

Інститут (факультет) Навчально-науковий Інженерно-технічний
інститут ім.акад. І.С. Гулого
Кафедра машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв

Київ – 2023 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут *Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад. І.С.Гулого*

Кафедра *Машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв*

Освітній ступінь *бакалавр*

Спеціальність *133 «Галузеве машинобудування»*

(шифр і назва)

Освітня програма *«Інжиніринг харчових та біотехнологічних виробництв»*

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МАХФВ

проф. Олександр ГАВВА

(власне ім'я і ПРИЗВИЩЕ)

«___» _____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я **НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА**

Голодного Андрія Ігоровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення обладнання для ділянки приготування тіста та оброблення тістових заготовок батону особливого з тунельною піччю шириною поду 0,6м

керівник роботи Теличкун Юлія Станіславівна, доц., к.т.н

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «11» листопада 2022 р. № 859-кс

2. Строк подання здобувачем роботи 25.01.2023 р.

3. Вихідні дані до роботи 1. Технічний паспорт обладнання.

2. Альбом галузевого обладнання. 3. Навчальна, наукова та спеціальна література

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): анотація, зміст; вступ, Аналіз процесу замішування тіста та огляд сучасного обладнання для замішування та формування, техніко-економічне обґрунтування проєкту, характеристика вихідної сировини і готового продукту, Розроблення конструкції змішувально-бродильно-формуального агрегату, розрахункова частина, вибір конструкційних матеріалів, технологічний маршрут виготовлення зубчастого колеса, вимоги щодо монтажу, експлуатації та ремонту, заходи щодо охорони праці, екології, система керування; висновки, список використаних літературних джерел,

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

Загальний вигляд обладнання – 2 аркуші; Розрізи – 1 аркуш; 3-Д проєкція ЗБФА – 1 аркуш, Технологія машинобудування – 1 аркуш.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультантів	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Технологія машинобудування	<i>Бойко Ю.І.</i>		

7. Дата видачі завдання: 14.09.2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Анотація, зміст;</i>	30.09.2022	
2	<i>Аналіз процесу замішування тіста та огляд сучасного обладнання для замішування та формування</i>	08.10.2022	
3	<i>Техніко-економічне обґрунтування.</i>	15.10.2022	
5	<i>Розроблення конструкції змішувально-бродильно-формуального агрегату.</i>	29.10.2022	
6	<i>Вибір конструкційних матеріалів</i>	12.11.2022	
7	<i>Розрахункова частина</i>	12.11.2022	
8	<i>Технологічний маршрут виготовлення зубчастого колеса</i>	19.11.2022	
9	<i>Вимоги щодо монтажу, експлуатації та ремонту.</i>	30.11.2022	
11	<i>Заходи щодо охорони праці, екології, система керування</i>	18.12.2022	
12	<i>Висновки,</i>	18.12.2022	
13	<i>Графічна частина: 5 аркушів формату А3</i>	30.12.2022	
14	<i>Подача ДП на кафедру</i>	15.01.2023	
15			

Здобувач

(підпис)

Андрій Голодний
(власне ім'я і ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

(підпис)

Юлія Теличкун
(власне ім'я і ПРІЗВИЩЕ)

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	6
ВСТУП	8
1.Аналіз процесу замішування тіста та огляд сучасного обладнання для замішування та формування	10
1.1.Теоретичні основи процесу замішування тіста та сучасне обладнання для замішування тіста.....	10
1.2.Оброблення тістових заготовок із дріжджового тіста	21
2.Техніко-економічне обґрунтування проекту.....	23
3.Розроблення конструкції змішувально-бродильно-формуального агрегату	
4. Розрахункова частина	25
4.1.Розрахунок продуктивності змішувально-бродильно-формуального агрегату	28
4.2.Розрахунок геометричних параметрів агрегату.....	31
4.3.Розрахунки апарату на міцність	32
4.4.Розрахунки геометричних параметрів шнеків.....	33
4.5.Розрахунки підшипників.....	35
4.6.Вибір двигуна-редуктора та кінематичний розрахунок приводу ..	37
4.7.Розрахунок відкритої прямозубої циліндричної передачі.....	41
4.8.Вибір гідроциліндрів для формуального механізму	47
5. Технологія виготовлення зубчастого колеса.....	49
6.Вибір конструкційних матеріалів.....	62
7. Монтаж, ремонт та експлуатація обладнання ЗБФА.....	64
7.1.Монтаж змішувально-бродильно-формуального агрегату	64
7.2.Експлуатація ЗБФА.....	65

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Телічкун Ю.С	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Голодний А. І	Назва, додаткова назва Розрахунково-пояснювальна записка	220-1999.ДП.07.000.ПЗ				
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/2	

	5
7.3.Ремонт ЗБФА	66
8.Охорона праці	69
9. Охорона довкілля	76
10.Система керування	81
ВИСНОВКИ.....	84
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	85
ДОДАТКИ	

Проведений аналіз існуючих конструкцій технологічного обладнання для приготування тіста та оброблення тістових заготовок для виробництва батону особливого (багетів) свідчить, що на сучасному етапі відсутнє обладнання для комплексної механізації зазначених процесів. Для виконання замішування тіста, оброблення тістових заготовок, включаючи операції поділу на шматки, округлення та надання видовженої форми, вистоювання використовується різноманітне функціональне обладнання та багато ручної праці.

Розроблена конструкція змішувально-бродильно формувального агрегату дозволяє виконувати всі операції приготування тіста, формування тістових заготовок, їх розпушення перед випіканням в одному агрегаті без застосування ручної праці з можливістю повної механізації та автоматизації процесу виробництва багетів.

Його впровадження дозволяє скоротити машинно-апаратурну схему виробництва, площу, яку займає лінія на виробництві, витрати на експлуатацію обладнання, досягти економії матеріальних та енергоресурсів.

Під час розроблення конструкції змішувально-бродильно формувального агрегату використані сучасні наукові дослідження та інноваційні технічні рішення.

Ключові слова: замішування, тісто, оброблення, тістова заготовка змішувально-бродильно формувальний агрегат

The analysis of the existing constructions of technological equipment for the preparation of dough and processing of test blanks for the production of a special loaf (baguettes) shows that at the current stage there is no equipment for the complex mechanization of the mentioned processes. A variety of functional equipment and a lot of manual labor are used to perform dough kneading, dough processing, including cutting, rounding and elongating operations, proofing.

The developed design of the mixing-fermenting forming unit allows you to perform all the operations of dough preparation, forming dough blanks, and fluffing them before baking in one unit without the use of manual labor with the possibility of full mechanization and automation of the baguette production process.

Its implementation makes it possible to reduce the machinery and equipment scheme of production, the area occupied by the production line, the costs of operating the equipment, and achieve savings in material and energy resources.

Modern scientific research and innovative technical solutions were used during the development of the design of the mixing-fermenting forming unit.

Key words: kneading, dough, processing, dough preparation, mixing and fermentation forming unit

ВСТУП

Задоволення потреб населення в продуктах харчування відповідно науково обґрунтованих фізіологічних норм, яке забезпечує відтворення його життєдіяльності та активну участь у економічному та соціальному розвитку суспільства - одна із глобальних проблем суспільного розвитку, яку покликана вирішити харчова промисловість, яка є завершальною ланкою переробки сільськогосподарської сировини та виробництва продовольчих товарів.

Виробництво хлібопекарської продукції – є найважливішою ланкою, найпоширенішим і масовим видом виробництва харчової промисловості, чому отримали підтвердження і в сучасних умовах військового стану в країні. Хліб та хлібобулочні вироби – харчові продукти, що виробляють із борошна, води, дріжджів, солі та іншої сировини, відповідно до рецептури.

Характерною особливістю хлібопекарської галузі харчової промисловості – умовно сталий попит на продукцію, яка виробляється відповідно до асортименту. Це пов'язано зі специфікою харчування, яка склалася історично для різних регіонів населення України, але хліб є обов'язковим складником харчування, основним продуктом а не доповненням до їжі, зважаючи на деяку відмінність в уподобаннях та звичках.

Протягом останнього часу набувають актуальності питання здорового способу життя, споживання лише природніх натуральних харчових продуктів, з меншим ступенем їх оброблення, і, виникає необхідність розроблення нових видів продукції, зокрема хліба низькокалорійного, хліба з борошна грубого помелу, хліба з висівками тощо. Збільшення асортименту хлібобулочної продукції вимагає збільшення і розширення номенклатури сировини, необхідної для виробництва.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Телішкун Ю.С	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Голодний А.І.	Назва, додаткова назва Вступ	20-1999.ДП.07.000.ПЗ				
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/2	

Важливого значення набуває забезпечення виробництва новим, сучасним, перспективним обладнанням, перш за все використання нових тістомісильних з більш інтенсивним механічним впливом на тісто. Застосування тістомісильних машин безперервної дії з інтенсивним процесом замішування в лініях з виробництва хлібобулочних виробів, зробить їх більш компактними та дозволяє комплексно механізувати та автоматизувати процес приготування тіста, та дасть можливість регулювання інтенсивності замішування, тривалості бродіння, залежно від властивостей борошна.

Обґрунтування конструкцій тістомісильних машин безперервної дії, визначення їх параметрів роботи для здійснення інтенсивного впливу на тістову масу, мають базуватися на поглиблених знаннях закономірностей процесу замішування тіста та подальших стадій технологічного процесу, характеристик оброблюваних сумішей і допустимого впливу на них.

1. Аналіз процесу замішування тіста та огляд сучасного обладнання для замішування та формування

1.1 Теоретичні основи процесу замішування тіста та сучасне обладнання для замішування тіста

Питання щодо розроблення, впровадження сучасних технологій тістоготування, інноваційних конструктивних рішень в конструкціях обладнання, інтенсифікації процесів замішування тіста, використання для цього перспективних конструкцій робочих органів, підвищення продуктивності обладнання та рентабельності хлібопекарського виробництва, підвищення ресурсо та енергоефективності, вдосконалення якості виготовленої продукції є актуальними в умовах сьогодення.

Впровадження у виробництво сучасних прискорених технологій тістоготування вимагає інтенсивного механічного оброблення тіста для отримання відповідних структурно–механічних змін тістової маси для можливості скорочення подальшого бродіння і отримання продукції високої якості.

