.

Для замісу тіста використовуються тістомісильні машини, такі як А2-ХТТ, які забезпечують рівномірне перемішування всіх компонентів тіста. Після замісу тісто направляється в бункери для бродіння, де проходить необхідний етап ферментації.

Для зберігання та транспортування борошна на заводі застосовуються силоси та бункери, такі як ХЕ-233 та ХЕ-63В, які забезпечують надійне зберігання та подачу борошна у виробничий процес.

1.5 Технічні характеристики обладнання для приготування дріжджового розчину

Багато сучасних хлібопекарських підприємств використовують автоматизовані системи для приготування дріжджових розчинів. Це дозволяє забезпечити стабільність процесу та точне дотримання всіх параметрів:

1. Автоматичні системи дозування та перемішування. Ці системи дозволяють точно дозувати кількість води, дріжджів та інших добавок, що гарантує стабільність та передбачуваність результату.

2. Частотні перетворювачі для регулювання швидкості перемішування.

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		17

Це дає можливість оптимізувати процес перемішування залежно від щільності та в'язкості розчину.

3. Системи контролю температури. Автоматичні системи контролю температури дозволяють підтримувати оптимальний температурний режим протягом усього процесу активації дріжджів.

4. Інтеграція із загальними системами управління заводом (SCADA). У великих хлібопекарських підприємствах процеси приготування розчину можуть бути інтегровані в загальні системи управління, що дозволяє відстежувати параметри в реальному часі та приймати оперативні рішення.

Приготування дріжджового розчину - це критично важливий етап, від якого залежить якість кінцевого продукту. Правильна технологія та використання сучасного обладнання дозволяють забезпечити стабільність процесу, що сприяє підвищенню якості хлібопекарських виробів [15].

У хлібопекарській та кондитерській промисловості обладнання для приготування дріжджового розчину відіграє ключову роль у забезпеченні стабільної якості продукції. Системи дозування та змішування дозволяють точно контролювати пропорції інгредієнтів, що важливо для досягнення бажаних характеристик тесту. Автоматизація цих процесів сприяє підвищенню ефективності виробництва та зниженню ризику помилок.

Розглянемо декілька основних марок обладнання для приготування дріжджового розчину, що використовують провідні підприємства в даній області (табл.1.1).

Таблиця 1.1 – Марки обладнання для виготовлення дріжджового розчину.

Модель	Призначення
Х-14	Призначена для розведення дріжджового розчину з пресованих дріжджів.
УПЕС	Призначена для виготовлення дріжджового розчину.

У рамках даного дипломного проекту нас цікавить обладнання для

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		18

виготовлення дріжджового розчину за підприємстві Токмацького хлібозаводу, тому розглянемо технічні характеристики обладнання марки УПЕС різної ємності (табл.1.2).

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики обладнання для виготовлення дріжджового розчину.

Модель	УПЕС – 0.1/3.0	УПЕС – 0.3/5.5	УПЕС – 0.6/7.5	УПЕС – 1.2/11.0
Об'єм ємності, л.	100	300	600	1200
Частота обертання мішалки, об./хв.	60	60	60	60
Потужність приводу мішалки, кВт	1,1	1,5	3,5	7,5
Напруга електроживлення, В	380	380	380	380
Потужність приводу насоса, кВт	3,0	3,0	7,5	11,0
Потужність електронагрівачів, кВт	18,0	18,0	66,0	108,0
Займана площа, м ²	4,0	5,0	5,0	5,0

В наступних розділах детальніше розглянемо конструкцію обладнання для приготування дріжджового розчину та її основні компоненти.

Розробка проектного завдання

Токмацький хлібозавод розташований у м. Токмак. Одним з основних напрямів роботи підприємства є виробництво хліба та борошняних кондитерських виробів, тортів та тістечок нетривалого зберігання.

Після аналізу виробничої діяльності підприємства, можна зробити такі висновки. Система забезпечення сировиною підприємства в сучасних умовах ринкової економіки є дуже специфічною. Підприємство вигідно розташоване у центрі сировинної зони. Це дає можливість зменшити витрати на перевезення і доставку пшеничної муки, а також зменшити собівартість кінцевої продукції, що підвищить купівельний попит населення. Розташування підприємства в безпосередній близькості до точок збуту дає змогу швидкої доставки готової продукції в мережу. Наявність автошляхів дає можливість доставки готової продукції за межі району і області, а це в перспективі – значне збільшення потужності підприємства.

Технологічний процес виробництва хлібобулочних виробів включає: приготування дріжджового розчину, заміс тіста, формовка виробів, випікання виробів та фасування/пакування.

Після огляду існуючого обладнання лінії, виявлено, що удосконалення мішалок у хлібопекарському виробництві може суттєво підвищити ефективність, знизити енерговитрати та покращити якість дріжджового розчину.

Отже, завданням на дипломний проект обрано вдосконалення конструкції мішалки для приготування дріжджового розчину в умовах м. Токмак Запорізької області.

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		20

2 ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ МАШИНИ

2.1 Основні способи перемішування у виробництві

Процес перемішування може здійснюватися кількома способами. Один із способів перемішування в поємностях - за допомогою механічних мішалок, які використовуються тільки для перемішування краплинних рідин. Механічні мішалки створюють в рідинах певні течії, внаслідок чого забезпечується її перемішування. Найбільш широко застосовуються мішалки, що обертаються.

Всі мішалки, що застосовуються, поділяють на швидкохідні і тихохідні. Під швидкохідними розуміються мішалки, що використовуються для перемішування рідких середовищ переважно при турбулентному та перехідному режимах руху рідини; під тихохідними – при ламінарному режимі руху рідини.

Для перемішування рідких середовищ використовують кілька способів:

- пневматичний;
- циркуляційний;
- статичний;
- механічний за допомогою мішалок.

Пневматичне перемішування здійснюють за допомогою стиснутого газу, що пропускається через шар рідини, яка перемішується. Для рівномірного розподілу газу в шарі рідини, газ подається в змішувач через барботер. Барботер – це ряд перфорованих труб, розташованих біля днища змішувача по колу або спіралі. Інтенсивність перемішування визначається кількістю газу, що пропускається в одиницю часу через одиницю вільної поверхні рідини у змішувачі [19].

Циркуляційне перемішування здійснюється за допомогою насоса, що перекачує рідину по замкнутій системі змішувач-насос-змішувач. Інтенсивність циркуляційного перемішування залежить від кратності циркуляції, тобто відношення подачі циркуляційного насоса на одиницю часу до обсягу рідини в

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		21

мішалці. У ряді випадків замість насосів можуть застосовуватись парові інжектори.

Статичне перемішування рідин невисокої в'язкості, а також газу з рідиною здійснюється в статичних змішувачах за рахунок кінетичної енергії рідин та газів. Найпростішими статичними змішувачами є пристрої з гвинтовими вставками різної конструкції. Статичні змішувачі встановлюють у трубопроводах перед реактором або іншою апаратурою або у реакційній мішалці. Статичні змішувачі використовують також при отриманні емульсії.

Механічне перемішування використовують для інтенсифікації гідромеханічних процесів (диспергування), тепло- та масообмінних, біохімічних процесів у системах рідина-рідина, газ-рідина, газ – рідина – тверде тіло. Здійснюють його за допомогою різних пристроїв, що перемішують - мішалок.

Мішалки є комбінацією лопатей, насаджених на вал, що обертається. Всі пристрої, що застосовуються у виробництвах, можна поділити на дві групи [1]:

- до першої групи входять лопатеві, турбінні та пропелерні;
- у другу – спеціальні – гвинтові, шнекові, стрічкові, рамні, ножові та інші, що служать для перемішування пластичних та сипких мас.

По частоті обертання робочого органу пристрої, що перемішують, діляться на тихо- і швидкохідні.

Традиційний вид обладнання для перемішування – вертикальний циліндричний апарат із мішалкою, вісь обертання якої збігається із віссю апарату. Така конструктивна схема є найбільш раціональною. Нині у промисловості застосовують різні модифікації апаратів для перемішування. Об'єм апаратів з мішалкою становить від 10 дм³ до 2000 м³. Основними елементами таких апаратів є корпус, привід, ущільнення, вал та мішалка.

Корпус апаратів традиційної конструкції має вертикальну циліндричну сорочку, кришку, на якій встановлюється привід мішалки, та днище. Під час роботи під атмосферним тиском («під наливом») апарати забезпечуються плоскими кришками та днищами. На кришці розміщуються патрубки, призначені для підведення та відведення речовин, для встановлення

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		22

контрольно-вимірювальних приладів тощо. Розміщення патрубків на корпусі апарата менш бажане.

Для підведення та відведення теплоти корпусу апаратів забезпечують теплообмінні сорочки. Найчастіше використовуються гладкі сорочки, що повторюють форму корпусу апарату. Приводом пристрою, що перемішує, практично завжди служить електродвигун, з'єднаний з валом мішалки. Герметизація апаратів досягається за допомогою торцевих, сальникових та манжетних ущільнень, а також гідрозатворів. Конструктивним елементом, безпосередньо призначеним для приведення рідини у вимушений рух, є мішалка. Зокрема для перемішування високов'язких середовищ при ламінарному режимі їх течії застосовують зазвичай шнекові, стрічкові та скребкові мішалки.

Шнекові мішалки можуть застосовуватися у поєднанні з прямою трубою. Скребкові мішалки використовуються майже виключно для збільшення інтенсивності теплообміну. У великих апаратах скребки встановлюють іноді у поєднанні зі стрічковою мішалкою.

Конструктивні типи мішалок, що застосовуються для перемішування середовищ малої та середньої в'язкості при турбулентному режимі, набагато численніші.

Інтенсивність перемішування значною мірою залежить від наявності тих чи інших внутрішніх нерухомих пристроїв. За функціональним призначенням ці пристрої можуть бути розділені на три групи[29]:

- пристрої для організації потоку;
- теплообмінні пристрої;
- технологічні трубопроводи, а також труби для розміщення контрольно-вимірювальних приладів.

Як внутрішні теплообмінні пристрої в апаратах з мішалкою найчастіше застосовують зміювики. Конструкція внутрішніх пристроїв та вузлів їх кріплення повинна забезпечувати можливість внутрішнього огляду та чищення апарату. Запобігання вібрації забезпечується шляхом жорсткого кріплення внутрішніх пристроїв до корпусу апарату.

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		23

2.2 Основні типи мішалок для дріжджового розчину

На хлібопекарських заводах використовуються різні типи мішалок в залежності від потреб виробництва, специфіки рецептур та обсягів виробництва, але особливо популярними є верхньопривідні мішалки.

Верхньопривідні мішалки - це тип мішалок, де приводний механізм (електродвигун та редуктор) розташовується у верхній частині пристрою. Це дозволяє забезпечити надійну роботу при перемішуванні рідин та суспензій у різних галузях, включаючи харчову промисловість, хімію, фармацевтику та інші. Основними особливостями верхньопривідних мішалок є [15]:

1. Розташування приводу. Привідний механізм (електродвигун) розташовується зверху, зазвичай на верхній частині резервуара, який містить рідину, що змішується, або суміш. Обертання передається через вал або редуктор, який з'єднаний з елементами, що заважають, розташованими всередині ємності.

2. Типи елементів, що перемішують: лопатеві (якірні, пропелерні, турбінні) - елементи встановлюються на валу і забезпечують рух рідини всередині ємності. Лопатеві можуть бути виконані у різних формах (наприклад, прямі або з нахилом) залежно від необхідної інтенсивності перемішування. Рамні мішалки - це конструкції з рамами, які можуть містити кілька лопатей, які ефективно перемішують великі обсяги рідини.

3. Конструкція. Верхньопривідні мішалки складаються з корпусу (зазвичай металевого, з антикорозійним покриттям), в якому обертаються елементи, що заважають. Вал, що з'єднує привід з елементами, що заважають, часто оснащений редуктором для регулювання швидкості обертання і моменту. Мішалка може бути оснащена системою регулювання швидкості обертання з використанням частотного перетворювача, що дозволяє точно контролювати інтенсивність перемішування.

4. Системи підігріву (опціонально). У деяких моделях передбачені водяні або парові сорочки, які допомагають підтримувати необхідну

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуши
Зм	Аркуши	№ докум	Підп	Дата		24

температуру суміші (наприклад, при приготуванні дріжджових розчинів або інших термочутливих рідин).

5. Управління. Верхньопривідні мішалки зазвичай мають автоматизоване або напіваавтоматичне керування, що дозволяє точно налаштувати параметри роботи: швидкість обертання, час перемішування і, якщо необхідно, температуру. Сучасні моделі можуть бути інтегровані у системи управління виробничими процесами.

6. Типи ємностей. Циліндричні або прямокутні ємності з можливістю встановлення кришки, люків для завантаження та системи зливу. У деяких випадках можуть бути передбачені конусні ємності для кращого видалення осаду або осідання твердих частинок.

Переваги верхньопривідних мішалок:

1. Простота та надійність конструкції. Верхньопривідна конструкція робить мішалку зручною в обслуговуванні. Відсутність необхідності розташування приводу внизу резервуара спрощує конструкцію і зменшує ризик забруднення у разі витоків.

2. Висока ефективність перемішування. Підходить для перемішування рідин середньої та низької в'язкості, таких як дріжджові розчини, сиропи, хімічні розчини та багато інших рідких сумішей. Мішалки можуть мати різноманітні лопаті задля досягнення потрібного рівня турбулентності.

3. Легкість в обслуговуванні. Елементи мішалки легко доступні для очищення та заміни, що суттєво спрощує обслуговування та знижує час простою обладнання.

4. Підходить для великих об'ємів. Верхньопривідні мішалки можуть бути використані для роботи з великими обсягами рідин та суспензій, що робить їх придатними для виробничих процесів у середніх та великих підприємствах.

5. Керованість. Можливість регулювання швидкості обертання та температури суміші за допомогою частотного перетворювача та підігріву (якщо потрібно) дозволяє точно налаштувати процес перемішування для різних типів продуктів.

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		25

Недоліки верхньопривідних мішалок:

1. Обмежена ефективність для в'язких сумішей. На відміну від шнекових або планетарних мішалок, верхньопривідні мішалки можуть бути менш ефективними при перемішуванні густих і в'язких матеріалів (наприклад, тіста), де потрібне інтенсивніше втручання.

2. Розмір та простір. У деяких випадках верхньопривідні мішалки можуть займати значне простір через розташування приводу у верхній частині, що важливо враховувати при організації виробничого процесу.

3. Потребують додаткового захисту від корозії. У разі роботи з агресивними хімічними розчинами або в умовах високої вологості, необхідно приділити увагу захисту конструкції від корозії (наприклад, використовуючи матеріали з антикорозійним покриттям).

Застосування верхньопривідних мішалок [12]:

- у хлібопекарській промисловості: для приготування рідких сумішей, таких як дріжджові розчини, сиропи, цукрові та соляні розчини, а також для попереднього змішування інгредієнтів перед тістомісом.

- у хімічній та фармацевтичній промисловості: для перемішування хімічних розчинів, суспензій, емульсій, барвників, добавок та інших рідких або пастоподібних матеріалів.

- у харчовій промисловості: для перемішування соусів, супів, паст, сиропів та інших рідких продуктів.

Розглянемо основні типи перемішуючих елементів мішалок[30]:

1. Мішалки з лопатевим (вальцевим) типом перемішування (рис.2.1). Вони складаються з двох або більшого числа лопатей прямокутної форми, закріплених на валу, що обертається. Основна перевага лопатевих мішалок полягає у простоті та невисокій вартості виготовлення. Недоліком є неповне перемішування рідини обсягом апарату через слабкого потоку рідини вздовж осі мішалки. Лопатеві мішалки перемішують тільки ті шари рідини, які знаходяться в безпосередній близькості від лопат. Лопатеві мішалки не можна застосовувати для перемішування в'язких рідин. Лопатеві мішалки використовують для перемішування рідин з помірною в'язкістю.

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		26

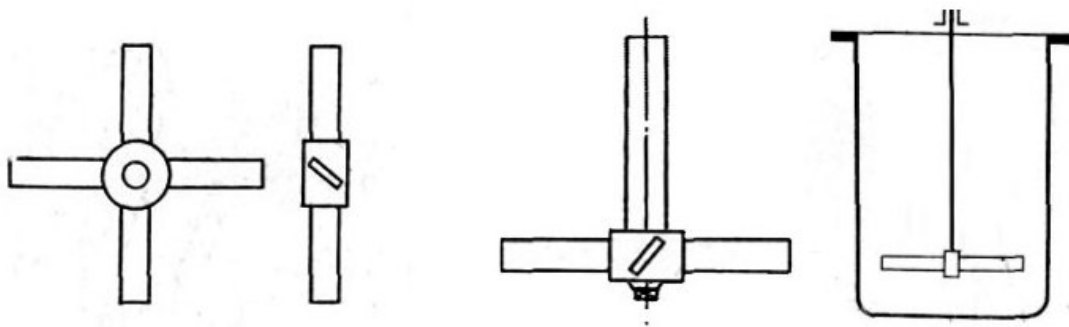


Рисунок 2.1 - Мішалки з лопатевим (вальцевим) типом перемішування

Для створення осьового переміщення рідини при перемішуванні лопатевими мішалками та перемішуванні всього об'єму рідини застосовуються мішалки з похилими лопатями з нахилом лопатей $30-40^\circ$ до осі валу. Ці мішалки широко використовуються для підготовки дріжджового розчину, а також для змішування рідких та напіврідких компонентів, таких як вода, дріжджі, цукор, сіль та інші інгредієнти.

2. Пропелерні мішалки використовуються для змішування рідких інгредієнтів, таких як вода та рідкі добавки, для дріжджових розчинів та інших рецептів хлібопекарської промисловості (рис.2.2).

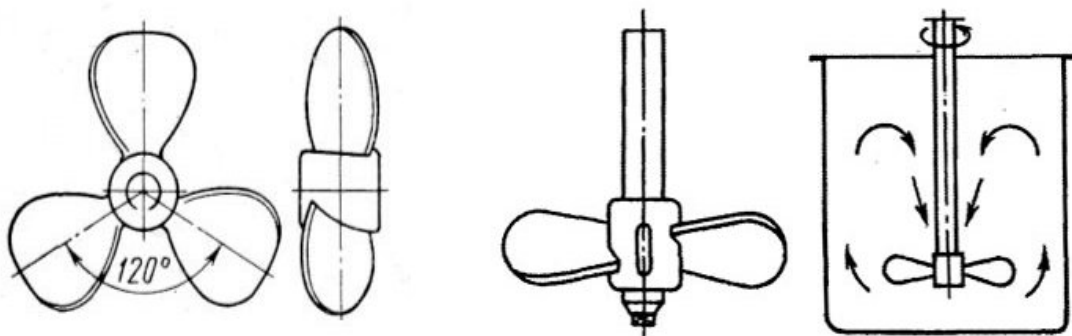


Рисунок 2.2 – Пропелерна мішалка

Пропелерні мішалки виготовляють із трьома лопатями (пропелерами). Робочою частиною пропелерної мішалки є пропелер, встановлений на осі мішалки. Завдяки цьому частинки рідини відштовхуються гвинтом у багатьох напрямках, що забезпечує хороше перемішування [6].

Пропелерні мішалки роблять осьові потоки води, що значно збільшує інтенсивність перемішування. Ефективність мішалки сильно залежить від

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		27

форми апарату та розташування мішалки. Пропелерні мішалки встановлюють у циліндричних апаратах зі сферичними днищами.

Число оборотів пропелерних мішалок значно вище, ніж у мішалок інших типів, і досягає в деяких випадках 40 оборотів за секунду.

Потужність, що споживається механічними мішалками, залежить від щільності рідини, що переміщується, швидкості обертання і діаметра мішалки.

У порівнянні з лопатевими пропелерними мішалками більш ефективні, але вони вимагають більше енергії. При напрямку потоку рідини на дно судини вони добре збентежать осад з розміром частинок до 0,15 мм.

Пропелери створюють хорошу циркуляцію рідини і підходять для рідких сумішей, де не потрібне інтенсивне перемішування або додавання газу до маси.

3. Мішалка рамна є тихохідним пристроєм. Основне її призначення - перемішування в'язких та важких рідин. Тому діаметр її максимально наближений до діаметра судини, що дозволяє захоплювати при змішуванні осадові частинки, що осідають, не допускає залипання на стінках і перегріву рідини [28]. Якщо процесі виробництва виникає потреба у перемішуванні менш в'язкої рідини, то рамна мішалка легко перетворюється на якірну мішалку методом виключення з конструкції поперечних елементів. (рис.2.3).

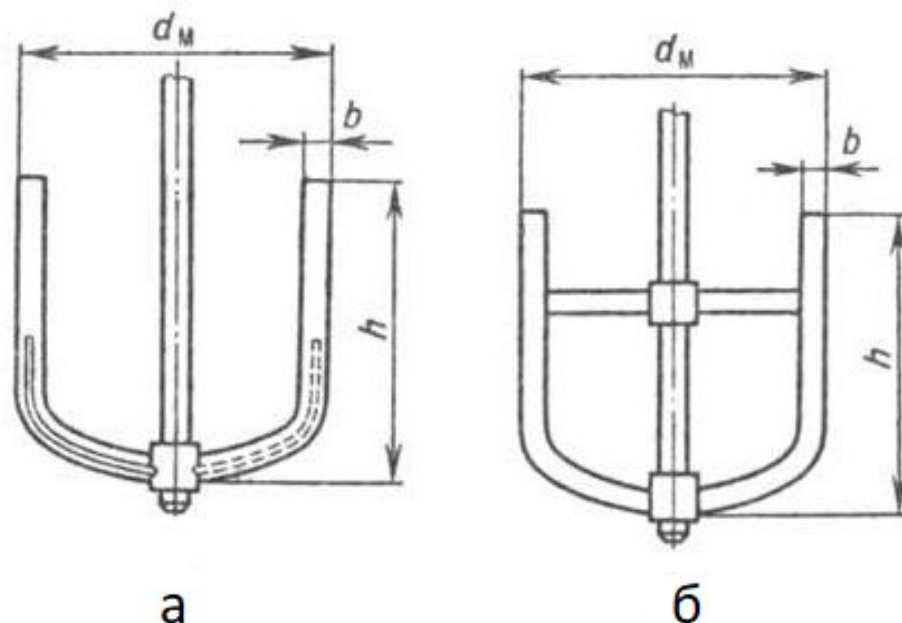


Рисунок 2.3 – а) якірний тип, б) рамний тип мішалки

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		28

Призначення рамної мішалки: перемішування важких та в'язких рідин, збільшується інтенсивність теплообміну та виключається утворення осаду на стінках ємності.

Приводом рамної мішалки вибирають мотор-редуктор із низькою кількістю обертів. Рамна мішалка може бути виготовлена з легованої або нержавіючої сталі, ПВХ. Якщо за вагою вона перевищує допустимі значення для виваженого стану, то конструкції передбачається додавання опорного корпусу підшипника. Діаметр мішалки варіюється від 600 до 3000 мм. Рама буває роз'ємною та нероз'ємною, залежно від її габаритів. Така мішалка забезпечує рівномірне перемішування по всьому об'єму, особливо біля стін, де часто утворюються застійні зони [17].

Цей тип працює повільно, але ефективно, не ушкоджуючи дріжджі (на відміну високооборотних мішалок).

4. Турбінні мішалки (рис.2.4) застосовують для інтенсивного перемішування та змішування рідин з в'язкістю до 10 Па. з для мішалок відкритого типу і до 50 Па. для мішалок закритого типу, для тонкого диспергування, швидкого розчинення або виділення опадів у великих обсягах (5 - 6 і більше).

Мішалка складається з одного або кількох відцентрових коліс (турбінок), укріплених на вертикальному валу. Турбінні мішалки можуть бути двох типів: відкритого та закритого типів. При частоті обертання 100-350 об/хв турбінні мішалки забезпечують інтенсивне перемішування рідини. Недоліки мішалок цього типу - відносна складність конструкції та висока вартість виготовлення.

Конструкція досить проста. Лопатки можуть бути приварені до диска або закріплені за допомогою болтів. В останньому випадку для кріплення лопаток можуть бути використані косинці, через які лопатки пригвинчуються до диска. Плоскі лопатки можуть бути нахилені під певним кутом щодо площини обертання мішалки. Найчастіше кут нахилу дорівнює 45 °.

Така мішалка створює осьовий потік рідини, що може знадобитися, наприклад, при перемішуванні суспензій для підняття твердих частинок з дна

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуши
Зм	Аркуши	№ докум	Підп	Дата		29

судини. Лопатки можуть бути вигнутими. Мішалки з такими лопатками споживають менше потужності.

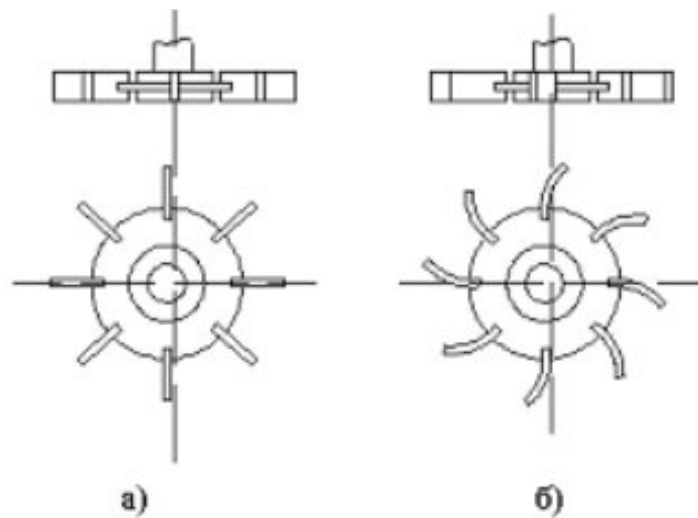


Рисунок 2.4 - Турбінні мішалки

5. Планетарні мішалки забезпечують інтенсивне перемішування. Вони являють собою групу лопатевих або рамних мішалок, що працюють від єдиного приводу, осі яких обертаються навколо центральної вертикальної осі.

Таким чином, лопаті мішалки здійснюють складний рух і виробляють енергійне перемішування до однорідної стану маси.

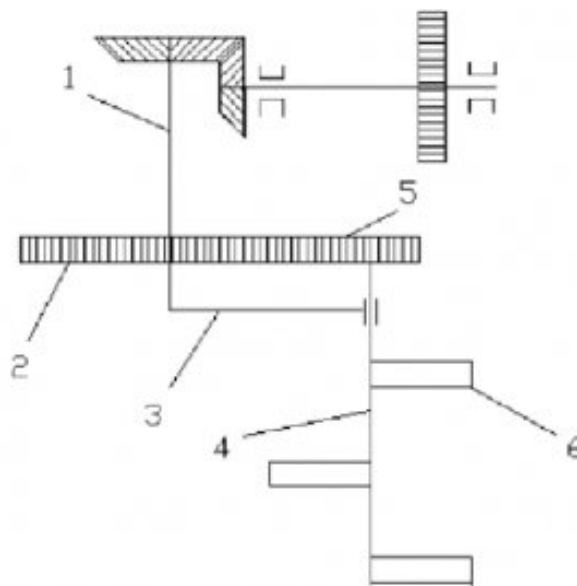


Рисунок 2.5 – Планетарна мішалка

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		30

Використовуються для змішування рідини з рідиною, рідини та сипучої сировини, кілька видів сухої сировини, сухої сировини та пасти. Підходить для роботи із сировиною різної в'язкості. Можливість встановлення планетарної мішалки, навіть у ємності, які працюють під вакуумом.

Розглянемо схему планетарної мішалки (рис. 2.5). Вона складається з валу 1, що проходить через нерухоме зубчасте колесо 2. На валу 1 укріплено водило 3, провідний вал 4, а на останньому зубчасте колесо 5, чіпляється з нерухомим колесом 2 і лопаті мішалки 6. При обертанні валу 1 водило 3 захоплює за собою вал 4 і колесо 5, яке котиться по колесу 2, змушуючи при цьому обертатися лопаті мішалки 6 одночасно як навколо осі валу 4, так і навколо валу 1. Кожна точка лопаті описує у своїй складну криву, форма якої залежить від положення точки на лопаті. Так як швидкість точки завжди спрямована щодо до траєкторії, то напрям швидкості точок безперервно змінюється. У планетарних мішалка виникає досить інтенсивний рух рідини [2].

6. Конічні мішалки є низькооборотним електричним перемішувальним пристроєм з жорстким кріпленням валу мішалки до валу приводу (рис 2.6). Використовуються для перемішування рідин в ємностях малого та середнього об'єму, а також приготування однорідних водних розчинів.

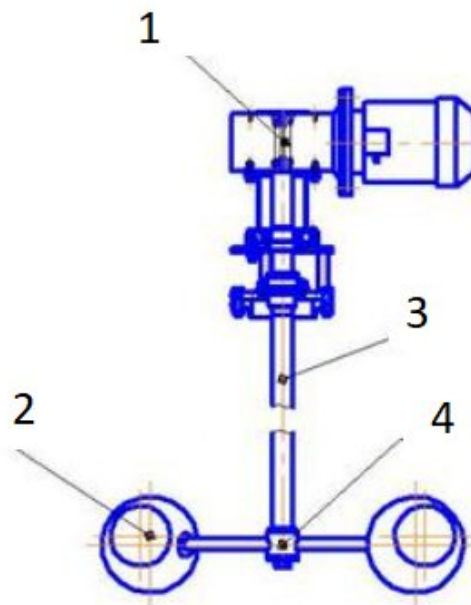


Рисунок 2.6 - Конічна мішалка

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		31

Конічні мішалки включають такі основні частини: 1 - привід (мотор-редуктор); 2 - конуси для перемішування; 3 – вал; 4 - лопасті для кріплення конусів.

Пристрої конусного типу, що перемішують, не застосовуються при необхідності змішування рідин з в'язкістю, більшою ніж 3000спз, або з включенням твердої фази великої питомої ваги, а також при змушуванні опадів, що містять більше 25% твердої фази. При розчиненні твердих речовин у рідині завжди слід заливати в ємність спочатку рідке середовище, потім - тверде. Завантаження порошку має бути рівномірним і поступовим, щоб уникнути утворення великих грудок, і внаслідок цього биття і виходу з ладу мішалки

Переваги конічних мішалок:

- рівномірне розподілення суміші по всьому об'єму;
- добра перемішувальність продукту;
- підходить для в'язких та сипких сумішей.

Даний тип мішалок застосовують на підприємствах хімічної, харчової, фармацевтичної, лакофарбової промисловості, приготування водних розчинів реагентів для отримання однорідних розчинів, емульсій та суспензій, розчинення, диспергування, інтенсифікації процесів тепло- та масопередачі.

Вибір мішалки на хлібопекарському заводі в основному залежить від:

- типу продукту (різні типи мішалок використовуються для виготовлення дріжджових розчинів, рідких інгредієнтів, пастоподібних сумішей і тіста);
- від обсягів виробництва (на великих виробництвах найчастіше використовуються комбіновані мішалки);
- від рівня автоматизації (сучасні хлібопекарські підприємства часто застосовуються мішалки з автоматичним регулюванням температури, швидкості та часу перемішування, а також з підключенням до SCADA-систем;
- від мети перемішування (розчинення, підтримка однорідності, теплообмін, хімічна реакція / бродіння);

Тому при виборі того чи іншого типу пристроїв, що перемішують, можна використовувати орієнтовні характеристики умов доцільного

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		32

застосування різних типів мішалок, наведених у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Орієнтовні характеристики для вибору мішалки

Тип мішалки	Об'єм рідини, що перемішується однією мішалкою, м ³	Зміст твердої фази при суспендуванні, %	Динамічна в'язкість рідини, що перемішується, кг/(м*с)	Окружна швидкість мішалки, м/с	Частота обертання мішалки
Лопатеві	до 2	до 5	до 0,01	1,7-5,0	0,3-1,35
Пропелерні	до 4	до 10	до 0,06	4,5-17,0	8,5-20,0
Якірні	до 20	до 60	до 2,0	1,7-10,0	1,4-8,0
Турбінні	до 15	до 65	до 2,5	1,8-12,0	1,2-10,0
Планетарні	до 10	до 20	до 0,1	1,5-8,0	1,3-7,5
Конусні	до 5	до 15	до 0,08	5,0-12,0	1,5-5,5
Спеціальні	до 20	до 75	до 5,0	6,0-30,0	1,7-25,0

2.3 Опис конструкції і принципу дії машини

Конструкція мішалки для приготування дріжджового розчину повинна забезпечувати рівномірне перемішування середовища, підтримання однорідності та достатній контакт дріжджових клітин з поживними речовинами та киснем (якщо аеробний процес). Дріжджовий розчин - це рідина, яка повинна бути ретельно змішана з активними дріжджами, а також іншими компонентами (наприклад, цукром, сіллю або водою), щоб дріжджі почали свою активність.

Конструкція мішалки залежить від особливостей конкретного виробництва та вимог до якості розчину. Важливо враховувати в'язкість розчину, температурний режим та тип дріжджів, щоб підібрати оптимальний тип мішалки та забезпечити стабільний процес.