Сучасні дослідження в хлібопекарській галузі присвячені покращенню традиційних технологій виробництва і створенню сучасного енерго- та ресурсозберігаючого обладнання, інтенсифікації технологічних процесів, а саме замішуванню тіста. Тривалість циклу виробництва хліба складає 6-8 годин. Для його скорочення існує немало рішень, вони ґрунтуються на біохімічних способах інтенсифікації бродіння шляхом стимулювання біохімічних процесів в тісті, а також на їх комбінації з механічними методами впливу на тістову масу.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Теличкун Ю.С	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Голодний А. І	Назва, додаткова назва Аналіз процесу замішування тіста та огляд сучасного обладнання для замішування та формування	20-1999.ДП.07.001.ПЗ				
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/14	

Однак вони не дають можливості отримати високоякісні хлібні вироби, що в кінцевому підсумку може привести до скорочення об'ємів хлібопекарської продукції. Альтернативою може стати створення нового покоління тістомісильних машин особливо безперервної дії, заснованих на нових підходах засадах роботи і методах реалізації.

Замішування - одна з самих важливих технологічних операцій, від проведення якої залежить в значній мірі подальше протікання технологічного процесу та якість готових виробів. Під час замішування тіста з основних та допоміжних інгредієнтів: борошна, води, дріжджів солі та інших компонентів отримують однорідну масу з відповідними структурними та фізичними властивостями, для того щоб під час бродіння, оброблення і вистоювання тістова маса добре піддавалася обробленню.

Посилене механічне оброблення тіста під час замішування - один із ефективних методів інтенсифікації процесу приготування тіста та підвищення якості готових виробів, це можливість вплинути на його структурно-механічні властивості та зробити цей вплив цілеспрямованим.

Процес замішування тіста, відповідно сучасних уявлень про процес замішування, можна розділити на три стадії: перемішування компонентів, власне замішування та пластифікацію

Механічне перемішування компонентів - перша стадія процесу замішування тіста. Цю стадію можливо розглядати як процес механічного утворення суміші з урахуванням захоплення повітря вихідними компонентами тіста, досягнення рівномірності розподілу концентрацій складових в цілому об'єму тістової маси.

Перший період замішування, відповідно, необхідно проводити інтенсивно, оскільки в цьому випадку можливо досягти ефекту рівномірного розподілення вихідних компонентів: сипких - борошна, та рідких – розчинів солі, дріжджів, води, та інших рецептурних добавок. Під час першої стадії слід забезпечити мінімальні витрати енергії на утворення однорідної суміші з

достатньо рівномірним розподілом компонентів в усьому об'ємі, який перемішується, та рівномірної концентрації твердих компонентів у рідкій фазі.

Рівномірний стан суміші нестійкий на першій стадії. За низької швидкості проходження стадії замішування тіста технологічна операція буде супроводжуватися активним ростом когезійних процесів, що приводить до осмотичного набрякання часточок борошна, а це буде гальмувати процес утворення тіста. Цей ефект можемо пояснити зміною величини сили тертя між часточками борошна через наявність вихрового характеру перемішування часток, компонентів тіста, це призводить до збільшення енергетичних витрат на замішування тіста. Рідина поглинається твердими часточками, що призводить до збільшення кількості вологи між часточками та підвищенню вологості вихідних компонентів суміші. Дифузія інгредієнтів суміші, неоднорідної системи спочатку, сприяє виникненню незворотних процесів на поверхні контакту вихідних компонентів суміші.

На першій стадії замішування закладається початок утворення необхідної структури тіста з заданими властивостями рисунок 1.1. Місильний робочий орган, взаємодіє з компонентами суміші та викликає протікання ряду специфічних процесів: мікробіологічні, біохімічні, фізичні та колоїдні

реакції, в тісті, залежно від типу місильного органу, який використовується.

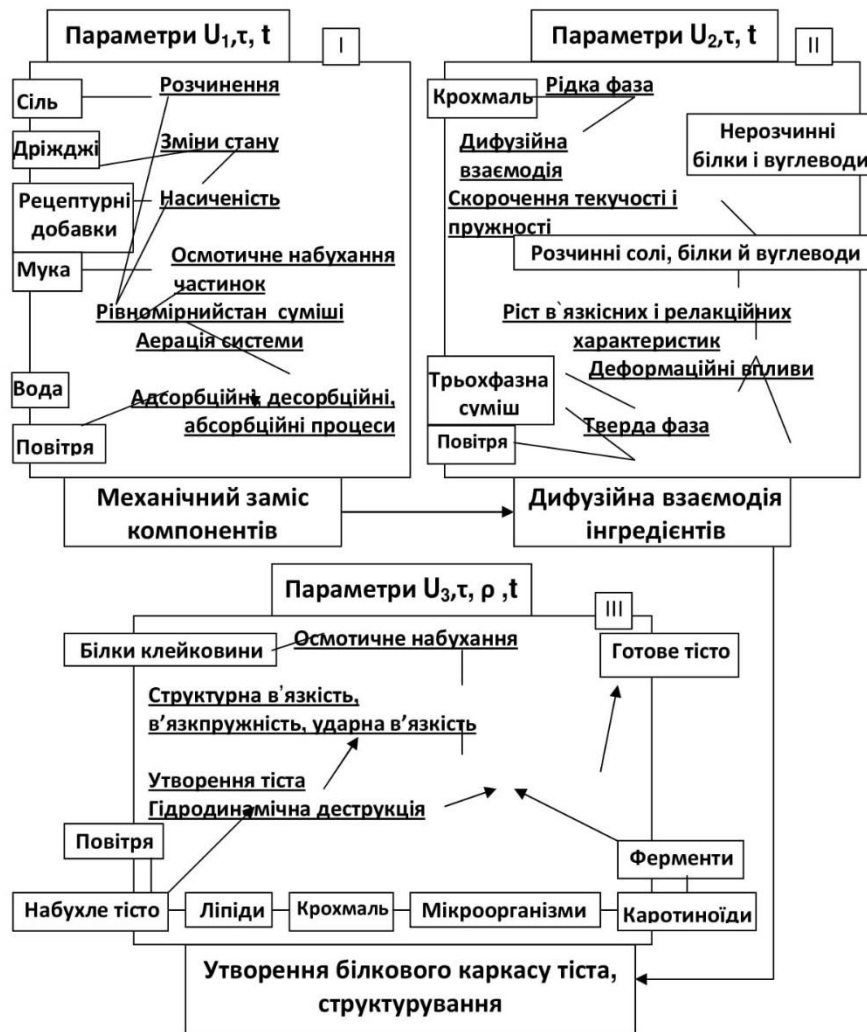


Рис. 1.1. - Структура тристадійної моделі замішування тіста: I- механічне перемішування компонентів; II – власне замішування ; III – пластифікація - структурування, утворення білкового каркасу і формування структурно-механічних характеристик тіста.

Особливості перебігу другої стадії замішування тіста. Особливістю другої стадії процесу є завершення дифузійної взаємодії сухих компонентів з рідкими, рівномірного перемішування та утворення тіста. На початку стадії тісто є трифазним середовищем, яке складається з рідкої, твердої та газоподібної фаз. Тверда фаза на даному етапі складається із крохмалю, розчинів солі, білків і вуглеводів, нерозчинних білків і вуглеводів. Такий

розподіл залежить від характеру взаємодії з рідиною та реакції на вплив місильного органу.

Друга стадія замісу є характерним типом взаємодії вихідних компонентів.

Пластифікація тіста — третя стадія замішування тіста. Третя стадія — характеризується формуванням білкового каркасу тіста, структуроутворенням, розвитком формоутримувальних і газоутримувальних здатностей тіста.

На третьому етапі замішування тістова маса піддається посиленому механічному обробленню.

Інтенсивне механічне оброблення необхідно для утворення умов розпаду макромолекул клейковини, утворення клейковинного скелета, появи клейковинних плівок (лемел) та стабілізації структури тіста.

На цьому етапі особливу роль мають технічні характеристики та параметри місильного органу. Для утворення тіста з рівномірною консистенцією необхідно забезпечити робочому органу режим відривного плину, оскільки в суміжному шарі відбуваються процеси розтягування - стискання та зсуву макромолекул.

На етапі пластифікації білки клейковини утворюють губчатий "каркас", і його властивості в основному визначають основні структурно-механічні характеристики тіста: розтяжність та пружність.

Розглянемо сучасні конструкції тістомісильних машин безперервної дії

Машина РЗ–ХТО (рис.1.2.) - це до двокамерна тістомісильна машина з посиленням механічним впливом на тістову масу в зоні пластифікації.

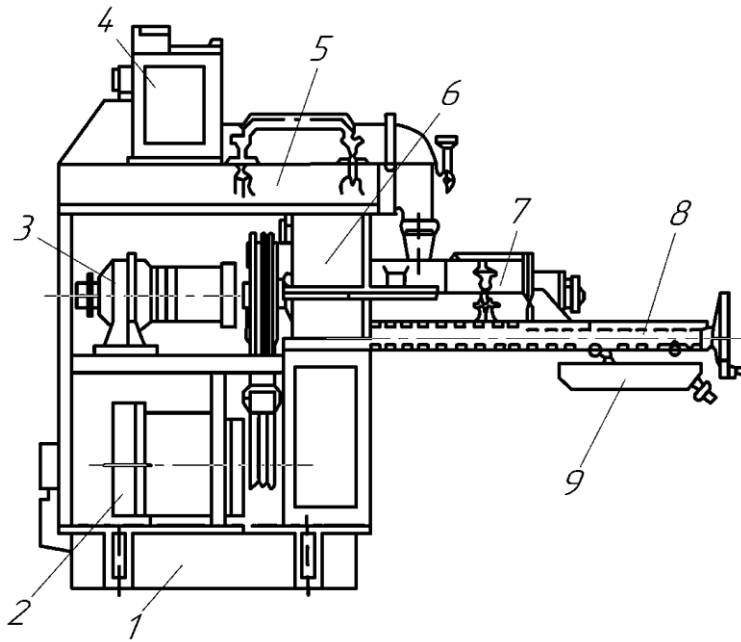


Рис.1.2. Тістомісильна машина РЗ-ХТО:

1 – рама; 2 – привід машини; 3 - редуктор; 4 – камера для завантаження; 5 – камера замішування; 6 – валки; 7 – пластифікатора камера; 8 – гвинтовий пристрій; 9 – лоток.

Тістомісильна машина має дві різні камери: замішування та пластифікації. В камері замішування розміщені дві місильні лопаті, на кінцях яких встановлено гвинтові шнеки, і між ними – спіральна утворююча. Привід валів машини здійснюється від двигуна - редуктора потужністю 2,2 кВт. Температура контролюється на виході з камери, для цього встановлений термометр контролю температури тіста. В камері пластифікації відбувається інтенсивне механічне оброблення шляхом продавлювання тіста між зіркоподібними валками, які обертаються в різні боки і працюють за принципом шестеренчастого насоса. У зоні стискання підвищується тиск тіста та температура тіста на 10...15 °С.