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		33

Розглянемо основні елементи конструкції (рис.2.7):

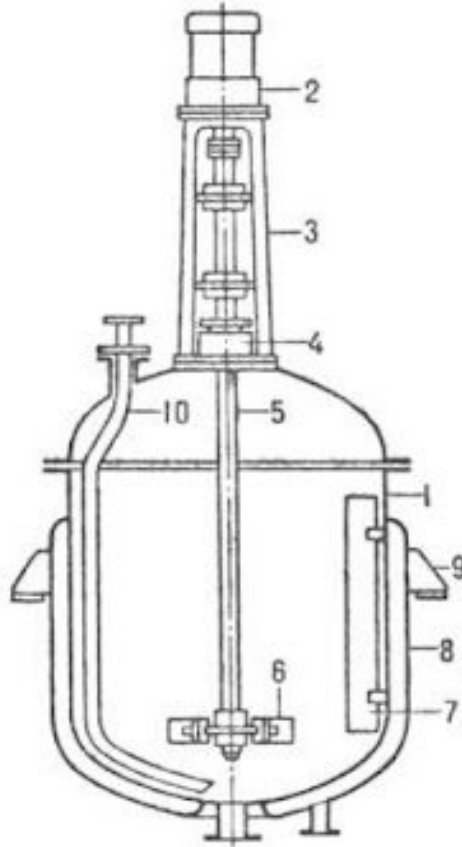


Рисунок 2.7 – Схема мішалки для дріжджового розчину

1. Резервуар (ємність) або корпус:

- матеріал: нержавіюча сталь (наприклад, AISI 304 або 316) – стійка до корозії та легко миється;
- обсяг: залежить від виробничих потреб (від 50 л до кількох м³);
- форма: найчастіше циліндрична з конічним дном для кращого зливу та перемішування.

2. Привід (двигун):

- електродвигун із редуктором;
- можливість регулювання швидкості обертання (частотний перетворювач).

3. Стійка;

4. Ущільнення;

5. Вал;

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		34

6. Мішалка (агітатор).

Типи перемішуючих елементів:

- лопатева (пряма/вигнута) — для рідких середовищ низької в'язкості;
- турбінна (пропелерна) – забезпечує інтенсивне перемішування та насичення киснем;
- якірна або рамна - використовується при густіших середовищах.

Матеріал виготовлення мішалок також нержавіюча сталь. Розташування може бути вертикальне (зверху) або бічне залежно від конструкції.

7. Аераційна система (якщо потрібно): аератор, барботажна трубка або розпилювач повітря для подачі кисню до розчину.

8. Система підігріву/охолодження (при необхідності):

- парова сорочка або змійовик;
- термостатичний контроль.

9. Опора-лапа;

10. Кришка та патрубки:

- для завантаження компонентів (вода, живильне середовище, дріжджі);
- для відбору проб та вивантаження розчину.

Також може бути встановлена ззовні мішалки система контролю параметрів: температурний датчик та рН-метр (вимірювач кислотності розчину).

Особливості конструкції для дріжджового розчину:

- гігієнічність (легкість санітарної обробки);
- мінімізація застійних зон;
- можливість стерилізації (якщо використовується у харчовій чи фармацевтичній промисловості);
- запобігання спінненню (підбір відповідного режиму перемішування).

Принцип роботи мішалки для дріжджового розчину:

1. Завантаження компонентів. До ємності додаються всі інгредієнти — вода, цукор, солі та інші добавки (якщо вони є).

2. Перемішування. Коли мішалка запускається, робочі елементи (лопаті, якір або пропелер) починають перемішувати розчин рівномірно розподіляючи дріжджі по всій рідині.

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		35

3. Гомогенізація. Під час обертання розчин стає однорідним, і дріжджі починають активуватись залежно від температури та умов.

4. Контроль параметрів. При необхідності можна контролювати температуру, швидкість обертання та інші параметри через автоматичні системи.

5. Завершальний процес. Коли готовий розчин, він може бути відправлений в наступну частину виробничого процесу.

Типові рішення для різних обсягів та цілей:

- Лабораторні та малі обсяги (до 100 літрів): для лабораторних цілей зазвичай використовують ручні або напівручні мішалки, де точність і контроль над перемішуванням важливі. Це можуть бути магніти, що перемішують, або невеликі мішалки з регульованою швидкістю.

- Середні обсяги (100-500 літрів): у таких обсягах застосовуються стаціонарні мішалки з дозаторами та регульованими швидкостями, які можуть автоматично дозувати компоненти.

- Великі обсяги (500+ літрів): для великих обсягів застосовується промислове обладнання з потужними приводами, а також системи автоматичної подачі інгредієнтів та контролю температури.

2.4 Технологічна характеристика мішалки

1. Мішалка для приготування дріжджового розчину.

2. Об'єм мішалки, м³:

- номінальний - 2;

3. Коефіцієнт заповнення апарату:

- 0,7;

4. Матеріал корпусу:

- нержавіюча сталь AISI 304 (харчова).

5. Форма ємності:

- сорочка циліндрична;

- кришка еліптична;

- днище еліптичне.

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		36

6. Тип мішалки:
 - лопатева.
7. Кількість елементів, що перемішують:
 - 2.
8. Розташування приводу:
 - верхнє.
9. Потужність електродвигуна:
 - 7 кВт.
10. Частота обертання мішалки:
 - 100 -180 об/хв (регульована).
11. Тип регулювання:
 - частотний перетворювач.
12. Підігрів:
 - водяна/парова сорочка по бічній поверхні та дну.
13. Діапазон температур:
 - 20–40°C.
14. Управління:
 - напіваавтоматичне.
15. Контроль параметрів:
 - температура, рівень рідини (опціонально - рН).
16. Система завантаження компонентів:
 - патрубки для води, дріжджів, цукру/муки.
17. Злив:
 - знизу, клапан «метелик» DN50 або DN80.
18. Люк:
 - верхній завантажувальний з кришкою та клямкою.
19. Мийна система (CIP):
 - можливість встановлення CIP-насадки;
20. Середовище:
 - в мішалці – нетоксичне, пожеже- , вибухобезпечне;
 - в сорочці – вода.

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		37

2.5 Пошук конструктивного рішення вдосконалення машини

Пропозиція, щодо вдосконалення конструкції мішалки для приготування дріжджового розчину, встановленої у м. Токмак на території Токмацького хлібозаводу:

1. Оптимізація елементів, що перемішують:

- маємо лопатеву мішалку з 2 перемішуючими елементами;
- удосконалення: встановити турбінну мішалку, що дасть змогу збільшити вертикальну циркуляцію та покращить гомогенізацію. Додати статичні дефлектори (антивихрові пластини) за внутрішнім периметром, що дозволить уникнути ефекту «воронки» та покращить перемішування без збільшення потужності.

2. Автоматизація управління:

- маємо напіваавтоматичне керування;
- удосконалення: впровадити сенсорну панель HMI (наприклад, Siemens або Weintek) з інтерфейсом вибору рецептур. Додати контролер ПЛК (наприклад, WAGO або Schneider), який забезпечить точну логіку за етапами: завантаження, перемішування, витримка, злив. Створити «Пам'ять рецептів» - для різних видів дріжджового розчину (наприклад, під хліб, багет, здобу).

3. Розширення системи контролю параметрів:

- маємо контроль температури, рівня, кислотності розчину pH;
- удосконалення: встановити датчик pH і редокс-потенціалу, що буде особливо корисно для контролю життєдіяльності дріжджів. Інтегрувати датчик в'язкості, який допоможе адаптувати оберти мішалки автоматично. Додати логер параметрів (USB або віддалений доступ) для ведення технологічного журналу.

4. Мийна система (CIP):

- маємо можливість встановлення CIP-насадки;
- удосконалення: встановити ротаційну мийну головку (360°) з нержавіючої сталі, яка ефективніше промиває нутрощі без демонтажу.

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуши
Зм	Аркуши	№ докум	Підп	Дата		38

Організувати автоматичний цикл миття через ту ж ПЛК: подання луку, промивання, подача кислоти, фінальне ополіскування.

5. Інтеграція з виробничою лінією:

- удосконалення: підключити мішалку до дозаторів інгредієнтів (води, дріжджів, цукру/живильних речовин). Реалізувати автоматичне зливання дріжджового розчину в тістоміс або ферментер — за сигналом від системи управління.

6. Енергоефективність:

- удосконалення: додати теплоізоляцію бака (якщо відсутня) — значно знизить витрати на підігрів. Налаштувати розумний алгоритм частотника (прискорення/уповільнення за таймером або параметрами розчину). Встановити енергомоніторинг (якщо стоїть завдання контролю над витратами).

7. Віддалений моніторинг та цифрова трансформація:

- удосконалення: використовувати Ethernet-модуль або Wi-Fi-шлюз — для зв'язку мішалки із загальною системою SCADA. Відображення параметрів на ПК, планшеті або смартфоні. Можливість віддаленої діагностики та контролю (наприклад, у нічну зміну).

2.6 Розробка технічного завдання на вдосконалену конструкцію мішалки для дріжджового розчину

Технічне завдання на вдосконалення конструкції мішалки для приготування дріжджового розчину:

1. Найменування виробу: мішалка вертикального типу з підігрівом та системою контролю параметрів для приготування дріжджового розчину в хлібопекарському виробництві.

2. Призначення: обладнання призначене для приготування однорідного дріжджового розчину з можливістю регулювання температури, швидкості перемішування та контролю параметрів середовища (температури та рівня). Передбачено гігієнічне очищення та можливість інтеграції в автоматизовану виробничу лінію.

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		39

3. Основні технічні характеристики:

- місткість: 2м³ , нержавіюча сталь AISI 304;
- мішалка: лопатева, 2 елементи;
- привід: верхній, 7 кВт, 100–180 об/хв, частотне регулювання;
- підігрів: водяна/парова сорочка;
- управління: напівавтоматичне;
- контроль: температура, рівень (опц. - pH);
- злив: еліптичне дно, клапан DN50/DN80;
- патрубки: вода, дріжджі, живильне середовище;
- люк: верхній завантажувальний із фільтрацією;
- мийна система: CIP на запит.

4. Комплектація:

- місткість з мішалкою та сорочкою;
- електропривод із частотним перетворювачем;
- панель керування (сенсорна або кнопкова);
- датчики температури та рівня;
- клапани, патрубки, з'єднання;
- паспорт та посібник з експлуатації;
- сертифікати відповідності матеріалам (якщо потрібно).

5. Вимоги до конструкції:

- стійкість до корозії, санітарно-гігієнічне виконання;
- можливість повного розвантаження продукту без залишку;
- мінімізація застійних зон;
- простота обслуговування та миття (включаючи CIP);
- можливість миття зовні та зсередини;
- антивібраційні опори;
- шум ≤ 75 дБ під час роботи.

6. Умови експлуатації:

- температура довкілля: +5...+40°C;
- вологість: до 85%;
- установка – всередині виробничого приміщення.

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		40

7. Мета модернізації: підвищення продуктивності, енергоефективності та автоматизації процесу приготування дріжджового розчину за рахунок впровадження сучасних рішень у галузі управління, контролю та санітарної обробки обладнання.

8. Перелік робіт з модернізації:

8.1. Удосконалення мішалки: встановлення турбінного елемента перемішування на валу. Додавання антивихорових пластин (дефлекторів) на внутрішню стінку бака.

8.2. Автоматизація управління: заміна напівавтоматичного керування на ПЛК-контролер із сенсорною панеллю (НМІ). Впровадження вибору рецептур, таймерів етапів та покрокового контролю. Встановлення сигналізаторів помилок та аварійних станів (перегрів, витік, перевищення рівня тощо).

8.3. Система контролю параметрів: встановлення датчика рН та інтеграція до ПЛК. Встановлення датчика рівня з аналоговим виходом (0-10 В або 4-20 мА). Опціонально — встановлення датчика в'язкості (за згодою).

8.4. Модернізація мийної системи: встановлення стаціонарного СІР-мийки з ротаційною головкою. Інтеграція СІР-процесу в цикл управління (окрема програма миття).

8.5. Теплоізоляція та енергоефективність: монтаж зовнішньої ізоляції бака (мін. вата, спінений поліуретан). Оптимізація програми перемішування (зменшення обертів на етапах витримки).

8.6. Інтеграція та цифровізація: підключення системи до SCADA або OPC-сервера. Візуалізація параметрів (температура, рівень, рН, оберти, час) на НМІ та через ПК. Встановлення Ethernet/Modbus-модуля для віддаленого доступу.

9. Вимоги до виконання робіт: матеріали – сертифіковані для харчування (нерж. сталь AISI 304/316, PTFE тощо). Усі модернізовані елементи повинні бути легко розбірними або мати санітарний допуск. Гарантія на модернізовані вузли – не менше 12 місяців. Інструкції та схеми підключення – українською мовою. Можливість запуску та налагодження на об'єкті.

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		41

10. Додаткові вимоги:

- можливість монтажу дома замовника;
- гарантія щонайменше 12 місяців;
- надання 3D-креслення перед виробництвом (для узгодження);
- підключення до існуючих інженерних мереж (електрика, пара/вода, дренаж).

11. Кошторис витрат на модернізацію мішалки для приготування дріжджового розчину:

Таблиця 2.2 – Кошторис «Механічна модернізація мішалки»

№	Назва	Кількість	Ціна за одиницю (грн)	Сума (грн)
1	Встановлення турбінної мішалки	1	3 000	3 000
2	Антивихрові пластини (дефлектори) на внутрішній стінці бака	3	1 000	3 000
3	Модернізація лопатей мішалки (покриття PTFE)	3	1 000	3 000
Разом				9 000

Таблиця 2.3 – Кошторис «Автоматизація управління»

№	Назва	Кількість	Ціна за одиницю (грн)	Сума (грн)
1	ПЛК - контролер (наприклад, Siemens або Schneider)	1	7 000	7 000
2	Сенсорна панель HMI (наприклад, Siemens або Weintek)	1	5 000	5 000
3	Датчик рН (інтеграція з ПЛК)	1	2 000	2 000
4	Датчик рівня (аналоговий вихід)	1	1 500	1 500

Продовження таблиці 2.3				
5	Датчик в'язкості	1	2 000	2 000
6	Встановлення та налаштування системи керування (робота з ПЛК, підключення до SCADA)	1 послуга	3 000	3 000
Разом				20 500

Таблиця 2.4 – Кошторис «Модернізація системи миття (CIP)»

№	Назва	Кількість	Ціна за одиницю (грн)	Сума (грн)
1	Встановлення CIP-системи з ротаційною мийною головою	1	3 000	3 000
2	Підключення системи CIP до ПЛК для автоматичного запуску	1 послуга	2 000	2 000
Разом				5 000

Таблиця 2.5 – Кошторис «Теплоізоляція та енергоефективність»

№	Назва	Кількість	Ціна за одиницю (грн)	Сума (грн)
1	Теплоізоляція для бака (мін. вата або спінений поліуретан)	1	1 500	1 500
2	Монтаж теплоізоляції	1	2 000	2 000
Разом				3 500

Таблиця 2.6 – Кошторис «Інтеграція та цифровізація»

№	Назва	Кількість	Ціна за одиницю (грн)	Сума (грн)
1	Ethernet модуль для інтеграції з SCADA	1	2 000	2 000

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		43

Продовження таблиці 2.6				
2	Розробка програмного забезпечення для SCADA (або Modbus)	1 послуга	5 000	3 000
Разом				5 000

Таблиця 2.7 – Кошторис «Загальні витрати на модернізацію»

№	Назва	Сума (грн)
1	Механічна модернізація	9 000
2	Автоматизація керування	20 500
3	Модернізація системи миття (CIP)	5 000
4	Теплоізоляція та енергоефективність	3 500
5	Інтеграція та цифровізація	5 000
Разом		48 000

Таблиця 2.8 – Кошторис «Додаткові витрати»

№	Назва	Сума (грн)
1	Проектування та монтаж (загальна вартість робіт)	4 000
2	Навчання персоналу	2 000
Разом		6 000

Загальна вартість модернізації конструкції мішалки для приготування дріжджового розчину становить: 54 000 грн.

Примітки:

- усі ціни є орієнтовними. Для отримання точного кошторису необхідно запитати комерційні пропозиції від постачальників обладнання та підрядників.
- у кошторисі враховані всі основні елементи модернізації: механічні зміни, автоматизація, система CIP, теплоізоляція та інтеграція із SCADA.
- у разі потреби можна уточнити установки для додаткового обладнання або послуг.

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		44

Обґрунтування конструктивного рішення вдосконалення

Удосконалення мішалок у хлібопекарському виробництві може суттєво підвищити ефективність, знизити енерговитрати та покращити якість дріжджового розчину.

Отже, можна зробити наступні висновки щодо запропонованих змін у конструкції мішалки для дріжджового розчину:

- перемішування – на виході отримуємо більш рівномірний розчин, менше осаду;
- автоматизація - зменшення ручної праці, менша кількість помилок;
- контроль параметрів – дасть змогу поліпшити якість та стабільність процесу приготування дріжджового розчину;
- енергоефективність - призведе до економії використовуваних ресурсів та, як результат, зниження витрат на виробництво;
- гігієна та миття - швидке та безпечне очищення обладнання без демонтажу елементів конструкції.

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		45

3 РОЗРАХУНОК ВДОСКОНАЛЕНОЇ МАШИНИ

3.1 Технологічний розрахунок параметрів машини

Відповідно до завдання дипломного проекту, особливостями приготування дріжджового розчину та потребами виробництва для розрахунку були прийняті наступні вихідні дані:

- загальний об'єм мішалки: $V_{\text{заг}} = 2000 \text{ л} = 2 \text{ м}^3$;
- коефіцієнт заповнення: $K_{\text{зап}} = 0,7$;
- тип перемішуючого пристрою: турбінна мішалка, статичні дефлектори (антивихрові пластини) за внутрішнім периметром.

Наведемо теплофізичні характеристики дріжджового розчину:

- температура: $t = 40 \text{ }^\circ\text{C}$;
- густина перемішуючого середовища: $\rho = 1185 \text{ (кг/м}^3\text{)}$;
- динамічна в'язкість: $\mu = 2,27 \cdot 10^{-3} \text{ (Па} \cdot \text{с)}$;
- теплоємність: $c = 2,15 \text{ (кДж/(кг} \cdot \text{K))}$;
- теплопровідність: $\lambda = 0,558 \text{ (Вт/м} \cdot \text{K)}$.

Розрахуємо повну поверхню корпусу мішалки:

$$F = F_{\text{кр}} + F_{\text{сор}} + F_{\text{дн}}, \quad (1.1)$$

де $F_{\text{кр}}$, $F_{\text{сор}}$, $F_{\text{дн}}$ - відповідно, поверхні кришки, сорочки та днища, м^2 .

Поверхня еліптичної кришки (днища):

$$F_{\text{кр}} = F_{\text{дн}} = 1,58 \frac{\pi D^2}{4}, \quad (1.2)$$

де D - діаметр мішалки, м .

Поверхня циліндричної сорочки мішалки:

$$F_{\text{сор}} = \pi \cdot D \cdot H, \quad (1.3)$$

де H - висота сорочки, м .

Повна поверхня корпусу мішалки залежить від двох змінних: D і H .

Тим не менш, одну зі змінних можна виразити через іншу, використовуючи таку рівність:

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуши
Зм	Аркуши	№ докум	Підп	Дата		46

$$V = V_{кр} + V_{сор} + V_{дн} = const, \quad (1.4)$$

де $V_{кр}$, $V_{сор}$, $V_{дн}$ - відповідно, об'єми кришки, сорочки та днища, м³.

Об'єм еліптичної кришки (днища):

$$V_{кр} = V_{дн} = \frac{\pi D^3}{24}, \quad (1.5)$$

Об'єм циліндричної сорочки мішалки:

$$V_{сор} = \frac{\pi D^2}{4} \cdot H, \quad (1.6)$$

Після нескладних перетворень отримаємо:

$$H = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot D^2} - \frac{D}{3}$$

$$F = 0,79 \cdot \pi \cdot D^2 + \pi \cdot D \cdot \left(\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot D} - \frac{D}{3} \right) = 0,79 \cdot \pi \cdot D^2 + \frac{4 \cdot V}{D} - \frac{\pi \cdot D^2}{3}$$

Досліджуємо отриманий вираз на екстремум:

$$\frac{dF}{dD} = 2,87D - \frac{4 \cdot V}{D^2} = 0, \quad (1.7)$$

З рівняння (1.7) отримаємо наступне:

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot V}{2,87}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 2}{2,87}} = 1,4 \text{ м}$$

Визначимо оптимальне значення висоти циліндричної сорочки корпусу мішалки:

$$H = \frac{4 \cdot 2}{3,14 \cdot 1,4^2} - \frac{1,4}{3} = 0,833 \text{ м} \approx 0,9 \text{ м}$$

Симплекс геометричної подоби визначається за формулою:

$$\Gamma = \frac{D}{d_M}$$

Так як при модернізації запропоновано встановити мішалку турбінну відкриту, то параметр Γ знаходиться в границях 3...6. Прийmemo $\Gamma = 3,5$. Тоді виходячи з цього $d_M = 0,4$ м, що відповідає значенню стандартного ряду діаметрів мішалок за ГОСТ 20680-75.

Знайдемо діаметр диска:

$$d_2 = 0,75d_M = 0,75 \cdot 0,4 = 0,3 \text{ м}$$

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		47

Обчислимо довжину лопасті турбінної мішалки:

$$l = 0,25d_M = 0,25 \cdot 0,4 = 0,1 \text{ м}$$

Внутрішній діаметр розташування лопастей:

$$d_1 = 0,5d_M = 0,5 \cdot 0,4 = 0,2 \text{ м}$$

Висота лопастей турбінної мішалки:

$$h = 0,2d_M = 0,2 \cdot 0,4 = 0,08 \text{ м}$$

3.2 Розрахунок потужності перемішуючого пристрою

Корисна потужність, що споживається пристроєм, що перемішує:

$$N_p = K_N \cdot \rho_{CP} \cdot n^3 \cdot d_M^5 \quad (1.8)$$

$$K_N = f(Re_{вц}) \quad (1.9)$$

Відцентровий критерій Рейнольдса визначається за формулою:

$$Re_{вц} = \frac{\rho_{CP} \cdot n \cdot d_M^2}{\mu_{CP}}, \quad (1.10)$$

де ρ_{CP} - густина середовища, що перемішується, кг/м³;

d_M - діаметр мішалки, м ;

μ_{CP} - динамічний коефіцієнт в'язкості середовища, що перемішується;

n - число оборотів мішалки.

Число оборотів мішалки розраховується за формулою:

$$n = \frac{v}{\pi d_M}, \quad (1.11)$$

де v - окружна швидкість обертання мішалки, м/с.

За допомогою табличних значень, приймаємо $v = 6,5$ м/с , тоді маємо:

$$n = \frac{6,5}{3,14 \cdot 0,4}$$

Приймаємо найближче стандартне значення $n = 5,25$ м/с.

$$Re_{вц} = \frac{1185 \cdot 5,25 \cdot 0,4^2}{1 \cdot 10^{-3}} = 840000$$

За табличними рекомендаціями в залежності від $Re_{вц}$ приймаємо $K=1$:

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		48

$$N_{\Pi} = 1 \cdot 1185 \cdot 5,25^3 \cdot 0,4^5 = 1,84 \text{ кВт}$$

Потужність, що витрачається на тертя у сальниковому ущільненні з м'якою набивкою:

$$N_y = 4d_{\text{в}}^2 \cdot n \cdot \delta_{\text{н}} \cdot p \cdot \exp\left(\frac{0,2h_{\text{н}}}{\delta_{\text{н}}-1}\right) f_{\text{тр}}, \quad (1.12)$$

де n - частота обертання валу, с-1;

$\delta_{\text{н}}$ і $h_{\text{н}}$ - відповідно товщина і висота сальникового набивання, м;

p - надлишковий тиск в мішалці, Па;

$f_{\text{тр}} = 0,08 \dots 0,12$, приймаємо $0,1$.

Товщина м'якого сальникового набивання:

$$\delta_{\text{н}} = (4 \dots 5) \cdot 10^{-2} \cdot d_{\text{в}}^{0,5} \quad (1.13)$$

Висота набивання, що збільшується зі зростанням тиску в мішалці:

$$h_{\text{н}} = (4 \dots 10) \cdot d_{\text{н}} \quad (1.14)$$

Діаметр валу:

$$d_{\text{в}} = C \cdot d_{\text{м}}, \quad (1.15)$$

де $C = 0,117$ - для турбінних мішалок;

$d_{\text{м}}$ – діаметр мішалки, м.

$$d_{\text{в}} = 0,117 \cdot 0,4 = 0,065 \text{ м}$$

$$\delta_{\text{н}} = (4 \dots 5) \cdot 10^{-2} \cdot 0,065^{0,5} = 0,01 \dots 0,013 \text{ м}$$

Приймаємо $\delta_{\text{н}} = 0,01 \text{ м}$.

$$h_{\text{н}} = (4 \dots 10)$$

Приймаємо $h_{\text{н}} = 0,06 \text{ м}$.

$$N_y = 4 \cdot 0,065^2 \cdot 5,25 \cdot 0,01 \cdot 0,3 \cdot 10^6 \cdot \exp\left(\frac{0,2 \cdot 0,06}{0,01 - 1}\right) \cdot 0,1 = 32,03 \text{ Вт}$$

Потужність приводу мішалки розраховується за формулою:

$$N_{\text{пр}} = (k_{\Pi} k_{\text{н}} \sum k_i \cdot N_{\text{пов}} + N_y) / \eta, \quad (1.16)$$

де k_{Π} - коефіцієнт, що враховує наявність перегородок;

$k_{\text{н}}$ - коефіцієнт, що враховує висоту рівня рідини в мішалці;

k_i - коефіцієнт, що враховує наявність у посудині внутрішніх пристроїв;

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		49

η - к.п.д. приводу мішалки, 0,8...0,9 прийmemo $\eta = 0,85$.

Для мішалок з перегородками $k_H = 1$, $k_i = 1$.

$$k_H = (H_{CP}/D)^{0,5}, \quad (1.17)$$

де H_{CP} - висота рівня середовища, що перемішується в мішалці, м.

$$H_{CP} = H_C + H_D, \quad (1.18)$$

де H_C - висота середовища в сорочці, м;

H_D - висота середовища в днищі, м.

$$H_C = \frac{4 \cdot V_C}{\pi \cdot D^2}, \quad (1.19)$$

де V_C - об'єм середовища, що знаходиться в сорочці, m^3 .

$$V_C = V_{CP} - V_D, \quad (1.20)$$

де V_{CP} - загальний об'єм середовища в мішалці, m^3 ;

V_D - об'єм середовища у днище, m^3 .

$$V_{CP} = V_M \cdot \varphi, \quad (1.21)$$

де V_M - загальний обсяг апарату, m^3 ;

φ - коефіцієнт заповнення апарату, m^3 .

$$V_{CP} = 2 \cdot 0,7 = 1,4 \text{ м}^3, \quad V_D = 0,396 \text{ м}^3$$

$$V_C = 1,4 - 0,396 \approx 1 \text{ м}^3$$

$$H_C = \frac{4 \cdot 1}{3,14 \cdot 1,4^2} = 0,65 \text{ м}$$

$$H_D = H_E + h_{ц}, \quad (1.22)$$

де H_E - висота еліптичної частини днища, м ;

$h_{ц}$ - висота циліндричної частини мішалки, м.

$$H_E = 0,35 \text{ м}, \quad h_{ц} = 0,025 \text{ м} \Rightarrow H_D = 0,35 + 0,025 = 0,375 \text{ м}$$

$$H_{CP} = 0,65 + 0,375 = 1,025 \text{ м} \Rightarrow k_H = (1,025/1,4)^{0,5}$$

$$N_{пр} = \frac{0,856 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1481 + 32,02}{0,85} = 1529,1 \text{ Вт} = 1,53 \text{ кВт}$$

За розрахованою потужністю оптимально встановити наступний привід: одноступінчастий мотор-редуктор типу МР1-315-26-160 Ф1В (частота обертання вихідного валу 160 об/хв) з електродвигуном 4А160М8

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		50

(потужність 11 кВт, частота обертання 750 об/хв).

3.3 Розрахунок корпусу мішалки на міцність

Розрахунковий тиск усередині мішалки:

$$P_{MP} = P_M + P_{MG}, \quad (1.23)$$

де P_{MG} – гідростатичний тиск у корпусі мішалки, Па.

$$P_{MG} = \rho_c \cdot H_C \cdot g, \quad (1.24)$$

де g – прискорення вільного падіння, м/с²;

H_C – висота шару середовища в мішалки.

$$H_C = h_D + \frac{4(0,8 \cdot V - V_L)}{\pi \cdot D^2}, \quad (1.25)$$

де $h_D = 350$ мм – внутрішня висота еліптичного днища;

$V_L = 0,396$ м³ – об'єм еліптичного днища.

$$H_C = 0,35 + \frac{4(0,8 \cdot 1,6 - 0,396)}{3,14 \cdot 1,4^2} = 0,924 \text{ м}$$

$$P_{MG} = 1185 \cdot 0,924 \cdot 9,81 = 0,01 \text{ МПа}$$

Так як

$$(P_{MG}/P_M) \cdot 100\% = (0,01/0,3) \cdot 100 = 3\% < 5\%$$

то розрахунковий тиск усередині мішалки складає:

$$P_{MP} = P_M = 0,3 \text{ МПа}$$

Розрахунковий тиск у сорочці мішалки:

$$P_{CP} = P + P_{CG}, \quad (1.26)$$

де P_{CG} – гідростатичний тиск теплоносія в сорочці мішалки, Па .

$$P_{CG} = \rho_B \cdot H_P \cdot g, \quad (1.27)$$

де ρ_B – щільність води, кг/м³.

Вважаємо, що

$$P_{CG} = 1000 \cdot 1,049 \cdot 9,81 = 0,0103 \text{ МПа}$$

Оскільки

$$(P_{CG}/P) \cdot 100\% = (0,0103/0,3) \cdot 100 = 3\% < 5\%$$

то розрахунковий тиск у сорочці мішалки складає:

$$P_{CP} = P = 0,3 \text{ МПа}$$

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуши
Зм	Аркуши	№ докум	Підп	Дата		51

Розрахункову температуру стінки мішалки приймаємо рівною до температури середовища в мішалці $t_p = t_c = 40^\circ\text{C}$.

Допустима напруга для сталі 10 ГОСТ 1050-74 при $t_p = 40^\circ\text{C}$, становитиме $[\sigma] = 128 \text{ МПа}$.

Розрахункове значення модуля поздовжньої пружності E для сталі 10 ГОСТ 1050-74 при $t_p = 40^\circ\text{C}$ складе $E = 1,96 \times 10^5 \text{ МПа}$.

Додаток до розрахункової товщини стінки вважаємо рівної додатку для компенсації корозії C_1 :

$$C = C_1 = \Pi \cdot \tau = 0,1 \cdot 10^{-3} \cdot 15 = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

Додатком C_2 на мінусове значення граничного відхилення по товщині листа і додатком C_3 на технологію виготовлення деталей апарата нехтуємо.

Товщина стінки еліптичної кришки, що знаходиться під дією внутрішнього надлишкового тиску розраховується за формулою:

$$S_K = \frac{P_M \cdot R}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - 0,5 \cdot P_M} + C, \quad (1.28)$$

де R – радіус кривизни у вершині еліптичної кришки, м. Для стандартних еліптичних кришок $R = D = 1,4 \text{ м}$.

$$S_K = \frac{0,3 \cdot 1,4}{2 \cdot 128 \cdot 1 - 0,5 \cdot 0,3} + 1,5 \cdot 10^{-3} = 3,14 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

Приймаємо товщину стінки еліптичної кришки $S_K = 6 \cdot 10^{-3} \text{ м}$.

Перевіряємо наступну умову:

$$0,002 \leq \frac{S_K - C}{D} \leq 0,1 = 0,002 \leq 0,0032 \leq 0,1$$

Товщина стінки циліндричної сорочки корпусу мішалки під впливом внутрішнього надлишкового тиску розраховується як:

$$S_{\text{ц1}} = \frac{P_{\text{МП}} \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - 0,5 \cdot P_{\text{МП}}} + C, \quad (1.29)$$

$$S_{\text{ц1}} = \frac{0,3 \cdot 1,4}{2 \cdot 128 \cdot 1 - 0,5 \cdot 0,3} + 1,5 \cdot 10^{-3} = 3,14 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

Приймаємо товщину стінки циліндричної сорочки $S_{\text{ц1}} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ м}$.