Для зміни ступеня опрацювання тіста в пластифікаторі в схемі машини передбачено встановлення тиристорного перетворювача частоти, що дозволяє плавно змінювати оберти валу пластифікатора. Частота обертання місильного органу 50 .. 150хв-1.

Тістомісильна машина РЗ-ХТО забезпечує інтенсивне замішування тіста, що покращує якісні показники готових виробів. Недоліком машини є те, що процес змішування об'єднаний з другою фазою замісу, тому вимагає значної витрати енергії. Пластифікація тіста за рахунок стиснення до $3 \cdot 10^5$ Па потребує уточнення, оскільки стиск між паралельними ребрами валків для подолання подовжнього переміщення супроводжується підвищенням нагріванням тіста і є небажаним.

Тістомісильна машина Топос КВТ-1000 (рис. 1.17.). Двовальна машина зі спіралеподібними місильними лопатями, розміщеними в закритій камері [45]. Призначена для замісу пшеничного та житнього тіста та комплектації безперервної дії випробувального агрегату КВТ-1000 продуктивністю до 25 т продукції в день.

Машина складається з закритої місильної камери, виконаної у вигляді зімкнутих циліндрів з двома герметичними кришками, закріпленими на шарнірах. Всередині камери розташовані два паралельних вала зі спіральними лопатями. Патрубок має оглядове вікно для візуального контролю за подачею борошна. Рідкі компоненти в місильну камеру подаються через спеціальний патрубок. На випускному вікні змонтовані дві заслонки з гвинтовим приводом для регулювання ступеня заповнення камери тістом.

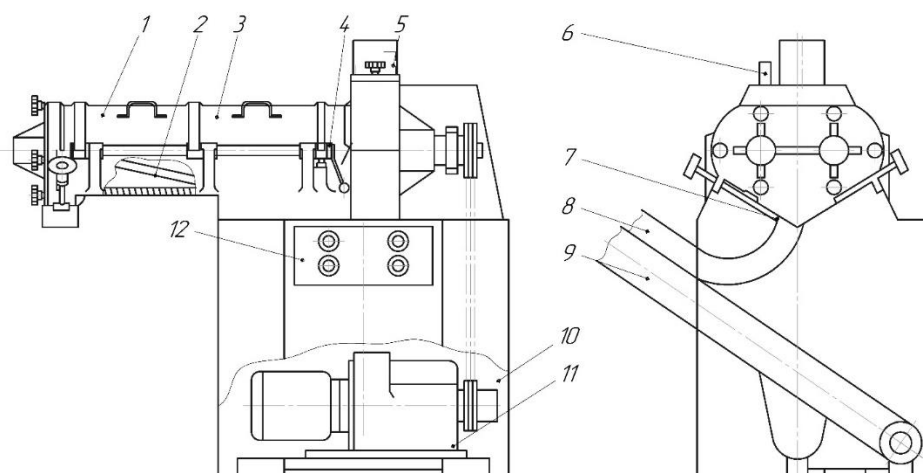


Рис. 1.3. Тістомісильна машина Топос КВТ-1000:

1 – місильна камера; 2 – місильна лопать; 3 – кришка; 4 – шарніри; 5 – патрубок подачі борошна; 6 – патрубок для рідин; 7 – випускна заслонка; 8 – пласт тіста;

9 – транспортер; 10 – станина; 11 – мотор-редуктор; 12 – пульт управління.

Готове тісто виходить з камери у вигляді пласта на транспортер. Місильна камера встановлена на станині, в якій змонтовано приводний пристрій і пульт управління. Принцип роботи машини полягає в наступному. У робочу камеру безперервно подається борошно і рідкі компоненти. Заміс здійснюється в горизонтальній камері за допомогою двох спіралеподібних лопатей, що обертаються у зустрічних напрямках. Подача борошна в машину здійснюється від періодично діючого вагового пристрій через пластиковий прозорий рукав, що підключається до патрубку. Всі рідкі компоненти дозуються ротаційними насосами, змішуються з темперованою водою і подаються в машину через спеціальний патрубок. Замішане тісто виходить з машини через отвір, забезпечене двома випускними заслонками, що регулюють заповнення місильної камери і тривалість замісу. Перевагою тістомісильна машини Топос КВТ-1000 є простота та надійність в експлуатації, основним недоліком вважається налипання тіста на спіральних лопатях.

Одновальна тістомісильна машина безперервної дії MFKG (рис.1.4.) це продуктивне, зручне в обслуговуванні рішення для безперервних процесів змішування, зокрема, з вмістом порівняно малих частинок сировини. Змішувач придатний для безперервного виробництва сухих, пастоподібних, вологих або тістоподібних сумішей [50].

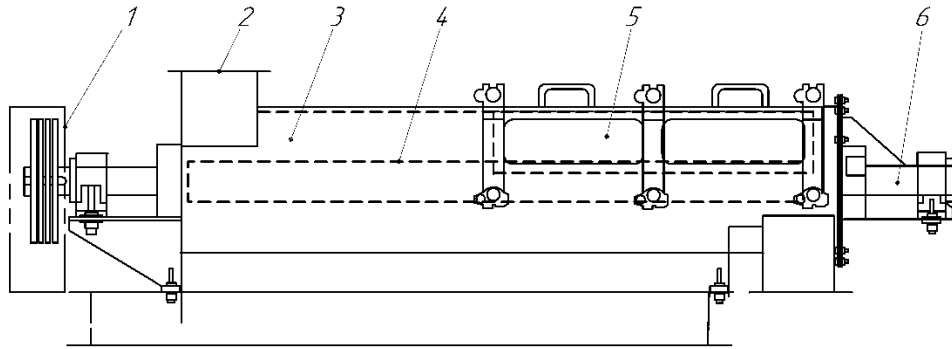


Рис.1.4. Одновальна тістомісильна машина MFKG:

1 – привід, 2 – завантажувальний бункер; 3 – камера змішування;
4 – безперервні робочі органи; 5 – оглядове вікно; 6 – механізм вивантаження.

Конструкція завантажувального відділу, форма і розташування змішувальних елементів, а також вибір відповідного числа обертів забезпечують постійну високу якість змішування. Змішуються матеріали за допомогою змішувальних безперервних робочих органів. Сили адгезії (налипання) постійно руйнуються за рахунок наявності поперечних сил, що дозволяють відмовитися від допоміжних пристроїв. За дуже короткий час утворюється однорідна маса.

Ще одна особливість змішувачів це наявність самоочищувальної гумової робочої камери. Гумова оболонка здійснює пульсуючі рухи, запобігаючи налипанню та затвердінню напівфабрикату. Це дозволяє до того ж скоротити енерговитрати і знос змішувальних інструментів.

Даного типу змішувачі знайшли широке застосування в багатьох галузях харчового виробництва. Дані змішувачі безперервної дії з продуктивністю від 10 до 700 т/год. Велике значення при безперервному змішуванні має точність дозуючого обладнання; яке в даному обладнанні також постачається, поряд з комплексними лініями. Основним недоліком є поганий заміс тіста на другій стадії.

MX Continuous Mixer (рис.1.5.) може використовуватися, як універсальний безперервний змішувач для різного типу компонентів.

Конструкція подвійного валу добре підходить для змішування різного типу сумішей, суспензій з високим вмістом твердих речовин та складових компонентів тіста. MX Continuous Mixer часто використовується на першому етапі, для перемішування складових рецептурних компонентів в багаторівневих операціях. Безперервне змішування компонентів тіста забезпечує в подальшому якісний заміс тіста [50].

Обладнання просте в експлуатації, корпус легко розбирається, тому не виникає проблем в технічному обслуговуванні.

Система змішувача може бути розташована у багатьох конфігураціях технологічного обладнання. Дане технологічне обладнання може використовуватися, як змішувач у парі з тістомісильною машиною безперервної дії, так і окремою одиницею для змішування компонентів та власне замішування тіста. Продуктивність залежить від цілей основного технологічного обладнання і варіюється від 500 кг/год до 6000 кг/год.

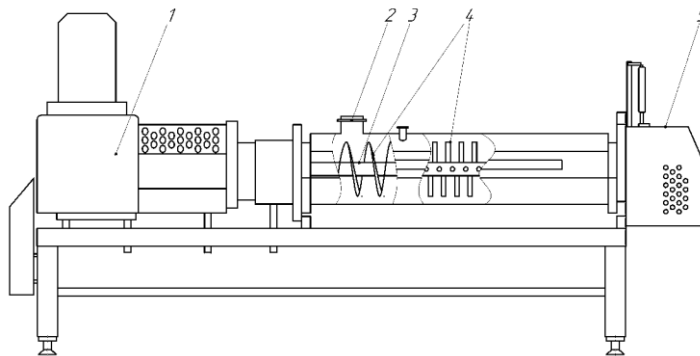


Рис.1.5. Тістомісильна машина MX Continuous Mixer:

1 – привід; 2 – завантажувальний бункер; 3 – вал; 4 – робочий орган; 5 – механізм вивантаження.

Обладнання оснащене системами вимірювання окремих елементів та змішування інгредієнтів, системами доставки основних компонентів, конвеєром для транспортування тіста та автоматизованим регулюванням температури води.

Тістомісильна машина MX Continuous Mixer відноситься до високотехнологічного обладнання, оснащена рядом чутливих датчиків тиску

та температури, використовуються шнекові пальцеві та кулачкові робочі органи основним недоліком є велика витрата електроенергії та швидке зношення деталей приводу.

ZPM Mixer (рис.1.6.) тістомісильна машина безперервної дії розроблена компанією "Werner & Pfleiderer" [51]. Кулачкові робочі органи дають можливість замішувати тісто з різною інтенсивністю і тому машина може застосовуватися для замішування різних видів тіста. Привід машини має частотне керування, що дає можливість регулювати тривалість замішування і автоматизувати процес. Всі елементи конструкції виготовлені з нержавіючої сталі і мають високу зносостійкість.

Температура тіста вимірюється в потоці продукту і відображається на контрольній панелі. У випадку дуже інтенсивного змішування або зміни температури сировини, можна ввімкнути регулятор температури з холодною або теплою водою.