Перевіряємо умову :

$$\frac{S_{\text{ц1}} - C}{D} \leq 0,1 = 3,2 \cdot 10^{-3} \leq 0,1$$

Товщина стінки циліндричної сорочки корпусу мішалки під дією

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		52

надлишкового зовнішнього тиску:

$$S_{ц2} = \max \left\{ K_2 \cdot D \cdot 10^{-2}; \frac{1,1 \cdot P_{CP} \cdot D}{2 \cdot [\sigma]} \right\}, \quad (1.30)$$

Де $K_2 = f(K_1, K_3)$ визначається за номограмою:

$$K_1 = \frac{n_y \cdot P_{CP}}{2,4 \cdot 10^{-2} \cdot E}, \quad (1.31)$$

де n_y – коефіцієнт запасу стійкості. Для робочих умов $n_y = 2,4$, тоді

$$K_1 = \frac{2,4 \cdot 0,3}{2,4 \cdot 10^{-2} \cdot 1,96 \cdot 10^5} = 1,53$$
$$K_3 = \frac{L_C}{D}, \quad (1.32)$$

де L_C – розрахункова довжина сорочки, м.

Для апарату заданої конфігурації L_C визначається як:

$$L_C = H_0 + 2 \left(\frac{h_k}{3} \right), \quad (1.33)$$

де H_0 – висота циліндричної обічайки апарату, м;

h_k – висота еліптичної кришки, м.

Для апарату заданої конфігурації $H_0 = 0,9$ м, $h_k = 0,35$ м.

$$L_C = 0,9 + 2(0,35/3) = 1,133 \text{ м}$$

$$K_3 = 0,808/1,4 = 0,81; K_2 = f(1,133; 0,81) = 0,5$$

Тоді маємо:

$$S_{ц2} = 1,1 \cdot 0,3 \cdot 1,4 / (2 \cdot 128) = 0,0018 \text{ м}$$

З урахуванням надбавки приймаємо $S_{ц2} = 10 \cdot 10^{-3}$ м.

Товщина стінки еліптичного днища під дією внутрішнього надлишкового тиску :

$$S_{д1} = S_K = 3,14 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

Приймаємо товщину стінки еліптичного днища $S_{д1} = 6 \cdot 10^{-3}$ м.

Перевіряємо умову :

$$(S_{д1} - C)/D = (6 \cdot 10^{-3} - 1,5 \cdot 10^{-3})/1,4 = 0,0032$$

Товщина стінки еліптичного днища під впливом зовнішнього надлишкового тиску може бути розрахована залежність, де $K_e = 0,9$:

$$S_{д2} = \max \left\{ \frac{K_e \cdot R}{510} \sqrt{\frac{n_n \cdot P_{CP}}{10^{-6} \cdot E}}; \frac{P_{CP}}{2[\sigma]} \right\}, \quad (1.34)$$
$$S_{д2} = 0,3 \cdot 1,4 / (2 \cdot 128) = 1,64 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

Приймаємо $S_{д2} = 6 \cdot 10^{-3}$ м.

Для зручності сварки приймаємо $S_{д} = 10 \cdot 10^{-3}$ м.

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		53

Толщина стінки циліндричної сорочки люка розраховується за рівнем (1.29), з урахуванням того, що $D = d = 0,25\text{м}$.

$$S_{\text{л}} = (0,3 \cdot 0,25) / (2 \cdot 128 \cdot 1 - 0,3) + 1,5 \cdot 10^{-3} = 1,79 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

Для забезпечення технологічності сварних сполук приймаємо $S_{\text{л}} = 6 \cdot 10^{-3} \text{м}$.

Люк в робочому положенні закритий плоскою з'ємною кришкою. Толщина плоскої знімної кришки люка розраховується за наступною залежністю :

$$S_{\text{кл}} = K_0 \cdot K \cdot D_{\text{с}} \cdot (P_{\text{мр}} / ([\sigma] \cdot \varphi))^{1/2} + C, \quad (1.35)$$

де K , K_0 – коефіцієнти, що характеризують конструкцію кришки.

Вважаємо, що в кришці немає технологічних отворів, тому $K_0 = 1$. Для кришки, встановленої на даній мішалці, коефіцієнт $K = 0,4$. Для даної кришки вважаємо $D_{\text{с}} = D_{\text{б}}$, де $D_{\text{б}}$ - діаметр болтової окружності фланцевого з'єднання. Для стандартного фланца з $D_{\text{с}} = 0,335 \text{ м}$, $D_{\text{б}} = 0,335 \text{ м}$.

$$S_{\text{кл}} = 0,5 \cdot 1 \cdot 0,335 \cdot (0,3 / (128 \cdot 1))^{1/2} + 1,5 \cdot 10^{-3} = 9,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

Приймаємо $S_{\text{кл}} = 10 \cdot 10^{-3} \text{м}$.

Таким чином, за результатами виконаних розрахунків маємо:

$$S_{\text{к}} = 6 \cdot 10^{-3} \text{м}; S_{\text{ц}} = 10 \cdot 10^{-3} \text{м}; S_{\text{д}} = 10 \cdot 10^{-3} \text{м}; S_{\text{л}} = 6 \cdot 10^{-3} \text{м}; S_{\text{кл}} = 10 \cdot 10^{-3} \text{м}.$$

Циліндрична сорочка корпуса мішалки знаходиться під спільною дією зовнішнього надлишкового тиску $P_{\text{ср}}$ та осьової стискаючої сили $P_{\text{ос}}$.

Умова стійкості сорочки мішалки має вид:

$$\frac{P_{\text{ср}}}{[P_{\text{ц}}]} + \frac{P_{\text{ос}}}{[P_{\text{ос}}]} \leq 1, \quad (1.36)$$

де $P_{\text{ц}}$ – допустимий зовнішній тиск для циліндричної сорочки, МПа;

$P_{\text{ос}}$ – допустима осьова стискаюча сила, МН.

Допустимий зовнішній тиск для циліндричної сорочки мішалки розраховується, як :

$$[P_{\text{ц}}] = \frac{[P_{\text{ц}}]_{\text{р}}}{\sqrt{1 + \left(\frac{[P_{\text{ц}}]_{\text{р}}}{[P_{\text{ц}}]_{\text{е}}} \right)^2}}, \quad (1.37)$$

де $[P_{\text{ц}}]_{\text{р}}$ – допустимий зовнішній тиск з умов міцності, МПа;

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		54

$[P_{\text{ц}}]_{\text{Е}}$ – допустимий зовнішній тиск із умов стійкості в межах пружності, МПа.

Допустимий зовнішній тиск із умов міцності:

$$[P_{\text{ц}}]_{\text{Р}} = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot (S_{\text{ц}} - C)}{D + (S_{\text{ц}} - C)} \quad (1.38)$$

$$[P_{\text{ц}}]_{\text{Р}} = \frac{2 \cdot 128 \cdot (10 \cdot 10^{-3} - 1,5 \cdot 10^{-3})}{1,4 + (10 \cdot 10^{-3} - 1,5 \cdot 10^{-3})} = 1,545 \text{ МПа}$$

Допустимий зовнішній тиск із умов стійкості в межах пружності:

$$[P_{\text{ц}}]_{\text{Е}} = \frac{18 \cdot 10^{-3} \cdot E}{n_n \cdot B_1} \cdot \frac{D}{L_{\text{с}}} \cdot \left[\frac{100 \cdot (S_{\text{ц}} - C)^2}{D} \right] \cdot \sqrt{\frac{100 \cdot (S_{\text{ц}} - C)}{D}}, \quad (1.39)$$

де B_1 – емпіричний коефіцієнт.

$$B_1 = \min \left\{ 1,0; 8,15 \cdot \frac{D}{L_{\text{с}}} \cdot \sqrt{\frac{D}{100 \cdot (S_{\text{ц}} - C)}} \right\}, \quad (1.40)$$

$$B_1 = 8,15 \cdot \left(\frac{1,4}{1,13} \right) \cdot \left(\frac{1,4}{100 \cdot (10 \cdot 10^{-3} - 1,5 \cdot 10^{-3})} \right)^{\frac{1}{2}} = 13$$

З урахуванням (1.40) приймаємо, $B_1 = 0$. Тоді відповідно до (1.39) маємо:

$$[P_{\text{ц}}]_{\text{Е}} = \left(\frac{18 \cdot 10^{-3} \cdot 1,96 \cdot 10^5}{2,4 \cdot 13} \right) \cdot 1,2 \cdot \left(\frac{100 \cdot 10 \cdot 10^{-3} - 1,5 \cdot 10^{-3}}{1,4} \right)^{\frac{1}{2}} = 0,523 \text{ МПа}$$

Після підстановки отриманих значень отримуємо:

$$[P_{\text{ц}}] = \frac{1,545}{\sqrt{1 + \left(\frac{1,545}{0,523} \right)^2}} = 0,495 \text{ МПа}$$

Допустима осьова стискаюча сила для циліндричної сорочки мішалки має вигляд:

$$[P_{1\text{ц}}] = \frac{[P_{\text{ос}}]_{\text{Р}}}{\sqrt{1 + \left(\frac{[P_{\text{ос}}]_{\text{Р}}}{[P_{1\text{ц}}]_{\text{Е}}} \right)^2}}, \quad (1.41)$$

де $[P_{\text{ос}}]_{\text{Р}}$ – допустима осьова стискаюча сила з умов міцності, МН;

$[P_{1\text{ц}}]_{\text{Е}}$ – допустима осьова стискаюча сила із умов стійкості в межах пружності, МН.

Допустима осьова стискаюча сила з умов міцності розраховується за

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		55

формулою :

$$[P_{1Ц}]_P = \pi \cdot (D + S_{Ц} - C) \cdot (S_{Ц} - C) \cdot [\sigma], \quad (1.42)$$

$$[P_{1Ц}]_P = 3,14 \cdot (1,4 + 10 \cdot 10^{-3} - 1,5 \cdot 10^{-3}) \cdot (10 \cdot 10^{-3} - 1,5 \cdot 10^{-3}) \cdot 128 = 4,81 \text{ МН}$$

Допустима осьова стискаюча сила із умов стійкості в межах пружності:

$$[P_{1Ц}]_E = \min \{ |P_{1Ц}|_{E1}; |P_{1Ц}|_{E2} \}, \quad (1.43)$$

де $[P_{1Ц}]_{E1}$ – допустима осьова стискаюча сила з умов місцевої стійкості в межах пружності, МН;

$[P_{1Ц}]_{E2}$ – допустима осьова стискаюча сила із умов загальної стійкості в межах пружності, МН;

$$[P_{1Ц}]_{E1} = \frac{310 \cdot 10^{-6} \cdot E}{n_n} \cdot D^2 \cdot \left[\frac{100 \cdot (S_{Ц} - C)}{D} \right]^2 \cdot \frac{100 \cdot (S_{Ц} - C)}{D}, \quad (1.44)$$

$$[P_{1Ц}]_{E1} = \frac{310 \cdot 10^{-3} \cdot 1,96 \cdot 10^5}{2,4} \cdot 1,4^2 \cdot \left(\frac{100 \cdot 10 \cdot 10^{-3} - 1,5 \cdot 10^{-3}}{1,4} \right)^{2,5} = 14,4 \text{ МН}$$

Оскільки

$$\frac{L_C}{D} = \frac{1,13}{1,4} = 0,807 < 10, \Rightarrow [P_{1Ц}]_E = [P_{1Ц}]_{E1} = 14,4 \text{ МН}$$

Після підстановки отримаємо:

$$[P_{1Ц}] = 4,81 / [1 + (4,81/14,4)^2]^{1/2} = 4,56 \text{ МН}$$

Фактична осьова стискаюча сила:

$$P_{1Ц} = \frac{\pi \cdot (D + 2 \cdot S_{Ц})^2}{4} \cdot P_{CP}, \quad (1.45)$$
$$P_{1Ц} = \frac{3,14 \cdot (1,4 + 2 \cdot 10 \cdot 10^{-3})^2}{4} \cdot 0,3 = 0,475 \text{ МН}$$

Після підстановки отриманих значень, перевіримо виконання умови стійкості циліндричної сорочки мішалки:

$$\frac{0,3}{0,495} + \frac{0,475}{4,56} = 0,71 < 1$$

таким чином, умова виконується, і сорочка мішалки буде стійка.

Допустимий внутрішній тиск для циліндричної обічайки апарату:

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуши
Зм	Аркуши	№ докум	Підп	Дата		56

$$[P_{\text{ц}}]_{\text{вн}} = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi \cdot (S_{\text{ц}} - C)}{D + (S_{\text{ц}} - C)}, \quad (1.46)$$

$$[P_{\text{ц}}]_{\text{вн}} = \frac{2 \cdot 128 \cdot 1 \cdot (10 \cdot 10^{-3} - 1,5 \cdot 10^{-3})}{1,4 + (10 \cdot 10^{-3} - 1,5 \cdot 10^{-3})} = 1,545 \text{ МПа}$$

Допустимий внутрішній тиск для еліптичного днища:

$$[P_{\text{д}}]_{\text{вн}} = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi \cdot (S_{\text{д}} - C)}{D + (S_{\text{д}} - C)}, \quad (1.47)$$

$$[P_{\text{д}}]_{\text{вн}} = \frac{2 \cdot 128 \cdot 1 \cdot (10 \cdot 10^{-3} - 1,5 \cdot 10^{-3})}{1,4 + (10 \cdot 10^{-3} - 1,5 \cdot 10^{-3})} = 1,545 \text{ МПа}$$

Допустимий внутрішній тиск для еліптичної кришки мішалки:

$$[P_{\text{к}}] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi \cdot (S_{\text{к}} - C)}{D + 0,5 \cdot (S_{\text{к}} - C)}, \quad (1.48)$$

$$[P_{\text{к}}] = \frac{2 \cdot 128 \cdot 1 \cdot (6 \cdot 10^{-3} - 0,75 \cdot 10^{-3})}{1,4 + 0,5 \cdot (6 \cdot 10^{-3} - 0,75 \cdot 10^{-3})} = 0,82 \text{ МПа}$$

Остаточний внутрішній тиск, що допускається, для мішалки – 0,82 МПа. Допустимий тиск в сорочці мішалки – 0,495 МПа.

3.4 Вибір підшипникової стійки

За таблицею 24.34 [7, с. 774] для мотор-редуктора МР-1-315-25-315-Ф1В вибираємо підшипникову стійку: тип 1 виконання 3 для валу 65 що відповідає габариту 02.

3.5 Розрахунок валу перемішуючого пристрою

Проведемо розрахунок валу на вібростійкість. Суть даного розрахунку полягає в оцінці здатності валу працювати без небезпечних вібрацій в умовах, коли він зазнає впливу обертання, невідновжених мас, динамічних навантажень та інших факторів, здатних викликати резонансні коливання. Для проведення обчислень використаємо схему валу, зазначену на рисунку 3.1.

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		57

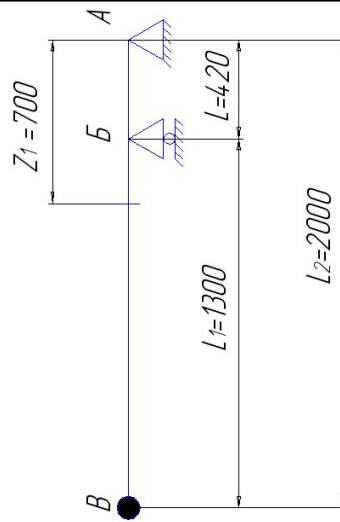


Рисунок 3.1 – Розрахункова схема валу

Відносні координати центру тяжкості пристрою, що переміщує дріжджовий розчин:

$$\bar{l}_{z3} = l_{z3}/L_2 \quad (1.49)$$

$$\bar{l}_{z3} = 2/2 = 1$$

Безрозмірний динамічний прогин валу в центрі тяжкості пристрою, що переміщує по рисунку 3.1 складатиме:

$$\bar{L} = L/L_1 = 0,42/1,58 = 0,265 \Rightarrow \bar{y}_{z3} = 1$$

Кутова швидкість обертання валу:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 315}{30} = 32,987 \text{ рад/с}$$

Оскільки вал консольний і, ймовірно, працює в дорезонансній ділянці частот, то:

$$\xi = 16\rho\omega^2 L_1 L_2 / 3E \quad (1.50)$$

де ρ – щільність матеріалу, з якого виготовлений вал, кг/м^3 ;

E – модуль пружності першого роду (модуль Юнга), Па ;

$\rho = 7850 \text{ кг/м}^3$, $E = 1,96 \cdot 10^5 \text{ МПа}$

$$\xi = 16 \cdot 7850 \cdot 32,987^2 \cdot 1,58 \cdot 2/2 \cdot 10^{11} = 7,198 \cdot 10^{-4}$$

Приведена до перерізу z_3 маса мішалки:

$$M = m \cdot \bar{y}_{z3}^2 = 9,16 \cdot 1^2 = 9,16 \text{ кг}$$

Розрахунковий діаметр валу визначається за формулою:

$$d_B = \sqrt{A_1 + \sqrt{A_1^2 + A}} \quad (1.51)$$

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		58

Оскільки вал консольний і, ймовірно, працює в зарезонансній області, то:

$$A_1 = 0,25\xi L_1^2 = 0,25 \cdot 7,198 \cdot 10^{-4} \cdot 1,58^2 = 4,492 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

$$A_2 = \frac{8M\xi L_1}{\pi\rho} = \frac{8 \cdot 9,16 \cdot 7,198 \cdot 10^{-4} \cdot 1,58}{3,14 \cdot 7850} = 3,379 \cdot 10^{-7} \text{ м}^4$$

$$d_B = \sqrt{4,492 \cdot 10^{-4} + \sqrt{(4,492 \cdot 10^{-4})^2 + 3,379 \cdot 10^{-7}}} = 0,048 \text{ м}$$

З конструктивних міркувань приймаємо діаметр валу $d_B = 0,065 \text{ м}$.