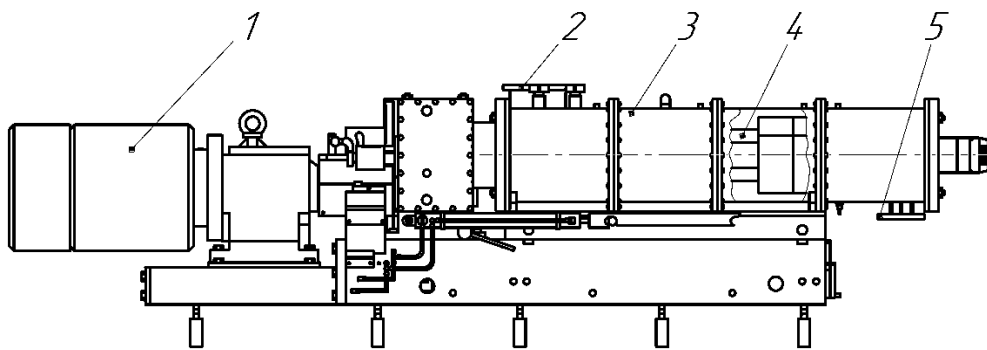


Рис.1.6. Тістомісильна машина ZPM Mixer:

1 – привід, 2 – завантажувальний бункер; 3 – тістомісильна камера; 4 – кулачкові робочі органи; 5 – механізм вивантаження.

Готове тісто виходить із змішувальної камери через регульований отвір та транспортується через конвеєр до обладнання для обробки тіста.

Тістомісильна машини забезпечує продуктивність в діапазоні від 500 до 7000 кг/год в залежності від потреб підприємства.

Тістомісильна машина оснащена системою безпеки, яка запобігає запуску робочих органів доки камера замішування та дверцята будуть

відкриті. Під час процесу змішування система керування записує ефективну потужність двигунів, частоту обертання змішувальних валів та температуру тіста. Ці значення зберігаються в обіговій пам'яті і відображаються на функціональному дисплеї машини. Тістомісильна машина ZPM Mixer відноситься до високотехнологічного обладнання, оснащена автоматичною системою управління. Має кулачкові робочі органи, які якісно замішують та пластифікують тісто. До основних недоліків відносяться габаритні об'єми, великі витрати електроенергії, висока вартість заміни комплектуючих деталей.

Огляд конструкцій тістомісильних машин безперервної дії свідчить про те, що найбільш розповсюджені тістомісильні машини з одно та двовальними камерами для замішування, більшість із них здійснює інтенсивний заміс тіста з наступною його пластифікацією. У більшості тістомісильних машин основним робочим органом являється шнековий елемент. Необхідно проаналізувати основні конструкції шнекових робочих органів з метою оптимізації робочих органів та режимів замішування.

1.2. Оброблення тістових заготовок із дріжджового тіста.

Оброблення тістових заготовок із дріжджового тіста включає наступні технологічні стадії процесу: поділ тіста на шматки заданої маси, надання заготовці визначеної форми округленням і заочуванням, вистоюванням сформованих тістових заготовок для накопичення вуглекислого газу, який виділяється в процесі бродіння і розпушення. Всі стадії технологічного процесу потребують різноманітного за призначенням технологічного обладнання. Виробництво виробів видовженої форми (батонів, багетів), джгутоподібних хлібних паличок, сухарних шпал), які мають малий діаметр по відношенню до довжини, також складається з усіх перерахованих стадій та необхідного обладнання для отримання продукції високої якості.

Екструзія - високоефективний спосіб формування, і його використання має ряд переваг порівняно з іншими. Метод екструзії дозволяє організовувати процес формування безперервно та за високої швидкості, що значно спрощує утворення потоково-механізованого виробництва та автоматизації процесів. Екструзія використовується широко в різних галузях промисловості, зокрема, в хімічній та харчовій.

Екструзія використовується в проміжних стадіях процесу формування, коли екструдована маса підлягає подальшому обробленню: прокатуванню, калібруванню.

Особливо ефективно використовувати екструзію, як метод формування, для виробів типу багетів, батонів, хлібних паличок. Однак, розроблені екструдери не отримали широкого використання в промисловості для оброблення дріжджового тіста, в першу чергу через складнощі в проведенні наступних стадій технологічного процесу, і зокрема, вистоювання. В той же час традиційний спосіб виробництва та лінії, які розроблені на його основі, включають багато технологічних операцій, громіздке та металоємне обладнання.

2. Техніко -економічне обґрунтування проєкту

Ринок України характеризується великою кількістю вітчизняних виробників, які забезпечують населення необхідними харчовими продуктами. Особливістю нашого ринку хліба та хлібобулочних виробів є стовідсоткове заповнення якісною продукцією вітчизняного виробника. Це пояснюється тим, що хліб та хлібобулочні вироби - продукти нетривалого зберігання та мають бути реалізовані протягом декількох діб, інакше вони втрачають свою споживчу якість. Здатність хлібопекарської продукції швидко втрачати споживчі властивості та неможливість транспортування на значні відстані, обмежує діяльність хлібопекарських підприємств і примушує їх працювати в умовах суворої відповідності із замовленням.

Проблема розроблення та впровадження нових технологій, інтенсифікації процесів харчових виробництв, підвищення продуктивності та рентабельності виробництва, покращення якості готової продукції залишається актуальним завданням і на сьогоднішній день. Посилене механічне оброблення тіста під час замішування - один із ефективних методів інтенсифікації процесу дозрівання тіста та підвищення якості готових хлібобулочних виробів. Це дозволяє вплинути на структурно-механічні властивості тіста та хімічні показники.

Важливого значення набуває забезпечення виробництва новим, сучасним, перспективним обладнанням, перш за все використання нових тістомісильних з більш інтенсивним механічним впливом на тісто. Застосування тістомісильних машин безперервної дії з інтенсивним процесом замішування в лініях з виробництва хлібобулочних виробів, зробить їх більш компактними та дозволяє комплексно механізувати та автоматизувати процес приготування тіста, та дасть можливість регулювання інтенсивності замішування, тривалості бродіння, залежно від

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Телічкун Ю.С	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Голодний А. І	Назва, додаткова назва Тезніко=економічне обґрунтування	20-1999.ДП.07.002.ПЗ				
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/2	

властивостей борошна.

Обґрунтування конструкцій тістомісильних машин безперервної дії, визначення їх параметрів роботи для здійснення інтенсивного впливу на тістову масу, мають базуватися на поглиблених знаннях закономірностей процесу замішування тіста та подальших стадій технологічного процесу, характеристик оброблюваних сумішей і допустимого впливу на них.

Розроблення та впровадження у виробництво змішувально-бродильно-формуального агрегату дозволяє виконувати всі операції приготування тіста, формування тістових заготовок та їх розпушення в одному агрегаті; виключивши зі складу технологічної лінії велику кількість машин різного призначення, а саме: тістомісильну машину, формувальні машини, шафи попереднього та остаточного вистоювання; дозволить повністю механізувати процес виробництва багетів; створити компактну механізовану потокову лінію, що приведе до економії виробничих площ на підприємстві та отримати продукцію стабільної якості. Впровадження запропонованої лінії дасть змогу за рахунок зменшення кількості обладнання і, зменшити витрати енергії на виробництво та досягти економії матеріальних ресурсів.

3. Розроблення конструкції змішувально-бродильно-формуального агрегату

Поєднання процесів замішування, бродіння, формування тістових заготовок та їх розпушення в одному агрегаті дозволить скоротити обладнання машинно-апаратурної схеми, підвищити та стабілізувати якість готового продукту. Під час бродіння всієї маси тіста під надлишковим тиском в закритому об'ємі апарату, вуглекислий газ, який утворюється, переходить в розчинений стан та оклюдується клейковиною тіста. На виході з формуального каналу матриці екструдера, внаслідок різкого перепаду тиску від надлишкового до атмосферного екструдат збільшується в діаметрі, порівняно з діаметром каналу формування. Розпушені вироби формуються безперервно безпосередньо на під хлібопекарської тунельної печі.

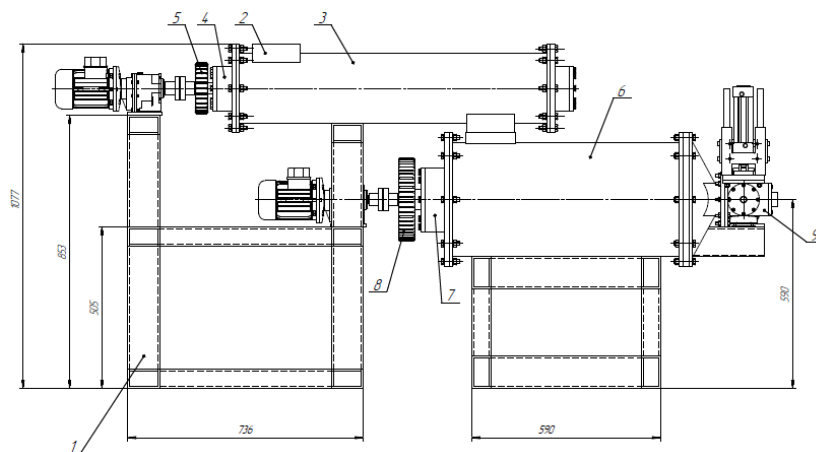


Рис.3.1 Загальний вигляд змішувально-бродильно-формуального агрегату

Під час роботи агрегату всі компоненти спочатку подаються в камеру попереднього змішування: борошно розпилюється, а рідкі компоненти розбризкуються форсункою. Утворена маса подається до основної камери замішування. Рухаючись вздовж камери за рахунок спеціально підібраних конструкцій робочих органів, відбувається тристадійний процес замішування

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Телішкун Ю.С	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Голодний А. І	Назва, додаткова назва Розроблення конструкції змішувально-бродильно- формуального агрегату		20-1999.ДП.07.003ПЗ			
	Документ затверджено Гавва О.М.			Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/3

тіста.

Перша стадія замішування тіста - перемішування сипких і рідких інгредієнтів починається в камері попереднього змішування та в основній камері. Для виконання цього процесу використовується шнек зі стрічкової нарізки, який забезпечує транспортування та змішування компонентів з утворенням рівномірної структури оброблюваної маси.

Друга стадія - власне замішування. Під час протікання цієї стадії відбувається вирівнювання вологи всіх компонентів тістової маси, перехід в розчин тих частин борошна, які є розчинними. На цій стадії в якості робочих використовуємо кулачкові робочі органи, які встановлені таким чином, що кожен наступний кулачок повернутий на 45° відносно попереднього.

Третя заключна стадія в процесі замішування – пластифікація. Її організація вимагає посиленого механічного впливу на тістову масу, крім того структурно-механічні властивості утвореного тіста приводять до значних витрат енергії для перемішування. Тому для третьої стадії замішування тіста використовуємо кулачок у формі шнека.

З основної камери замішування тісто безперервним потоком надходить у ємність для бродіння, об'єм якої розрахований на тривалість перебування в ній тіста для накопичення продуктів бродіння, в першу чергу вуглекислого газу, який забезпечить розпушення тістових заготовок перед посадкою на під печі.

Після виброжування тіста в камері воно шнеками з великим кроком та малою частотою обертання подається в механізм формування де через канал золотника під тиском заповнює дозувальну камеру. Після заповнення камери, золотник повертається на 180° і поршень в дозувальній камері починає рухатися вниз, виштовхуючи вміст камери. Дозування здійснюється за об'ємним принципом. Тістові заготовки формуються через канал оптимальної форми матриці для забезпечення високої якості тістового джгута, безпосередньо на під тунельної печі.

Розпушення тістових заготовок відбувається внаслідок вивільнення вуглекислого газу із розчинного та оклюдованого стану, який накопичився під час бродіння в герметичній камері.

Дослідженнями встановлено, що для утворення дрібнопористої розпушеної структури тістових заготовок, а в подальшому готових виробів, які отримані шляхом екструджування необхідна конструкція матриць відповідної форми. Збільшення діаметру заготовки і ,відповідно поперечних розмірів відбувається на виході з формувального каналу матриці, внаслідок відновлення структури пшеничного тіста та виділення вуглекислого газу. Для того щоб отримати дрібну, рівномірну та добре розвинену пористість готових виробів, та для отримання гладкої поверхні тістової заготовки і в подальшому готових виробів сформовано вимоги до конструктивних характеристик формувальної головки та каналу матриці. Формувальна частина каналу має забезпечити максимальне розширення джгута за мінімальної довжини каналу, з огляду на конструкцію.

Перевага запропонованого технічного рішення полягає в поєднанні декількох технологічних операцій, а саме: замішування, виброджування, формування та розпушення, в одному агрегаті безперервної дії. Таке інноваційне рішення скорочує обладнання машино-апаратурної схеми, виробничу площу, яку займає лінія, зменшує витрати на експлуатацію обладнання та дає можливість формувати вироби, а саме багетів із пшеничного дріжджового тіста без подальшого оброблення безпосередньо на під тунельної печі.

4. Розрахункова частина

4.1. Розрахунок продуктивності змішувально-бродильно-формуального агрегату

Визначальним обладнанням в лінії виробництва хлібобулочних виробів є піч, тому все обладнання лінії підбираємо та розраховуємо за продуктивністю печі, за даним асортиментом виробів – батон особливий. Обираємо для лінії циклотермічну піч польської фірми «Rem-Piek» WSL-8090, з наступними параметри:

довжина поду, мм - $L = 8000$

ширина поду, мм - $B = 600$

Додаткові дані, які будуть потрібні для розрахунку продуктивності печі:

діаметр батону особливого - 50 мм

тривалість на випікання батонів особливих у печі WSL-8090, хв. - $\tau = 15$

відстань між виробами по довжині поду печі WSL-8090, мм - 25

відстань між виробами по ширині поду печі WSL-8090, мм - 30



Рис.4.1. Тунельна піч польської фірми «Rem-Piek» WSL-8090

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Теличкун Ю.С	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Голодний А. І	Назва, додаткова назва Розрахункова частина	20-1999.ДП.07.004.ПЗ				
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/21	

Характеристики тунельної печі WSL-8090

поверхня випікання м ²		9
Габаритні розміри мм	довжина тунелю	15000
	ширина	1600
	макс. висота з трубою	2830
ширина стрічки, мм		600
час випікання хв.	мін.	4
	макс.	15
напруга живлення		3х220/380В;50Гц
макс. температура випікання		280
встановлена потужність КВт		10
маса печі,кг		9000

1. Розрахуємо кількість рядів багетів по довжині конвеєра печі WSL-8090:

$$N = \frac{L - a}{l + a} = \frac{8000 - 25}{650 + 25} = 12 \text{ (шт)},$$

де, L - довжина конвеєра в пекарській камері печі WSL-8090, м;

a - зазор між рядами багетів в ряду, м;

l - довжина багета, м.

2. Розраховуємо кількість багетів в ряду по ширині конвеєра тунельної печі WSL-8090:

$$n = \frac{B - a}{b + a} = \frac{600 - 30}{50 + 30} = 7 \text{ (шт)}, \text{ (заокруглюємо до меншого значення)}$$

де, B – ширина конвеєра печі WSL-8090 м;

a – зазор між багетами в ряду по ширині поду печі WSL-8090, м;

b – ширина заготовки, м.

3. Визначення годинної продуктивності тунельної печі WSL-8090, кг/год:

$$P_{\text{год}} = \frac{N \cdot n \cdot g}{\tau} \cdot 3600 = \frac{12 \cdot 7 \cdot 0,450}{900} \cdot 3600 = 84 \text{ (кг/год)};$$

g - маса заготовки, кг.

Визначення секундної продуктивності печі, кг/с:

$$P_{\text{сек}} = \frac{P_{\text{год}}}{3600} = \frac{84}{3600} = 0,023 \text{ (кг/с)};$$

4. Знайдемо швидкість руху транспортера печі WSL-8090, м/с:

$$v = \frac{L}{\tau \cdot 60 \cdot 1000} = \frac{8000}{15 \cdot 60 \cdot 1000} = 0,009 \text{ (м/с)},$$

5. Продуктивність ЗБФА розраховуємо на підставі продуктивності печі WSL-8090, кг/год:

$$P_{\text{м}} = P_{\text{п}} \cdot k_0 \cdot (100 + y) \cdot 0,01 = 84 \cdot 1,1 \cdot (100 + 15) \cdot 0,01 = 106,26 \text{ кг/год.}$$

де, $P_{\text{п}}$ – продуктивність тунельної печі WSL-8090 по батону особливому, кг/год;

y – упікання батону особливого, % ;

k_0 – коефіцієнт, для врахування можливих технічних зупинок в процесі роботи обладнання (1,1-1,2).

6. Узгоджуємо продуктивність різних частин агрегату: секундна продуктивність камері бродіння ЗБФА базуючись на геометричних параметрах шнеків, кг/с:

$$P_{\text{с1}} = z \cdot \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} s \cdot n \cdot \rho \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 = 2 \cdot \frac{3,14 \cdot (0,35^2 - 0,13^2)}{4} \cdot 0,33 \cdot 0,033 \cdot 1205 \cdot 0,2 \cdot 0,16 \cdot 0,55 = 0,03 \text{ кг/с.}$$

7. Секундна продуктивність місильної камери ЗБФА в зоні пластифікації в залежності від геометричних параметрів кулачкових робочих органів, кг/с:

$$P_{\text{с2}} = z \cdot \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} s \cdot n \cdot \rho \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 = 2 \cdot \frac{3,14 \cdot (0,21^2 - 0,06^2)}{4} \cdot 0,5 \cdot 0,81 \cdot 1205 \cdot 0,2 \cdot 0,16 \cdot 0,55 = 0,03 \text{ кг/с.}$$

де, k_1 - коефіцієнт подавання, що визначається параметрами витків гвинтової лінії шнека ($k_1 = 0,2 - 0,5$);

k_2 - коефіцієнт відношення поверхні кулачків до гвинтової поверхні такого ж діаметру та кроку, ($k_2 = 0,15 - 0,2$);

k_3 - коефіцієнт, який враховує площу перерізу, яка утворюється перетином траєкторії руху кулачків (для двовальних машин $k_3 = 0,55 - 0,7$).

1. Визначаємо продуктивність ЗБФА за годину в зоні пластифікації в основній камері замішування:

$$П_{ЗБФА} = П_{с2} \cdot 3600 = 0,033 \cdot 3600 = 120 \text{ кг/год.}$$

4.2. Розрахунок геометричних параметрів агрегату

1. Базуючись на секундній продуктивності та тривалості, протягом якого тісто перебуває в камері для бродіння, розрахуємо об'єм бродильної ємкості:

$$V_{б.с.} = \frac{П_{с.т.} \cdot \tau_{брод}}{\rho_{тіста}},$$

де: $П_c = 0,03 \text{ кг/с}$;

$\tau_{брод.} = 60 \text{ хв.} = 3600 \text{ с}$;

$\rho_{тіста} = 1200 \text{ кг/м}^3$.

$$V_{б.с.} = \frac{0,03 \cdot 3600}{1200} = 0,09 \text{ м}^3.$$

Базуючись на тому, що об'єм камери бродіння визначаємо з формули

$$V = \frac{\pi \cdot (1,6 \cdot D^2 - 2 \cdot d^2)}{4} \cdot l,$$

Із діаметрів робочих шнеків визначаємо довжину бродильної ємкості знаючи

Тоді:
$$l = \frac{V \cdot 4}{\pi \cdot (1,6 \cdot D^2 - 2 \cdot d^2)}$$

$$l = \frac{0,09 \cdot 4}{3,14 \cdot (1,6 \cdot 0,35^2 - 2 \cdot 0,13^2)} = 0,71 \text{ м}$$

2. Розраховуємо об'єм камери замішування тіста:

$$V = \frac{П_{с2} \cdot \tau}{\rho} = \frac{0,03 \cdot 1200}{1200} = 0,03 \text{ м}^3$$

τ – тривалість замішування тіста, приймаємо для забезпечення інтенсивного виконання процесу $\tau = 20 \text{ хв.} = 1200 \text{ с.}$

Знайдемо довжину робочої камери базуючись на попередніх допущеннях за формулою:

$$L = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot (1,6 \cdot D^2 - 2 \cdot d^2) \cdot \varphi}$$

де, φ - коефіцієнт заповнення місильної камери, приймаємо в межах (0,5 - 0,7);

$$L = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot (1,6 \cdot D^2 - d^2) \cdot \varphi} = \frac{4 \cdot 0,03}{3,14 \cdot (1,6 \cdot 0,21^2 - 2 \cdot 0,06^2) \cdot 0,7} = 0,86 \text{ м}$$

Об'єм мірної камери для батону особливого:

$$V = \frac{m_{\text{багета}} \cdot (100 + y) \cdot 0,01}{\rho_{\text{тіста}}} = \frac{0,250 \cdot (100 + 15) \cdot 0,01}{1200} = 0,00024 \text{ м}^3$$

y – упікання тістових заготовок, % ;

$m_{\text{багета}}$ - маса готового багета.