Маса одиниці довжини валу:

$$M_{дв} = \pi d_B^2 \rho / 4 = 3,14 \cdot 0,065^2 \cdot 7850 / 4 = 26,049 \text{ кг/м}$$

Момент інерції перерізу валу:

$$I = \pi d_B^4 / 64 = 3,14 \cdot 0,065^4 / 64 = 8,762 \cdot 10^{-7} \text{ м}^4$$

Перша критична кутова швидкість обертання валу:

$$\omega_{кр} = \left(\frac{\alpha_1}{L_2}\right)^2 \sqrt{EI/M_{дв}} \quad (1.52)$$

$$\omega_{кр} = \left(\frac{1,53}{2}\right)^2 \sqrt{2 \cdot 10^{11} \cdot 8,762 \cdot 10^{-7} / 26,049} = 48,001 \text{ рад/с}$$

Умова вібростійкості:

$$\frac{\omega}{\omega_{кр}} < 0,7; \frac{32,987}{48,001} = 0,687 < 0,7$$

Умова вібростійкості виконується, тобто вал є жорстким і працює у дорезонансній області частот.

Проведемо розрахунок валу на надійність. Суть розрахунку - в оцінці ймовірності безвідмовної роботи валу протягом заданого терміну служби, з урахуванням усіх можливих впливів, включаючи навантаження, втому матеріалу, виробничі допуски, умови експлуатації та інші фактори. Мета розрахунку - гарантувати, що вал не вийде з ладу з неприпустимо високою ймовірністю.

Ексцентриситет маси мішалки:

$$e_1 = 10^{-3} \sqrt{\omega} \quad (1.53)$$

$$e_1 = 10^{-3} \sqrt{32,987} = 1,741 \cdot 10^{-4} \text{ м}$$

Відносна координата небезпечного за жорсткістю перетину в місці

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		59

встановлення торцевого ущільнення валу:

$$\bar{z}_1 = z_1/L_2 \quad (1.54)$$

$$\bar{z}_1 = 0,7/2 = 0,35$$

Наведений ексцентриситет маси мішалки:

$$e_{\text{пр}1} = e_1/\bar{y}_{z3} \quad (1.55)$$

$$e_{\text{пр}1} = 1,741 \cdot 10^{-4} / 1 = 1,741 \cdot 10^{-4} \text{ м}$$

Приведена маса валу:

$$M_{\text{в.пр}} = 0,5L_2M_{\text{дв}} \quad (1.56)$$

$$M_{\text{в.пр}} = 0,5 \cdot 2 \cdot 26,049 = 26,049 \text{ кг}$$

Зміщення осі валу від осі обертання за рахунок зазорів в опорах:

а) у місці встановлення мішалки (у точці В)

$$\Delta z_3 = \Delta \text{в} = (\Delta \text{а} + \Delta \text{в})L_2/L_1 - \Delta \text{а}, \quad (1.57)$$

де $\Delta \text{а}$ – зміщення в точці А для радіального однорядного кулькового підшипника, 30мкм;

$\Delta \text{в}$ – зміщення в точці Б для радіального однорядного кулькового підшипника, 30мкм.

$$\Delta z_3 = (30 \cdot 10^{-6} + 30 \cdot 10^{-6})2/1,58 - 30 \cdot 10^{-6} = 45,949 \text{ мкм}$$

б) у місці встановлення торцевого ущільнення валу:

$$\Delta z_1 = (\Delta \text{а} + \Delta \text{в})L_2/(L_2 - z_1) - \Delta \text{а} \quad (1.58)$$

$$\Delta z_1 = (30 \cdot 10^{-6} + 30 \cdot 10^{-6})2/(2 - 0,7) - 30 \cdot 10^{-6} = 62,308 \text{ мкм}$$

Зміщення осі валу від осі обертання за рахунок початкової вигнутості валу в місці встановлення торцевого ущільнення валу:

$$\varepsilon_{z_1} = \varepsilon_{\text{в}}/\bar{y}_{z1} \quad (1.59)$$

де $\varepsilon_{\text{в}}$ – початкова вигнутість валу в місці встановлення мішалки.

$$L_2/d_{\text{в}} = 2/0,065 = 30,769$$

$$\varepsilon_{\text{в}} = 0,05\text{мм} \Rightarrow \varepsilon_{z_1} = 0,05 \cdot 10^{-3} \cdot 0,2 = 0,01 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

Приведений ексцентриситет маси валу з мішалкою розраховується за формулою:

$$e_{\text{пр}} = \frac{\sum (M \cdot e_{\text{пр}1})}{M + M_{\text{в.пр}}} + \Delta \text{в} \pm \varepsilon_{\text{в}} \quad (1.60)$$

Знак перед $\varepsilon_{\text{в}}$ залежить від області роботи валу. Для докритичної

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		60

області роботи валу вибирається знак "+".

$$e_{\text{пр}} = \frac{9,16 \cdot 1,741 \cdot 10^{-4}}{9,16 + 26,049} + 45,949 \cdot 10^6 + 0,05 \cdot 10^{-3} = 1,412 \cdot 10^{-4} \text{ м}$$

Динамічний прогин осі валу в місці установки пристрою, що перемішує:

$$y_{z3} = y_{\text{в}} = e_{\text{пр}} / [(\omega_{\text{кр}} / \omega)^2 - 1] \quad (1.61)$$

$$y_{z3} = 1,412 \cdot 10^{-4} / [(48,001/32,987)^2 - 1] = 1,264 \cdot 10^{-4} \text{ м}$$

Динамічне зміщення осі валу в місці встановлення торцевого ущільнення:

$$A_{z1} = -y_{\text{в}} \bar{y}_{z1} + \varepsilon_{z1} + \Delta z_1 \quad (1.62)$$

$$A_{z1} = -1,264 \cdot 10^{-4} \cdot 0,2 + 0,01 \cdot 10^3 + 62,308 \cdot 10^{-6} = 4,703 \cdot 10^{-5} \text{ м}$$

Умова жорсткості на консолі: $A_{z1} \leq [A_{z1}]$,

де A_{z1} – допустиме переміщення валу на консолі.

За табличними значеннями для торцевого ущільнення при частоті обертання валу 160 об/хв приймаємо $[A_{z1}] = 0,25 \text{ мм}$.

$0,047 \cdot 10^{-3} < 0,25 \cdot 10^{-3}$, тобто умова жорсткості під час використання торцевого ущільнення виконується.

3.6 Підбір сальникового ущільнення валу

Відповідно до [7, с. 798] вибираю сальникове ущільнення типу ШБ-65 з підшипниковою опорою ущільнюваного валу.

3.7 Вибір опор апарату та стропових пристроїв по вантажопідйомності

Сила тяжіння повністю заповненої ємності:

$$G = G_{\text{вп}} + G_{\text{ср}}, \quad (1.63)$$

де $G_{\text{вп}}$ – вага самої ємності конструкції мішалки, Н,

$G_{\text{ср}}$ – вага середовища в мішалці, Н.

$$G_{\text{вп}} = \rho_{\text{ср}} \cdot g \cdot V_{\text{с}} \quad (1.64)$$

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуши
Зм	Аркуши	№ докум	Підп	Дата		61

$$G_{BP} = 1145 \cdot 9,81 \cdot 1,28 = 12,6 \text{ кН}$$

$$G_{BP} = (M_{\text{міш}} + M_{\text{м-р}} + M_{\text{ст}}) \cdot g \quad (1.65)$$

По таблиці 29.9, 29.17, 24.34 [3, т. 1-2] приймаємо масу конструкції мішалки $M_{\text{міш}} = 1800 \text{ кг}$; масу мотор-редуктора $M_{\text{м-р}} = 125 \text{ кг}$; масу стійки $M_{\text{ст}} = 290 \text{ кг}$.

$$G_{BP} = (1800 + 125 + 290) \cdot 9,81 = 22 \text{ кН}$$

$$G = 22 + 12,6 = 34,6 \text{ кН}$$

За таблицею 14.3 [23, с. 277] вибираємо опори (стійки): опора 3-40000 ОСТ 26-665-79.

За таблицею 15.1 [23, с. 315] для стропування вибираємо два гаки: гак 1-1-700 ВстЗсп5 ГОСТ 13716-73.

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		62

Висновки за розділом

Виходячи зі схеми вдосконалення, прийнятої у попередньому розділі, проведені: технологічний розрахунок параметрів машини, розрахунок потужності перемішуючого пристрою, розрахунок корпусу мішалки на міцність, вибір підшипникової стійки, розрахунок валу перемішуючого пристрою, підбір сальникового ущільнення валу, вибір опор апарату та стропових пристроїв по вантажопідйомності.

За розрахованою потужністю оптимально встановити наступний привід: одноступінчастий мотор-редуктор типу МР1-315-26-160 Ф1В (частота обертання вихідного валу 160 об/хв) з електродвигуном 4А160М8 (потужність 11 кВт, частота обертання 750 об/хв). Для обраного мотор-редуктора вибрано підшипникову стійку: тип 1 виконання 3 для валу 65, що відповідає габариту 02. Розраховано остаточний внутрішній тиск, що допускається, для мішалки – 0,82 МПа. Допустимий тиск в сорочці мішалки – 0,495 Мпа.

Вибране сальникове ущільнення типу ШБ-65 з підшипниковою опорою ущільнюваного валу. Обрано опори (стійки): опора 3-40000 ОСТ 26-665-79 та два гаки: гак 1-1-700 Вст3сп5 ГОСТ 13716-73.

Підвищення продуктивності роботи конструкції мішалки для дріжджового розчину відбулося за рахунок заміни перемішуючого елемента з лопатевої 2-лопадної мішалки на турбінну 6-лопадною мішалку відкритого типу. На основі розрахунків накреслені робочі креслення деталей машини.

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		63

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Нормативно-правова база з охорони праці для підприємства

Законодавство України про охорону праці – це система взаємозв'язаних законів та інших нормативно-правових актів, що регулюють відносини у сфері реалізації державної політики щодо соціального захисту її громадян в процесі трудової діяльності.

Нормативно-правова база з охорони праці на підприємстві в Україні регулюється законами, підзаконними актами, державними стандартами та локальними нормативними документами. Вона спрямована на забезпечення безпечних умов праці та запобігання виробничому травматизму та профзахворюванням.

Основні законодавчі акти України з охорони праці [37]:

1. Конституція України. Стаття 43: Кожен має право на належні, безпечні та здорові умови праці.

2. Кодекс законів про працю України (КЗпП). Основний документ, який регулює трудові відносини, зокрема. охорону праці (гл. XI – «Охорона праці»).

3. Закон України «Про охорону праці» (№ 2694-XII від 14.10.1992). Ключовий закон, який визначає принципи державної політики у сфері охорони праці. Обов'язки роботодавця та права працівника. Фінансування охорони праці. Відповідальність порушення законодавства.

Основні постанови, накази, інструкції з охорони праці:

1. Постанови Кабінету Міністрів України, наприклад: № 1107 від 25.08.2004 – «Порядок проведення атестації робочих місць за умовами праці».

2. Накази Міністерства економіки, МОЗ, Мінсоцполітики, наприклад: Наказ № 135 від 29.03.2017 – «Типове положення про службу охорони праці».

3. Наказ Мінпраці № 9 від 17.06.1999 – «Типове положення про навчання та перевірку знань з питань охорони праці».

Державні нормативні акти з охорони праці (ДНАОП). Це галузеві та

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		64

міжгалузеві правила та інструкції:

1. ДНАОП 0.00-1.03-93 – «Правила охорони праці на підприємствах».
2. ДНАОП 0.00-4.12-99 – «Типове положення про проведення інструктажу з питань охорони праці».

Власники підприємств, установ, організацій або уповноважені ними органи розробляють на основі нормативно-правових актів і затверджують власні нормативні акти з охорони праці, що діють в межах даного підприємства, установи, організації. Нормативні акти підприємства конкретизують вимоги нормативноправових актів і не можуть містити вимоги з охорони праці менші або слабкіші ніж ті, що містяться в державних нормах.

Правові та організаційні основи охорони праці є тією базою, яка забезпечує соціальний захист працівників і на якій будуються санітарно-гігієнічна та інженерно-технічна складові охорони праці.

Умови праці на робочому місці, безпека технологічних процесів, машин, механізмів, устаткування та інших засобів виробництва, стан засобів колективного та індивідуального захисту, що використовуються працівником, а також санітарно-побутові умови повинні відповідати вимогам законодавства.

Забезпечення безпечних і здорових умов праці на виробництві неможливе без знання і виконання працівниками всіх вимог нормативних актів про охорону праці, що стосуються їхньої роботи, правил поведінки з машинами, механізмами, устаткуванням, використання засобів індивідуального та колективного захисту, додержання правил внутрішнього трудового розпорядку підприємства, співробітництва з роботодавцем у справі охорони праці.

Обов'язком працівника насамперед є старання ставлення до інструктажів, які проводить роботодавець по вивченню вимог нормативних актів з охорони праці, правил поведінки з машинами, устаткуванням та іншими засобами виробництва. Кожен працівник повинен знати, що Закон «Про охорону праці» забороняє допуск до роботи осіб, які не пройшли інструктаж та перевірку знань з питань охорони праці. Якщо роботодавець не дотримується строків проведення чергового навчання, то працівник вправі про

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		65

це нагадати відповідному керівникові, а на прохання працівника проводиться додатковий інструктаж з питань охорони праці. Після навчання працівник повинен отримати інструкцію з охорони праці за його професією.

Права працівників на охорону праці під час роботи [34]:

- обов'язки роботодавця (керівника) щодо створення безпечних і нешкідливих умов праці за трудовим договором;
- організація та проведення медичних оглядів. Види медичних оглядів (попередній, періодичні);
- тривалість робочого часу на підприємстві, тривалість відпочинку;
- забезпечення працівників спецодягом, іншими засобами індивідуального захисту (ЗІЗ), мийними та знешкоджувальними засобами;
- право працівників на пільги і компенсації за важкі та шкідливі умови праці (атестація робочих місць за умовами праці на відповідність вимогам нормативно-правових актів з охорони праці);
- гарантії охорони праці жінок, неповнолітніх, інвалідів;
- загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності.

Закон «Про охорону праці» зобов'язує роботодавця створити на кожному робочому місці, в кожному структурному підрозділі умови праці відповідно до нормативно-правових актів, а також забезпечити додержання вимог законодавства щодо прав працівників у галузі охорони праці.

Виробничі будівлі, споруди, машини, механізми, устаткування, транспортні засоби, що вводяться в дію після будівництва (виготовлення) або реконструкції, капітального ремонту тощо, та технологічні процеси повинні відповідати вимогам нормативно-правових актів з охорони праці.

Технологічні процеси, машини, механізми, устаткування, транспортні засоби, хімічні речовини і їх сполуки та інша небезпечна продукція, придбані за кордоном, допускаються в експлуатацію (до застосування) лише за умови проведення експертизи на відповідність їх нормативно-правовим актам з охорони праці, що чинні на території України.

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		66

4.2 Аналіз небезпек

Аналіз небезпек на хлібопекарському виробництві — важливий елемент системи охорони праці та харчової безпеки, який допомагає виявити та запобігти ризикам, що загрожують здоров'ю працівників та якості продукції.

Основні групи небезпек на хлібопекарському виробництві [36]:

1. Фізичні небезпеки:

- температура - високі температури від печей, гарячих поверхонь, пара можуть стати причиною опіків;
- обладнання - механізми, що рухаються (тістоміси, транспортери, різак) можуть призвести до травми рук, захоплення одягу;
- електрика - порушення ізоляції, контакт із струмопровідними частинами можуть стати приводом ураження струмом;
- слизька підлога - пролита вода, борошно підвищують ризик падінь і забитих місць;
- пожежі та вибухи - борошно в повітрі може бути вибухонебезпечним у замкнених поємностях.