Довжина мірної камери за обраного діаметру 20 мм:

$$L = \frac{V}{\pi \cdot R^2} = \frac{0,00024}{\pi \cdot 0,02^2} = 0,19 \text{ м.}$$

4.3. Розрахунки апарату на міцність

Визначення товщини стінок бродильної камери

Тиск, який виникає в бродильній камері апарату, Па: $P = 0,2 \cdot 10^6$

Внутрішній діаметр оболонки циліндричної камери D_1 , м: $D_1 = 0,35$

Допустиме значення напруження для матеріалу, який використовується для корпусу для стінки апарату 12X18H10T, σ_p , $[\sigma] = 510 \cdot 10^6 \text{ Па}$

Додамо до товщини стінки матеріалу запас на корозію δ , м: $\delta = 0,002$

Визначаємо допустиме напруження матеріалу стінки за розтягування:

$$\sigma = [\sigma] / n,$$

де, n - коефіцієнт запасу міцності, $n = 4$.

$$\sigma = 510 \cdot 10^6 / 4 = 127 \cdot 10^6.$$

Знаходимо товщину стінки δ_1 , м:

$$\delta_1 = \frac{P \cdot D_1}{[2 \cdot \beta \cdot [\sigma]] - P} + \delta = \frac{0,2 \cdot 10^6 \cdot 0,35}{2 \cdot 0,85 \cdot 127 \cdot 10^6 - 0,2 \cdot 10^6} + 0,002 = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

Товщину стінки екструдера приймаємо за стандартом заокруглюємо в більшу сторону від розрахункової $\delta_1 = 0,004$ м.

4.4. Розрахунки геометричних параметрів шнеків

За відомого максимального тиску в бродильній камері $P_{\text{MAX}} = 0,2 \text{ МПа}$, коефіцієнта внутрішнього тертя продукту $f = 0,3$, та його густини $\rho = 1200 \left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right)$ конструюємо шнеки на основі розрахунків.

Зовнішній діаметр шнеків для нагнітальних D прийmemo рівним 350 мм, внутрішній $d = 130$ мм, крок візьmemo конструктивно 250 мм.

Кут підйому гвинтових ліній зовнішньої сторони шнеків і біля основи валу та розраховуємо за наведеними формулами:

$$\alpha_D = \arctg\left(\frac{H}{\pi \times D}\right), \quad \alpha_d = \arctg\left(\frac{H}{\pi \times d}\right)$$

$$\alpha_D = \arctg\left(\frac{0,25}{3,14 \times 0,35}\right) = \arctg 0,227 = 7^\circ 46',$$

$$\alpha_d = \arctg\left(\frac{0,25}{3,14 \times 0,13}\right) = \arctg 0,612 = 31^\circ 27'$$

Знаходимо середнє значення кута підйому гвинтових ліній витку шнеку:

$$\alpha_{CP} = 0,5 \cdot (\alpha_D + \alpha_d) = 0,5 \cdot (7^\circ 46' + 31^\circ 27') = 19^\circ 36'$$

Допоміжні значення для розрахунку:

$$\cos^2 19^\circ 36' = 0,94^2 = 0,88, \quad \text{tg} 19^\circ 36' = 0,35, \quad \sin 2 \times 19^\circ 36' = 0,63$$

Коефіцієнт відставання часточок матеріалу в осьовому напрямку:

$$Ko = 1 - (\cos^2 \alpha - 0,5 \cdot f \cdot \sin 2\alpha) = 1 - (0,88 - 0,5 \cdot 0,3 \cdot 0,63) = 0,215$$

Момент на згинання, що виникає в витку шнека по внутрішньому контуру, знаходимо за формулою:

$$M_3 = \frac{P_{MAX} \cdot D^2}{32} \cdot \frac{1,9 - 0,7a^{-4} - 1,2a^{-2} - 5,2 \ln a}{1,3 + 0,7a^{-2}}$$

де, P_{MAX} - максимальний тиск, який створюється шнеком;

$$a = \frac{D}{d} - \text{відношення діаметрів шнека до валу, } a = \frac{350}{130} = 2,69$$

$$M_3 = \frac{0,2 \cdot 10^6 \cdot 0,35^2}{32} \cdot \frac{1,9 - 0,7 \cdot 2,69^{-4} - 1,2 \cdot 2,69^{-2} - 5,2 \ln 2,69}{1,3 + 0,7 \cdot 2,69^{-2}} = 1877,3 (H \cdot m^2)$$

Шнеки виготовлятимемо зі сталі 12X18H10T, в цього матеріалу допустиме напруження на згинання візьмемо рівним допустимому напруженню на розтягування, тобто $125 \cdot 10^6$ а). Товщину витка шнека знайдемо з формули:

$$[\sigma] = \pm \frac{6 \cdot M_3}{\delta^2}, \text{ звідки}$$

$$\delta = \sqrt{\frac{6 \cdot 1877,3}{125 \cdot 10^6}} = 0,009 = 9 (мм)$$

Та приймемо $\delta = 9 (мм)$

Крутний момент шнеку знаходимо за формулою:

$$M_{KP} = 0,131 \cdot m \cdot (1 - Ko) \cdot P_{MAX} \cdot (D^3 - d^3) \cdot \tan \alpha$$

де, m - максимальне навантаження витка шнека;

Ko - коефіцієнт відставання;

P_{MAX} - максимальний тиск, який генерує шнек,

α - кут підйому гвинтової лінії витка шнеку, $\alpha = 20^0$

$$K_o = 1 - (\cos^2 \alpha - 0,5 \cdot f \cdot \sin 2\alpha)$$

Де: f - коефіцієнт тертя продукту по шнеку.

$$K_o = 1 - (0,88 - 0,5 \cdot 0,3 \cdot 0,63) = 0,215$$

$$M_{KP} = 0,131 \cdot 2 \cdot (1 - 0,215) \cdot 0,2 \cdot 10^6 \cdot (0,35^3 - 0,13^3) \cdot 0,35 = 585,6 (H \cdot m)$$

знаходимо осьове зусилля за формулою:

$$S = 0,392 \cdot m \cdot (D^2 - d^2) \cdot P_{MAX} = 0,392 \cdot 2 \cdot (0,35^2 - 0,13^2) \cdot 0,2 \cdot 10^6 = 16558,1 (H.)$$

Для визначення нормальних та дотичних напружень на валу знаходимо за формулами:

$$\sigma_{CЖ} = \frac{S}{F} = \frac{16558,1}{0,5 \cdot 0,1^2} = 3,3 (МПа)$$

$$\tau = \frac{M_{KP}}{W_p} = \frac{585,6}{3,14 \cdot 0,1^3} = 1,9 (МПа)$$

Еквівалентне напруження дорівнюватиме:

$$\sigma_{EKB} = \sqrt{\sigma_{CЖ}^2 + 4\tau^2} = \sqrt{3,3^2 + 4 \cdot 1,9^2} = 5,1 (МПа)$$

Таке значення відповідає межах допустимого напруження для матеріалу валу та шнека (стал 12Х18Н10Т).

4.5. Розрахунки підшипників

Підбираємо радіально-упорний роликопідшипник за наступними параметрами:

частота обертання валу $n = 30$ об/хв;

посадковий діаметр валу для підшипника $d = 95$ мм;

коефіцієнт обертання кільця підшипника $V = 1$;

коефіцієнт безпеки $K_6 = 1,2$;

коефіцієнт температурного розширення

$K_T = 1,05$; необхідна довговічність $L_h \geq 30000$ год

Приймаємо підшипник серії 1027319А за ГОСТ 27365-87, з такими характеристиками:

динамічна вантажна під'ємність $C = 95500$;

статична вантажна під'ємність $C_0 = 76800$;

кут контакту $\alpha = 12^\circ$

Для підшипника осьова складова радіальних навантажень визначається:

$$F_s = 0,83 \cdot e \cdot F_r = 0,83 \cdot 0,32 \cdot 3157,135 = 836,1H$$

$$\text{Де: } e = 1,5 \cdot \tan \alpha = 1,5 \cdot \tan 12^\circ = 0,32$$

Розрахункове осьове навантаження знаходимо:

$$F_a = F_s + F_{ab} = 836,1 + 9520,7 = 10356,8H$$

Визначаємо співвідношення:

$$\frac{F_a}{V \cdot F_r} = \frac{10356,8}{1 \cdot 3157,135} = 3.3 > e = 0.31$$

Коефіцієнти радіального та осьового навантажень приймаємо:

$$X = 0,4 \text{ і } Y = 0,4 \cdot \operatorname{ctg} \alpha = 0,4 \cdot \operatorname{ctg} 12^\circ = 1,883.$$

Еквівалентне динамічне навантаження підшипника знаходимо за формулою:

$$P = (X \cdot F_r + Y \cdot F_a) \cdot K_6 \cdot K_T$$

$$P = (0,4 \cdot 3157,135 + 1,883 \cdot 10356,8) \cdot 1,2 \cdot 1,05 = 26163,5\text{Н};$$

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot \left(\frac{C}{P}\right)^m = \frac{10^6}{60 \cdot 30} \cdot \left(\frac{95500}{26163,5}\right)^{\frac{10}{3}} = 41599,29 \text{ год}$$

де, $m=10/3$

Номінальна довговічність обраного нами підшипника перевищує термін служби передачі. Отже підшипник обрано вірно.

4.6. Вибір двигуна-редуктора та кінематичний розрахунок приводу

Вихідні дані:

Потужність на валу шнека, кВт $N = 2$;

Частота обертання шнека, об/хв $n_{\text{вих}} = 30$;

Термін служби приводу, років - 4;

Число змін на добу – 3.

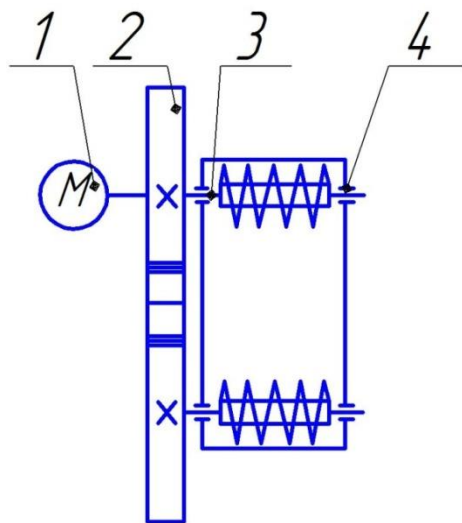


Рис.4.2. Кінематична схема приводу ЗБФА: 1 - двигун-редуктор; 2 - зубчаста передача; 3 – робочий вал зі шнеком; 4 - опора для підшипникового вузла.

1. Робота, яка витратиться на перемішування тіста без врахування витрат на нагрівання маси внаслідок тертя:

$$A_1 = a \cdot b \cdot \pi \cdot \rho_t \cdot n^2 \cdot \sin \alpha \cdot (r_2^2 - r_1^2) \cdot \left[(1 - k) \cdot \pi^2 \cdot (r_2^2 + r_1^2) + k \cdot \frac{S^2}{2} \right] = 2 \cdot 0,3 \cdot 3,14 \cdot 1200 \cdot 0,3^2 \cdot \sin 45 \cdot (0,065^2 - 0,175^2) \cdot \left[(1 - 0,108) \cdot 3,14^2 \cdot (0,065^2 + 0,175^2) + 0,108 \cdot \frac{0,05^2}{2} \right] = 1,9 \text{ Дж}$$

a – кількість робочих шнеків, шт.;

b – ширина робочих шнеків, м;

r_1 – відстань від осі обертання до початку робочого шнеку, м;

r_2 – відстань від осі обертання до кінця робочого шнеку, м;

k – коефіцієнт подачі тіста робочим шнеком;

S – крок витків шнеку, м.

2. Робота для транспортування шнеками:

$$A_2 = \frac{2}{3} \cdot a \cdot b \cdot \delta \cdot \rho \cdot \pi^2 \cdot n^2 \cdot (r_2^3 - r_1^3) = 0,7 \cdot 2 \cdot 0,3 \cdot 0,4 \cdot 1200 \cdot 3,14^2 \cdot 0,3^2 \cdot (0,065^3 - 0,175^3) = 1,4 \text{ Дж}$$

δ – товщина витка шнеку, м.

3. Робота, яка йде на нагрівання тіста та металевих частин машини:

$$A_3 = 124 \cdot a \cdot \mu \cdot n \cdot \left(\frac{r_2^4 - r_1^4}{l} + 2 \cdot \frac{r_2^3 \cdot b \cdot \sin \alpha}{f} \right) = 124 \cdot 2 \cdot 10 \cdot 0,5 \cdot \left(\frac{0,065^4 - 0,175^4}{0,001} + 2 \cdot \frac{0,065^3 \cdot 0,3 \cdot \sin 45}{0,001} \right) = 2564,8 \text{ Дж.}$$

μ – динамічна в'язкість тіста, Па·с.

f – зазор між краями шнека та стінками бродильної камери, м.

4. Робота, яка витрачається на зміну структури пшеничного тіста:

$$A_4 = (0,05 - 0,1) \cdot A_1 = 0,1 \cdot 1,9 = 0,19 \text{ Дж}$$

5. Розрахунок балансу енергії для одного оберту шнека:

$$A_5 = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 = 1,9 + 1,4 + 2564,8 + 0,2 = 2568,3 \text{ Дж/об.}$$

6. Питома робота на замішування тіста:

$$A_{\text{пр}} = A_5 \cdot \frac{n \cdot \tau}{m_T} = 2568,3 \cdot \frac{0,3 \cdot 1200}{108000} = 8,56 \text{ Дж/г.}$$

m_T - маса тіста, яке перебуває камері $m_T = V \cdot \rho = 0,09 \cdot 1200 = 108 \text{ кг.}$

7. Крутний момент який створюється на вихідному валу:

$$T_{\text{вих}} = \frac{N_{\text{вих}}}{\omega_{\text{вих}}} \quad \text{де} \quad \omega_{\text{вих}} = \frac{\pi \cdot n_{\text{вих}}}{30} = \frac{3,14 \cdot 30}{30} = 3,14 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

$$\text{Тоді:} \quad T_{\text{вих}} = \frac{1800}{3,14} = 574,1 \text{ Нм.}$$

7. Потужність двигуна знайдемо за формулою :

$$N_{\text{двигуна}} = \frac{N_{\text{вих}}}{\eta_{\text{привода}}} = \frac{1800}{0,738} = 2441 \text{ Вт};$$

де $\eta_{\text{привода}} = \eta_{\text{редуктора}} \cdot \eta_{\text{зуб.}} \cdot \eta_{\text{п.}} \cdot \eta_{\text{п}} = 0,8 \cdot 0,93 \cdot 0,99 \cdot 0,99 = 0,736;$

$\eta_{\text{редуктора}}$. – ККД двигуна-редуктора 0,8

$\eta_{\text{зуб.}}$ – ККД прямозубої циліндричної зубчатої передачі 0,93 ;

$\eta_{\text{п.}}$ – ККД пар

и підшипників (0,99) ;

Вибираємо двигун-редуктор за наступними даними: $T_1 = 545 \text{ Нм}; n = 30 \text{ об/хв.}$ $N_{\text{двигуна}} = 3,0 \text{ кВт.}$

Обираємо двигун-редуктор SEWEURODRIVE R77DRE112M4/AL, в якого $T_1 = 660 \text{ Нм}; n = 30 \text{ об/хв.}$ $N_{\text{двигуна}} = 3,0 \text{ кВт.}$ $SEW = 1,25, m = 71 \text{ кг.}; i = 33,47.$

8. Визначаємо загальне передавальне число приводу:

$$u_{\text{пр}} = \frac{n_{\text{двигуна}}}{n_{\text{вих}}} = \frac{1455}{30} = 48,4 ;$$

Передавальне число приводу визначається як добуток передавального числа двигуна-редуктора та циліндричної прямозубої передачі.

$$i_{\text{редуктора}} = 48,4, \text{ тому: } i_2 = \frac{u_{\text{привода}}}{i_{\text{редуктора}}} = \frac{48,4}{1} = 48,4$$

Для сталої кількості обертів другого валу обираємо прямозубу передача.

10. Розраховуємо потужності на окремих валах апарату:

$$N_1 = N_{\text{двигуна}} = 2442 \text{ Вт};$$

$$N_2 = N_1 \cdot \eta_{\text{редуктора}} = 2442 \cdot 0,8 = 1953 \text{ Вт};$$

$$N_3 = N_2 \cdot \eta_{\text{п.}} \cdot \eta_{\text{зуб.}} = 1953 \cdot 0,99 \cdot 0,93 = 1815 \text{ Вт};$$

$$N_4 = N_3 \cdot \eta_{\text{п}} = 1815 \cdot 0,99 = 1800 \text{ Вт};$$

Розрахована потужність $N_4 = 1800 \text{ Вт}$ розподіляється на два шнеки одночасно.

11. Знаходимо кількість обертів окремих валів:

$$n_1 = n_{\text{дв}} = 1454 (\text{об} / \text{хв}); \quad n_2 = \frac{n_1}{i_{\text{ред}}} = \frac{1454}{48,4} = 30 (\text{об} / \text{хв});$$

$$n_3 = n_2 = 30 (\text{об} / \text{хв}); \quad n_4 = \frac{n_3}{i_{\text{зуб}}} = \frac{30}{1} = 30 (\text{об} / \text{хв})$$

12. Розраховуємо кутові швидкості окремих валів.

$$\omega_1 = \frac{\pi \cdot n_1}{30} = \frac{3,14 \cdot 1454}{30} = 151,7 (\text{рад} / \text{с}) \quad \omega_2 = \frac{\omega_1}{i_{\text{ред}}} = \frac{151,7}{48,4} = 3,11 (\text{рад} / \text{с})$$

$$\omega_3 = \omega_2 = 3,11 (\text{рад} / \text{с}) \quad \omega_4 = \frac{\omega_3}{i_{\text{зуб}}} = \frac{3,11}{1} = 3,11 (\text{рад} / \text{с})$$

13. Визначаємо крутні моменти валів приводу:

$$T_4 = 402,59 (\text{Н} \cdot \text{м})$$

$$T_3 = \frac{T_4}{\eta_{\text{зуб}} \cdot \eta_{\text{п}} \cdot i_{\text{зуб}}} = \frac{402,59}{0,93 \cdot 0,99 \cdot 1} = 432,42 (\text{Н} \cdot \text{м})$$

$$T_2 = \frac{T_3}{\eta_n} = \frac{443,42}{0,99} = 436(\text{ Н} \cdot \text{м})$$

$$T_1 = \frac{T_2}{\eta_{ред.} \cdot i_{ред}} = \frac{436}{0,8 \cdot 30,89} = 17,3(\text{ Н} \cdot \text{м})$$

Вносимо розраховані значення в загальну таблицю для зручності.

Таблиця розрахованих значень

Таблиця 4.2.

Номер валу	Потужність N, Вт	Кількість обертів n, об/хв	Кутова швидкість, рад/с	Крутний момент T, Н·м	Передавальне число
I	2442	1454	151,7	17.3	
II	1953	30	3,45	436	48,4
III	1815	30	3,45	44342	1
IV	1800	30	3,45	402.59	

4.7. Розрахунок відкритої прямозубої циліндричної передачі

Номінальна потужність для передачі шестернею $N_3 = 1953$ Вт;

Кількість обертів шестерні $n_3 = 30$ об/хв;

Передавальне число $u = 1.0$;

Крутний момент на валу шестерні $T_3 = 573$ Н·м.

Обираємо матеріал та визначаємо термооброблення деталі

Приймаємо для колеса та шестерні Сталь 45;

Термооброблення - нормалізація.

Для шестерні:

$$\sigma_B = 600 \text{ МПа}; \sigma_T = 270 \text{ МПа}; 175 \text{ HB}_1;$$

Для колеса:

$$\sigma_B = 550 \text{ МПа}; \sigma_T = 260 \text{ МПа}; 165 \text{ HB}_2;$$

Допустимі напруження згинання знаходяться за формулою:

$$[\sigma_F] = \frac{\sigma_{F \text{ limb}}}{S_F} \cdot K_{FL} \cdot K_{FC} \cdot Y_S \cdot Y_R,$$

де, $\sigma_{F \text{ limb}}$ - границя витривалості зубців для згинання, дорівнює базовому числу циклів зміни напружень:

$$\sigma_{F \text{ limb1}} = 1,8 \cdot \text{HB}_1 = 1,8 \cdot 175 = 315 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{F \text{ limb2}} = 1,8 \cdot \text{HB}_2 = 1,8 \cdot 165 = 297 \text{ МПа}$$

K_{FC} — коефіцієнт враховує характер прикладення навантаження,
 $K_{FC} = 0,65$;

K_{FL} — коефіцієнт довговічності:

$$K_{FL} = m_F \sqrt{\frac{N_{FO}}{N_{FE}}},$$

m_F — показник степеню втомлення, для коліс з твердістю на поверхні зубів $\text{HB} < 350$ $m_F = 6$;

N_{FO} — базова кількість циклів зміни напружень:

$$N_{FO} = 4 \cdot 10^6$$

N_{FE} — еквівалентне число циклів навантаження зубців протягом терміну служби:

$$N_{FE} = 60 \cdot n_3 \cdot t_{екв}$$

де, n - кількість обертів валу, на якому встановлена шестерня, $n_3 = 30$ об/хв

$$N_{FE} = 60 \cdot n_3 \cdot t_{екв} = 60 \cdot 30 \cdot 12904 = 23,21 \cdot 10^6 \text{ циклів}$$

$N_{FE} > N_{FO}$, тому, приймаємо коефіцієнт довговічності $K_{FL} = 1,0$;

S_F - коефіцієнт безпеки:

$$S_F = S'_F \cdot S''_F = 1,75 \cdot 1,5 = 2,63$$

$$S'_F = 1,75$$

$$S''_F = 1,5$$

Y_S — коефіцієнт, враховує чутливість матеріалу та концентрації напружень, $Y_S = 1$.