2. Хімічні небезпеки:

- мийно-дезінфікуючі засоби — при контакті зі шкірою, слизовою оболонкою, при неправильному зберіганні або застосуванні можуть спричинити хімічні опіки;
- пилоутворення борошна - може стати причиною алергії, захворювання дихальних шляхів;
- гази - чадний газ при згорянні палива в печах несе пряму небезпеку отруєння.

3. Біологічні небезпеки:

- мікроорганізми - розмноження бактерій або цвілі при недотриманні санітарних норм може стати загрозою для здоров'я персоналу та, як наслідок, загрозою для споживачів;
- гризуни та комахи - джерело забруднення та поширення інфекцій.

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
						67
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		

4. Психофізіологічні небезпеки:

- монотонна праця, нічні зміни - призводить до підвищеної стомлюваності, зниження уваги працівників;
- фізичні перевантаження - підйом важких речей, робота стоячи є основною причиною захворювання опорно-рухової системи;
- стрес - порушення режиму праці та відпочинку, високе навантаження та концентрація уваги підвищує ризик помилок та нещасних випадків.

Заходи щодо зниження ризиків:

- проведення навчання та інструктажів.
- встановлює захисні кожухи та аварійні вимикачі на обладнання.
- забезпечення ЗІЗ: рукавички, спецодяг, взуття, респіратори.
- провітрювання системи вентиляції.
- санітарна обробка, графіки збирання та дезінфекції.
- планові медогляди працівників.
- протипожежні заходи: вогнегасники, сигналізація, ПТМ.

Розрахуємо та складемо таблицю оцінки ризиків на хлібопекарському виробництві за спрощеною методикою: враховуються ймовірність і тяжкість наслідків. Після цього розраховується рівень можливого ризику (R) за такою формулою: $R = \text{Ймовірність (V)} \times \text{Тяжкість (T)}$.

Шкала оцінки:

- Ймовірність (V):

- 1 - малоймовірно (раз на рік і рідше);
- 2 - можливо (раз на місяць);
- 3 - ймовірно (раз на тиждень);
- 4 - дуже ймовірно (майже щодня).

- Тяжкість (T):

- 1 - незначна (подряпина, легке нездужання);
- 2 - помірна (потрібна медична допомога, короткочасна непрацездатність)
- 3 - серйозна (госпіталізація, переломи);
- 4 - критична (смерть, інвалідність).

Рівень ризику (R):

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
						68
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		

1-3 – низький;
 4-7 – середній;
 8-12 – високий;
 13-16 – критичний.

Таблиця 4.1 - Таблиця аналізу небезпек та оцінки ризиків

№	Небезпека	Наслідки	V	T	R	Рівень ризику	Заходи управління
1	Опік від печі	Термальний опік шкіри	3	3	9	Високий	Екрани, терморукавички, навчання
2	Захоплення рукою в тістоміс	Травма кисті/ампутація	2	4	8	Високий	Кожухи, аварійні кнопки, контроль доступу
3	Підсковзування на мокрій підлозі	Забій, перелом	3	2	6	Середній	Протиковзне покриття, знаки прибирання
4	Борошно у повітрі	Алергія, астма	3	2	6	Середній	Вентиляція, респіратори, прибирання
5	Чадний газ (несправність печі)	Отруєння	1	4	4	Середній	Регулярне ТО, сигналізація, вентиляція
6	Робота стоячи без перерви	Варикоз, біль у спині	4	2	8	Високий	Організація перерв, килимки, зміна поз
7	Ручний підйом мішків з борошном (50 кг)	Перенапруження, грижі	3	3	9	Високий	Підйомники, візки, навчання техніці підйому

Ризики з рівнем 8 та вище вимагають негайного застосування заходів, щодо зниження ймовірності їх виникнення. Усі заходи мають документуватися, складають відповідні протоколи і накази у межах підприємства. Аналіз небезпек на виробництві мають проводитися періодично або за зміни умов праці.

4.3 Планування заходів з охорони праці

Планування заходів з охорони праці — це системний процес, спрямований на запобігання виробничому травматизму та профзахворюванням, дотримання законодавства та створення безпечних умов праці на підприємстві.

Цілями планування заходів з охорони праці є :

- підвищення безпеки працівників;
- мінімізація професійних ризиків;
- дотримання норм законодавства;
- підготовка до перевірок (Держпраці та ін.);
- обґрунтування бюджету охорону праці.

Розглянемо основні етапи планування заходів з охорони праці:

1. Аналіз поточної ситуації. На цьому етапі аналізують результати оцінки професійних ризиків (наприклад, як у таблиці вище). Вивчають дані спеціальної оцінки умов праці (СОУП) чи атестації робочих місць на підприємстві. Ознайомлюються з журналом нещасних випадків та профзахворювань. Перевіряють відповідність робочих місць на підприємстві нормативним актам з охорони праці.

2. Визначення пріоритетів. На другому етапі визначають найбільші ризики на підприємстві та ставлять їх у пріоритет. Усувають порушення, виявлені інспекцією з охорони праці. Планують зміни, що стосуються нового обладнання, зміни технологічного процесу тощо.

3. Розробка плану заходів. Зазвичай оформляється як окремий документ, що має назву «План заходів щодо охорони праці на рік» та підписується директором підприємства.

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		70

4. Затвердження та реалізація. Всі задокументовані рішення щодо планування заходів з охорони праці мають бути затверджені та підписані керівником. Керівник у свою чергу має призначити одну або декілька відповідальних осіб. Контроль над виконанням всіх заходів проводиться через акти, журнали, звіти.

5. Оцінка ефективності. Це останній етап, який включає в себе перевірки (внутрішні та зовнішні) всіх проведених заходів з охорони праці, аналіз інцидентів, що виникли за період їх введення та коригування плану на наступний період.

Основними заходами щодо охорони праці на хлібопекарському підприємстві можуть виступати :

- проведення вступного та первинного інструктажу з охорони праці;
- проведення повторного інструктажу;
- забезпечення працівників ЗІЗ (рукавички, спецодяг, фартухи, взуття);
- обстеження стану печей, тістомісів та іншого обладнання;
- проведення спеціальної оцінки умов праці / атестації робочих місць;
- очищення та перевірка системи вентиляції;
- проведення медичних оглядів працівників;
- оновлення інструкцій з охорони праці за професіями та видами робіт;
- проведення навчання та перевірки знань з питань охорони праці;
- проведення протипожежного інструктажу та тренування з евакуації;
- встановлення/перевірка знаків безпеки та інформаційних стендів;
- обробка та дезінфекція виробничих приміщень.

4.4 Інженерні розрахунки з охорони праці

Інженерні розрахунки з охорони праці — прикладні обчислення, які виконуються для забезпечення безпечних умов праці та відповідності нормативам. Вони дозволяють оцінити параметри виробничого середовища, технічних систем та процесів з метою мінімізації ризику травм, захворювань та аварій.

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		71

Основні види інженерних розрахунків з охорони праці:

1. Розрахунок освітленості робочих місць. Метою проведення цього розрахунку є перевірка рівня освітленості на відповідність нормам (ДБН В.2.5-28:2018 або СНиП II-4-79). Розраховується за формулою:

$$E = \frac{F \cdot N \cdot \eta}{S \cdot K}, \quad (4.1)$$

де E - освітленість, лк

F - світловий потік однієї лампи, лм

N - кількість ламп

η - коефіцієнт використання світла

S - площа приміщення, м²

K - коефіцієнт запасу (зазвичай 1.3-1.5)

2. Розрахунок вентиляції. Мета цього розрахунку є забезпечення необхідного повітрообміну (за CO₂, борошном, температурою). Формула для розрахунку(об'ємний метод):

$$L = n \cdot V, \quad (4.2)$$

де L - необхідний об'єм повітря, м³ / год

n - кратність повітрообміну на годину

V - обсяг приміщення, м³

3. Тепловий розрахунок (теплове навантаження на людину) дозволяє оцінити тепловий комфорт у виробничих приміщеннях. При розрахунках враховуються: температура, вологість, швидкість повітря, тепловиділення від печей та обладнання.

4. Розрахунок рівнів шуму проводять щоб перевірити відповідність рівнів звуку гігієнічним нормам (ДСТУ ISO 1996, ГОСТ 12.1.003-83). Вимірюється у дБА. Розрахунки здійснюються з урахуванням потужності джерел та відстані:

$$L = L_0 - 20 \log_{10}(r/r_0) \quad (4.3)$$

5. Розрахунок свіжого повітря під час роботи зі шкідливими речовинами (борошно, пари). Формула з концентрації:

$$L = \frac{G}{C_{\text{пдк}} - C_{\text{вх}}}, \quad (4.4)$$

де: G - маса шкідливої речовини, г/ч

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		72

Спкд - гранично допустима концентрація, мг/м³

Свх - вхідна концентрація (якщо не 0)

6. Розрахунок електробезпеки (заземлення, струм дотику). Для перевірки опору заземлювального пристрою:

$$R = \frac{\rho}{2 \cdot \pi L}, \quad (4.5)$$

де: ρ - питомий опір ґрунту, Ом · м

L - Довжина електрода.

7. Розрахунок евакуації (пожежна безпека). Формула розрахунку часу евакуації:

$$t = \frac{L}{v}, \quad (4.6)$$

де L - довжина шляху евакуації, м

v – швидкість руху людей (0,8–1,2 м/с)

Проведемо інженерні розрахунки, використовуючи дані з приміщення хлібопекарського виробництва м. Токмак, в якому буде розташована вдосконалена конструкція мішалки для приготування дріжджового розчину.

1. Розрахунок освітленості тістомісного цеху:

- площа - 60 м²;

- кількість ламп - 6;

- світловий потік однієї лампи - 1800 лм;

- $\eta = 0,6$, $K = 1,4$.

$$E = \frac{1800 \cdot 6 \cdot 0,6}{64 \cdot 1,4} = 77 \text{ лк}$$

Необхідне освітлення для харчового виробництва – не менше 200 лк. Освітленість у 2,5 рази нижча за норму. Тому необхідно провести заходи, щодо поліпшення даної ситуації, наприклад:

- замінити лампи на потужніші (наприклад, 3000 лм);

- збільшити кількість світильників;

- встановити додаткове локальне висвітлення на робочих місцях.

2. Інженерний розрахунок вентиляції для хлібопекарського цеху з піччю та середньою тяжкістю праці:

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		73

- об'єм приміщення: $V = 64 \text{ м}^3$;
- кількість працівників: 4;
- характер роботи: середня тяжкість;
- джерело тепла: піч (підвищене теплове навантаження);
- тип вентиляції: загальнообмінна (припливно-витяжна).

Для хлібопекарського цеху з печами та середньоважкою працею рекомендована кратність повітрообміну: 10–15 разів на годину (за нормами ДБН В.2.5-67:2013, СНіП 41-01-2003, СП 60.13330).

Виберемо $n = 12$ (середнє значення для приміщень із печами):

$$L = 12 \cdot 64 = 768 \text{ м}^3/\text{год}$$

Рівень вентиляції повітря для хлібопекарського цеху з піччю відповідає нормі, але слід дотримуватись наступних рекомендацій:

- використовувати припливно-витяжну систему з фільтрами, через те що використання борошна у виробництві провокує появу пилу;
- враховувати розташування печей та над ними встановити витяжну парасольку або канал для кращої вентиляції;
- встановити природну вентиляцію як резерв (кватирки, жалюзі тощо).

3. Розрахуємо рівень шуму на робочому місці, розташованому в 2 метрах від двох джерел, що шумлять потужністю 115 дБ кожен, в цегляному приміщенні, де звук частково відбивається, але не повністю глушиться. Дані для проведення розхунку:

- $L = 115 \text{ дБ}$ (рівень на відстані 1 м);
- $r = 2 \text{ м}$;
- $r_0 = 1 \text{ м}$ (еталонна відстань).

$$L = 115 - 20 \log_{10}(2/1) = 109 \text{ дБ}$$

Це від одного джерела з відривом 2 м. Якщо два джерела мають однаковий рівень:

$$L_{\text{заг}} = L + 10 \log_{10}(2) = 109 + 3,01 \approx 112 \text{ дБ}$$

Отже, виходячи з розрахунків рівень шуму на робочому місці складає 112 дБ. У цегляному приміщенні можливі відображення, якщо немає

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		74

звукопоглинання. Тому, зазвичай додають +1...3 дБ. Тобто маємо фактичний рівень шуму 114 дБ. Допустимий рівень за нормами (ДСТУ ISO 1996, ГОСТ 12.1.003-83): для постійної роботи – не більше 80-85 дБ; при короткочасній – до 115 дБ (у навушниках та не більше 15 хвилин).

Рекомендації, яких слід дотримуватись, щоб знизити рівень шуму:

- використовувати активні або пасивні навушники (послаблення не менше 25-35 дБ);
- обмежити час перебування персоналу поблизу обладнання;
- встановити звукоізолюючі кожухи на обладнання;
- помістити обладнання до окремого приміщення або звукоізовованого боксу.

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		75

Висновки за розділом

Згідно з організацією робіт по забезпеченню охорони праці в господарстві повинні бути створені умови праці, що відповідають вимогам нормативних актів, а також забезпеченню дотримання прав робочих, гарантованих законодавством України. При виконанні технологічних процесів необхідно виконати вимоги певних нормативних документів, які описані в розділі.

Описані основні небезпечні фактори при роботі з мішалкою для приготування дріжджового розчину та на хлібопекарському виробництві загалом. Описані способи уникнення них небезпечних факторів.

Проведені інженерні розрахунки на рівень освітленості виробничого приміщення, рівень шуму під час праці та рівень вентиляції у цеху.

Підвищена психофізіологічна відповідність людини умовам діяльності в цеху хлібопекарського виробництва.

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		76

РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

5.1 Оцінка технічного рішення модернізації машини

Вибираємо основні показники технічного рівня модернізованої мішалки для приготування дріжджового розчину і зводимо їх у таблицю 5.1.

Прийнято вважати, якщо кожен показник розробленої (вдосконаленої) машини перевищує показники аналога більш ніж на 5%, то розроблена машина перевищує кращі зразки-аналоги. Якщо відхилення показників вдосконаленої машини й аналога знаходяться в межах 0...3%, то машина відповідає кращим зразкам-аналогам [32].

Таблиця 5.1 – Порівняння показників мішалок.

Показник	Значення показників машин		Виконання умови
	модернізованої машини	аналога	
1. Продуктивність, л/год	900	700	+
2. Потужність на приводі, кВт	11	7	+
3. Площа машини, м ²	1,2	1,2	0
4. Маса, кг	1800	1800	0

Виявлено, що по показнику 1 та 2 вдосконалена конструкція мішалки краща за аналог, по інших показниках – на однаковому рівні з аналогом.

Однак експертний етап оцінки в повному обсязі не дозволяє зробити однозначний висновок про ступінь відповідності вдосконаленої конструкції мішалки кращим зразкам-аналогам. Тому додатково проводять розрахунковий етап оцінки.

Розрахунковий етап оцінки технічного рівня модернізованої машини здійснюємо за відносними показниками :

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		77

$$K_i = \frac{P_{ip}}{P_{ia}}, \quad (5.1)$$

де P_{ip} – абсолютне значення і-го показника розрахункової машини, яку оцінюють;

P_{ia} – абсолютне значення і-го показника аналога;

i – кількість порівняних показників.

Узагальнений показник ступеня відповідності вдосконаленої конструкції кращим зразкам-аналогам розраховуємо по формулі:

$$K_{my} = \frac{\sum_{i=1}^n K_i}{n} \quad (5.1)$$

Переважним чином для оцінки конструкції користуються такими показниками, як продуктивність, потужність і маса машини, то економічну оцінку технічного удосконалення проводимо за такими п'ятьма відносними показниками [25].

Відносний показник продуктивності визначимо за формулою:

$$k_q = \frac{Q_p}{Q_a}, \quad (5.3)$$

де Q_p і Q_a – відповідно продуктивність розробленої машини й аналога.

При цьому повинно бути враховано, що $k_Q \geq 1,00$.

$$k_q = \frac{900}{700} = 1,285$$

Умова $k_Q \geq 1,0$ виконана.

Відносний показник енергоспоживання k_N визначимо за формулою

$$k_p = \frac{P_p}{P_a}, \quad (5.4)$$

де P_p і P_a – відповідно потужність на привід вдосконаленої конструкції машини і аналога. При цьому повинно бути враховано, що $k_p \geq 1,0$.

$$k_p = \frac{11}{7} = 1,57$$

Умова $k_p \geq 1,0$ виконана.

Відносний показник матеріалоемності k_m , визначаємо за формулою

$$k_m = \frac{M_p}{M_a}, \quad (5.5)$$

де M_p і M_a – відповідно маса вдосконаленої машини і аналога. При цьому

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		78

повинно бути враховано, що $k_M \geq 1,0$.

$$k_M = \frac{1800}{1800} = 1$$

Умова $k_M \geq 1,0$ виконана.

Відносний показник енергоємності k_E визначаємо за формулою

$$k_E = k_P \cdot k_M \quad (5.6)$$

При цьому повинно бути враховано, що $k_E \geq 1,0$.

$$k_E = 1,57 \cdot 1 = 1,57$$

Умова $k_E \geq 1,0$ виконана.

Інтегральний показник (витрати енергії і металу (матеріалу) на одиницю продукції) k_u , визначаємо за формулою:

$$k_u = \frac{Q_P \cdot P_P \cdot M_P}{Q_A \cdot P_A \cdot M_A} \quad (5.7)$$

При цьому повинно бути враховано, що $k_u \geq 1,0$.

$$k_u = \frac{900 \cdot 11 \cdot 1800}{700 \cdot 7 \cdot 1800} = 2,02$$

Умова $k_u \geq 1,0$ виконана.

Коефіцієнт технічного удосконалення, k_{ty} , визначимо за формулою (5.2), вона має вид:

$$k_{ty} = \frac{k_q + k_P + k_M + k_E + k_u}{5} \quad (5.8)$$

Модернізована машина економічно вигідна, її технічне рішення відповідає кращім зразкам-аналогам, перспективно та економічно вигідна, якщо $k_{ty} > 1$.

$$k_{ty} = \frac{1,285 + 1,57 + 1 + 1,57 + 2,02}{5} = 1,489$$

$k_{ty} > 1$, значить вдосконалена конструкція машини відповідає кращим зразкам-аналогам, перспективна і економічно вигідна.

Результати зводимо в таблицю 5.2.

Таблиця 5.2 – Показники технічного рівня модернізованого преса.

Показник	Значення	Результат
1. $k_q = \frac{Q_P}{Q_A}$	1,285	виконана

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		79

2. $k_p = \frac{P_p}{P_a}$	1,57	виконана
3. $k_m = \frac{M_p}{M_a}$	1	виконана
4. $k_e = k_p \cdot k_m$	1,57	виконана
5. $k_u = \frac{Q_p \cdot P_p \cdot M_p}{Q_a \cdot P_a \cdot M_a}$	2,02	виконана
6. $k_{my} = \frac{k_q + k_p + k_m + k_e + k_u}{5}$	1,489	виконана

5.2 Економічна ефективність використання удосконаленого обладнання

Визначимо економію електроенергії за формулою:

$$E_B = \left(\frac{P_p}{Q_p} - \frac{P_a}{Q_a} \right) \cdot Q_p \cdot T \cdot n \cdot D \cdot B_{\text{кВт}}, \quad (5.9)$$

де P_a – потужність на привід аналога;

P_p – потужність на привід вдосконаленої машини;

Q_a, Q_p – відповідно продуктивність аналога та вдосконаленої машини;

T – час роботи машини у зміну, $T = 3$ год.;

n – кількість змін, дві;

D – кількість робочих змін в рік, $D=320$;

$B_{\text{кВт}}$ – вартість одного кВт, 4,32 грн.

$$E_B = \left(\frac{11}{900} - \frac{7}{700} \right) \cdot 900 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 320 \cdot 4,32 = 16588,8 \text{ грн}$$

Енергоємність $E_{\text{уд}}$, кВт год/кг, визначимо з вираження:

$$E_{\text{уд}} = \frac{\sum_{i=1}^n E}{G}, \quad (5.10)$$

де $\sum_{i=1}^n E$ - споживана електроенергія, кВт/год.

При цьому споживана енергія $\sum_{i=1}^n E$, кВт/год, визначиться з вираження

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		80

$$\sum_{i=1}^n E = E_{\text{см}} \cdot D, \quad (5.11)$$

де $E_{\text{см}}$ - електроенергія, споживана за один день, кВт/год;

G - обсяг переробленої продукції, $G = 1500$ л.

Тоді для аналога:

$$\sum_{i=1}^n E = 7 \cdot 5 \cdot 2 \cdot 320 = 22400;$$

Для модернізованої машини:

$$\sum_{i=1}^n E = 11 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 320 = 28160.$$

Відповідно, енергоємність для аналога та вдосконаленої машини:

$$E_{\text{уд.ан}} = 22400/1500 = 14,93 \text{ кВт}$$

$$E_{\text{уд.мод}} = 28160/1500 = 18,77 \text{ кВт}$$

Показник трудомісткості переробки продукції визначиться по формулі:

$$T_{\text{уд}} = \frac{\sum_{i=1}^n T_n}{G}, \quad (5.12)$$

де $\sum_{i=1}^n T_n$ - витрати праці, люд·год.

Витрати праці, визначаються з вираження:

$$\sum_{i=1}^n T_n = n \cdot T_0 \cdot D, \quad (5.13)$$

де n - кількість робітників, люд.;

T_0 - час обслуговування машини за зміну, год.

Для мішалки-аналога:

$$\sum_{i=1}^n T_n = 1 \cdot 4 \cdot 320 = 1280 \text{ люд год.}$$

$$T_{\text{уд}} = \frac{1280}{1500} = 0,85$$

Для вдосконаленої мішалки:

$$\sum_{i=1}^n T_n = 1 \cdot 3 \cdot 320 = 960 \text{ люд год.}$$

$$T_{\text{уд}} = \frac{960}{1500} = 0,64$$

Економія по заробітній платі складає

$$E_{\text{зрп}} = (T_{\text{уд.ан}} - T_{\text{уд.мод}}) \cdot G \cdot C_{\text{год}}, \quad (5.14)$$

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		81

де $C_{\text{год}}$ – годинна ставка робочих; $C_{\text{год}} = 90$ грн.

$$E_{\text{зрп}} = (0,85 - 0,64) \cdot 1500 \cdot 90 = 28350 \text{ грн}$$

Загальна річна економія від модернізації складає

$$E_{\text{рік}} = 28350 + 16588,8 = 44938,8 \text{ грн}$$

Висновки за розділом

Приведені розрахунки з економічного обґрунтування проекту методом порівняння показників з машиною-прототипом та оцінкою ефективності використання вдосконаленої конструкції мішалки для дріжджового розчину. Коефіцієнт технічного удосконалення, що дорівнює 1,489 показує, що машина є ефективною, та перевищує за своїми показниками машину-прототип. Загальна річна економія від модернізації складає 44938,8 грн., що дозволить окупити матеріальні вкладення на вдосконалення мішалки у розмірі 54 000 грн. трохи більше, ніж за рік.

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
						82
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		

ВИСНОВКИ ЗА ПРОЕКТОМ

ТОВ «Токмацький хлібозавод» розташований у м. Токмак. Одним з основних напрямів роботи товариства є виробництво хлібопекарських виробів.

На Токмацькому хлібозаводі використовується різноманітне обладнання для ефективного виробництва хлібобулочних виробів. Зокрема, для приготування дріжджових розчинів застосовуються спеціалізовані пристрої.

Після огляду існуючого обладнання лінії, виявлено, що на якість та ефективність роботи лінії найбільшим чином впливає мішалка для приготування дріжджового розчину УПЕС на 2м³. Машина характеризується недостатньою швидкістю приготування дріжджового розчину в потрібних кількостях, щоб вдовольнити потреби підприємства. Це призводить до зменшення кількості виходу готової продукції та підвищення її собівартості.

Отже, завданням на дипломний проект обрано вдосконалення конструкції мішалки для приготування дріжджового розчину з метою підвищення виходу продукції.

Основними недоліками встановленої мішалки для приготування дріжджового розчину є: погано справляється з рівномірним перемішуванням, якщо розчин стає в'язким (що характерно при високій концентрації дріжджів або поживних речовин); створює ламінарний, а не турбулентний перебіг, що призводить до нерівномірного розподілу кисню та поживних речовин – це критично для активного зростання дріжджів; у нижній частині ємності можливе осідання клітин дріжджів; при слабкому перемішуванні може виникати градієнт температур, що шкодить стабільності середовища та активності дріжджів.

У вдосконаленій мішалці встановлено інший тип перемішуючих елементів, а саме змінено лопатеву мішалку на турбінну мішалку, що дасть змогу збільшити вертикальну циркуляцію та покращить гомогенізацію. Додано статичні дефлектори (антивихрові пластини) за внутрішнім периметром, що дозволить уникнути ефекту «воронки» та покращить перемішування без збільшення потужності.

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		83

Розраховані основні конструктивні, технологічні та енергетичні параметри машини. Наведені розрахунки на міцність деталей машини. На основі розрахунків накреслені робочі креслення деталей машини.

Розроблене технічне завдання на виготовлення вдосконаленої моделі мішалки для приготування дріжджового розчину. Наведено приблизний кошторис на модернізацію конструкції мішалки.

При виконанні технологічних процесів необхідно виконати вимоги нормативних документів з охорони праці. Описані основні небезпечні фактори при роботі з мішалкою для приготування дріжджового розчину та на хлібопекарському виробництві загалом. Описані способи уникнення них небезпечних факторів. Проведені інженерні розрахунки на рівень освітленості виробничого приміщення, рівень шуму під час праці та рівень вентиляції у цеху.

Проведено розрахунок на відносний показник продуктивності, за результатом якого встановлено, що вдосконалена модель мішалки продуктивніша за встановлену модель на 1,285. Підвищення продуктивності відбулося за рахунок заміни елементів перемішування, що призвело до пришвидшення виготовлення дріжджового розчину на 20%. Розраховано коефіцієнт технічного удосконалення, який дорівнює 1,498 та показує, що машина є ефективною і перевищує за своїми показниками машину-прототип.

Обчислено приблизний прибуток від модернізації, який складає 44938,8 грн., що дозволить окупити матеріальні вкладення на вдосконалення мішалки у розмірі 54 000 грн. трохи більше, ніж за рік.

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		84

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- 1) Антипов А.А., Васильєв М.О. Процеси і апарати харчових виробництв. – Київ: Центр учбової літератури, 2019. – 384 с.
- 2) Богомолів О.В. Курсове та дипломне проектування обладнання переробних і харчових підприємств. Навчальний посібник [Текст] /О.В.Богомолів, П.В.Гурський, В.П.Богомолів. – Х.: Еспада, 2005. – 232 с.
- 3) Кондратюк С.Я., Середя О.В. Процеси і апарати харчових виробництв. Ч.1: Теоретичні основи та конструкції. – Київ: НУХТ, 2018. – 256 с.
- 4) Дорохов І.О., Матвієнко О.О. Основи проектування машин та апаратів харчових виробництв. – Харків: ХДУХТ, 2020. – 280 с.
- 5) Білецький В.С. Проектування машин та обладнання харчових виробництв: навчальний посібник. – Київ: Ліра-К, 2017. – 340 с.
- 6) Косенко Н.І., Борщевський П.М. Механіка та гідравліка: підручник для ВНЗ. – Київ: НУХТ, 2019. – 280 с.
- 7) Сіренко В.М., Рибак А.В. Машини і апарати харчових виробництв. Конструкція, розрахунок і проектування. – Одеса: ОНАХТ, 2018. – 310 с.
- 8) Дубова І.П. Технологічне обладнання харчових виробництв. – Київ: Центр учбової літератури, 2021. – 276 с.
- 9) Шаповал О.В. Основи конструювання та розрахунку обладнання харчових виробництв. – Київ: КНТЕУ, 2019. – 264 с.
- 10) Шевченко В.В., Литвиненко М.В. Проектування і розрахунок технологічного обладнання. – Київ: НУХТ, 2020. – 330 с.
- 11) Кухар П.П., Фесенко А.А. Процеси і апарати харчових виробництв: робочі процеси і обладнання. – Львів: Львівська політехніка, 2018. – 312 с.
- 12) Кобзар А.І. Машини і апарати для переробки сировини та виробництва харчових продуктів. – Харків: ХДУХТ, 2022. – 295 с.
- 13) Сиртюк С.В. Механізація переробки і зберігання продукції рослинництва. Курс лекцій[Текст]/ С.В.Сиртюк – Л.: 2000. – 183 с.
- 14) Соловійов В.М., Карпенко Л.В. Основи машинобудування і

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	<i>Аркуш</i>
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		85

деталювання машин: навч. посібник. – Київ: Кондор, 2019. – 240 с.

15) Мельник П.Г., Пасічний В.В. Процеси і апарати харчових виробництв: Підручник. – Київ: НУХТ, 2017. – 420 с.

16) Ковальова С.В., Ткаченко А.П. Технологічне обладнання харчових виробництв: Конструкція, розрахунок, експлуатація. – Харків: ХДУХТ, 2021. – 280 с.

17) Смєлов А.О. Методичний посібник по дисципліні М і ТКМ. Заготівки для деталей машин. Припуски. Ч. 1. Табличний метод призначення припусків [текст] / А.О. Смєлов та ін.. - Мелітополь.: ТДАТУ, 2012. - 38 с., іл..

18) Дьяків О.А., Гойко І.М. Процеси і апарати переробних виробництв. – Київ: Ліра-К, 2020. – 350 с.

19) Панасенко Г.П., Дворко В.П. Основи теорії механізмів і машин. – Львів: Львівська політехніка, 2019. – 268 с.

20) Гвоздєв О.В. Машини та устаткування для переробки продукції рослинництва. Курс лекцій[Текст]/ О.В.Гвоздєв. – Мелітополь, 2013. - 228с.

21) Гришин В.М., Федоренко І.В. Технічна механіка: підручник. – Київ: Центр учбової літератури, 2018. – 360 с.

22) Кулішов Г.М., Черненко О.В. Машини і апарати харчових виробництв: конструкція і розрахунок. – Одеса: ОНАХТ, 2022. – 312 с.

23) Олексієнко О.В., Дрозд Ю.М. Процеси і апарати з основами проектування. – Харків: ХДУХТ, 2017. – 340 с.

24) Коваленко П.І. Деталі машин: підручник. – Київ: Кондор, 2019. – 278 с.

25) Рудаков І.О., Петренко П.В. Основи розрахунку машин і апаратів харчових виробництв. – Київ: НУХТ, 2021. – 240 с.

26) Дубова І.П., Кравченко М.В. Технологічне обладнання підприємств харчової промисловості. – Київ: Центр учбової літератури, 2020. – 320 с.

27) Шевченко О.І., Бондар О.В. Механіка рідини і газу з основами гідравліки. – Київ: НУХТ, 2017. – 292 с.

28) Бітюк О.В., Журнал «Хлібопекарська промисловість України» [Текст]/ О.В. Бітюк, В.О.Піддубник Агросвіт 2005. №2.Иванов М.Н. Детали

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуши
Зм	Аркуши	№ докум	Підп	Дата		86

машин: ученик для высших учебных заведений. [Текст]/ М.Н. Иванов – М.: Высшая школа, 1991. – 183 с.

29) Масліков В.А. Технологічне обладнання виробництва дріжджів. [Текст]/ В.А.Масліков. – М.: Харчова промисловість, 1974. – 228 с.

30) Малишев В.Є. Основи конструювання харчового обладнання. – Харків: ХДУХТ, 2018. – 256 с.

31) Власенко О.В., Гуменюк С.О. Технологія і обладнання харчових виробництв. – Львів: Львівська політехніка, 2019. – 310 с.

32) Писаренко Г.С., Іваненко Ю.В. Гідравлічні та пневматичні системи харчових виробництв. – Київ: НУХТ, 2020. – 268 с.

33) Головка С.П. Основи інженерії харчових виробництв. – Київ: Кондор, 2018. – 250 с.

34) Термінологічний словник з безпеки життєдіяльності [текст] / В.Л. Луценков, Д.А. Бутко, О.В. Гранкіна та інш. – К. Урожай, 1995. – 174с.

35) Критерії оцінки виробничих небезпек [текст] / В.Л. Луценков, Д.А. Бутко, М.Т. Воїнов, С.Д. Мазілін. – Сімферополь.: Бізнес-інформ, 1996. – 124с.

36) ДСТУ 2458-94 Машини і обладнання для харчової промисловості. Загальні технічні вимоги. – Київ: Держстандарт України.

37) Бутко Д.А. та ін. Організація охорони праці в сільському господарстві [текст] /Навчальний посібник. – Сімферополь: Бізнес-Інформ, 1998. – 268с.

					19ХВД.9683874.06.25 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум	Підп	Дата		87