Y_R — коефіцієнт, враховує жорсткість перехідних поверхонь зубців колеса, $Y_R = 1$.

Допустимі напруження згинання для зубців передачі:

$$[\sigma_{F1}] = \frac{315}{2,63} \cdot 1 \cdot 0,65 \cdot 1 \cdot 1 = 79 \text{ МПа}$$

$$[\sigma_{F2}] = \frac{297}{2,63} \cdot 1 \cdot 0,65 \cdot 1 \cdot 1 = 75 \text{ МПа}$$

Допустимі граничні напруження згинання для максимальних навантажень

визначаємо

за

$$\text{формулою: } [\sigma_F]_{\max} = \frac{\sigma_{F \lim M}}{S_{FM}} \cdot Y_S$$

$\sigma_{F \lim M}$ - граничне напруження, що не викликає деформацій, які не відновлюється чи злому.

$$\sigma_{F \lim M1} = 4,8 \cdot HB = 4,8 \cdot 175 = 840 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{F \lim M2} = 4,8 \cdot HB = 4,8 \cdot 165 = 792 \text{ МПа}$$

S_F - коефіцієнт безпеки, $S_{FM} = 2,63$

Y_S - коефіцієнт, враховує чутливість матеріалу, $Y_S = 1$.

$$[\sigma_F]_{\max} = \frac{840}{2,63} \cdot 1 = 319 \text{ МПа}$$

$$[\sigma_F]_{\max} = \frac{792}{2,63} \cdot 1 = 300,9 = 300 \text{ МПа}$$

Допустимі граничні контактні напруження за максимальних навантажень визначаємо за формулою:

$$[\sigma_{HM}] = 2,8 \cdot \sigma_T,$$

$$\sigma_{H \max 1} = 2,8 \cdot \sigma_T = 2,8 \cdot 270 = 754 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{H \max 2} = 2,8 \cdot \sigma_T = 2,8 \cdot 260 = 727 \text{ МПа}$$

Розраховуємо зубці передачі на міцність за згинання

Попередньо визначаємо величини, які необхідні для розрахунку:

- Швидкість зубчастих коліс:

$$v = 0,0125 \cdot \sqrt[3]{N_3 \cdot n_3^2} = 0,0125 \cdot \sqrt[3]{1,954 \cdot 30^2} = 0,15 \text{ м/с}$$

Потрібний ступінь точності передачі для визначеної швидкості - 9-й.

- Коефіцієнт ширини зубчастого вінця

$$\psi_d = 0,75 \cdot \psi_d^{\max} = 0,75 \cdot 0,7 = 0,525$$

- Коефіцієнт, враховує розподілення навантаження між зубцями $K_{F\alpha} = 1,0$

- Коефіцієнт, враховує розподілення навантаження по ширині вінця зубців: $K_{F\beta} = 1,35$

- Коефіцієнт, враховує динамічне навантаження: $K_{Fv} = 1,13$
- Приймаємо попередньо: число зубів для шестерні $z_1 = 26$, число зубів для колеса $z_2 = z_1 \cdot u = 26 \cdot 1 = 26$ шт.
- Коефіцієнти, врахують форму зубців передачі: $Y_{F1} = Y_{F2} = 4,0$
- Коефіцієнт, враховує вплив нахилу зубця на напружений стан: $Y_\beta = 1$

Початковий модуль зачеплення передачі:

$$m = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot T_3 \cdot K_{F\alpha} \cdot K_{F\beta} \cdot K_{Fv} \cdot \cos^2 \beta}{z_1^2 \cdot \psi_d \cdot [\sigma_{F1}]} \cdot Y_{F1} \cdot Y_\beta} =$$

$$= \sqrt[3]{\frac{2 \cdot 435 \cdot 10^3 \cdot 1,14 \cdot 1 \cdot 1,34 \cdot 1}{26^2 \cdot 0,524 \cdot 78} \cdot 4,0 \cdot 1} = 5 \text{ мм}$$

Приймаємо модуль зачеплення $m = 5 \text{ мм}$ Міжосьова відстань $a = 250 \text{ мм}$.

Кількість зубців шестерні та колеса $z = 52$ шт.

подільний діаметр шестерні та колеса:

$$d_{\omega 1} = d_{\omega 2} = m \cdot z_1 = 5 \cdot 52 = 260 \text{ мм}$$

$$\nu = \frac{\pi \cdot d_{\omega 1} \cdot n_3}{60000} = \frac{3,14 \cdot 260 \cdot 30}{60 \cdot 1000} = 0,41 \text{ м/с}$$

Перевірочний розрахунок зубців на міцність за згинання за максимального навантаження:

$$\sigma_{F \max} = \sigma_F \cdot \frac{T_{\max}}{T_n} \leq [\sigma_{F \max}]$$

Напруження згину зубців шестерні:

$$\sigma_{F1} = Y_{F1} \cdot Y_\beta \cdot \frac{W_{Ft}}{m},$$

$$\text{де } W_{Ft} = \frac{2 \cdot T_3}{d_{\omega 1} \cdot b_{\omega}} \cdot K_{F\alpha} \cdot K_{F\beta} \cdot K_{Fv} = \frac{2 \cdot 574 \cdot 10^3}{260 \cdot 80} \cdot 1 \cdot 1,34 \cdot 1,2 = 89,7 \text{ МПа}$$

$$b_{\omega} = \psi_d \cdot d_{\omega 1} = 0,524 \cdot 260 = 135,3 = 80 \text{ мм}$$

Таким чином приймаємо: $b_{\omega 1} = 86 \text{ мм}$

$$\sigma_{F1} = 4 \cdot 1 \cdot \frac{89,4}{5} = 71,2 \text{ МПа} < [\sigma_{F1}] = 78 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{F2} = \sigma_{F1} \frac{Y_{F2}}{Y_{F1}} = 71,2 \text{ МПа} < [\sigma_{F2}] = 74 \text{ МПа}$$

Напруження згинання за максимального навантаження:

$$\sigma_{F1\max} = 71,2 \cdot 2 = 142,4 \text{ МПа} < [\sigma_{F1}]_{\max} = 320 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{F1\max} = 71,44 \cdot 2 = 142,4 \text{ МПа} < [\sigma_{F2}]_{\max} = 300 \text{ МПа}$$

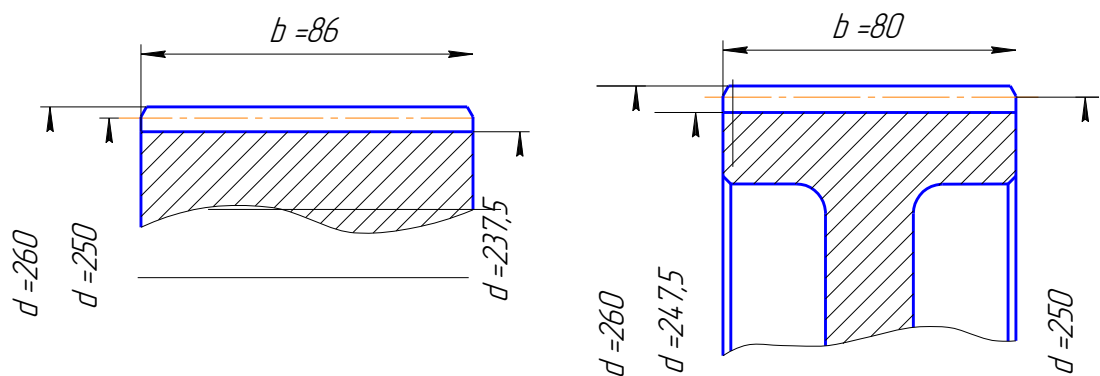


Рис. 4.3 Ескіз зубців прямозубої передачі

Таблиця 4.3. Параметри зубчастої передачі

Кут нахилу зуба на діаметрі d	$\beta = 0^\circ$
Кут зачеплення в нормальному	$\alpha_\omega = \alpha = 20^\circ$

перерізі	
Кут зачеплення в торцьовому перерізі	$\alpha_{\omega\alpha} = \alpha = 20^\circ$
Міжосьова відстань	$\alpha_\omega = 0,5m \cdot (z_1 + z_2) = 0,5 \cdot 5 \cdot (52 + 52) = 250\text{мм}$
Ділильний і початковий діаметри:	
Шестерні	$d_1 = d_{\omega 1} = m \cdot z_1 = 5 \cdot 52 = 250\text{мм}$
Зубчастого колеса	$d_2 = d_{\omega 2} = m \cdot z_2 = 5 \cdot 52 = 250\text{мм}$
Діаметри вершин зубців:	
Шестерні	$d_{a1} = d_1 + 2 \cdot m = 250 + 2 \cdot 5 = 260\text{мм}$
колеса	$d_{a2} = d_2 + 2 \cdot m = 250 + 2 \cdot 5 = 260\text{мм}$
Діаметри западин:	
Шестерні	$d_{f1} = d_1 - 2,5 \cdot m = 250 - 2,5 \cdot 5 = 237,5\text{мм}$
Зубчастого колеса	$d_{f2} = d_2 - 2,5 \cdot m = 250 - 2,5 \cdot 5 = 237,5\text{мм}$

4.8. Вибір гідроциліндрів для формувального механізму

Дані необхідні для розрахунку:

кут напрямку штоку гідроциліндрів; $\alpha = 270^\circ$;

маса об'єкту, кг; $m = 50$ кг;

корисне навантаження для здійснення робочого ходу, Н; $F_{\text{кор}} = 3000$ Н,

тиск живлення гідромережі, бар; $P = 3$ бар $= 3 \cdot 10^5$ Па;

коефіцієнт тертя; $\mu = 0,2$;

ККД механізму; $\eta = 0.9$

Використаємо методику розрахунку діаметру поршня гідроциліндра, за спрощеною формулою, отримаємо:

$$D = 1.13 \cdot \eta \cdot \sqrt{\frac{F}{k_1 \cdot k_2 \cdot P}};$$

Де: k_1 – коефіцієнт тертя в камері гідроциліндра; $k_1 = 0,75 \dots 0,9$;

k_2 — коефіцієнт запасу за зусиллям $k_2 = 0,5 \dots 0,6$;

F — навантаження, діюче на шток.

$$F = F_{\text{кор}} + F_G = F_{\text{кор}} + m \cdot g \cdot (\sin \alpha + \mu \cdot \cos \alpha)$$

$$F = 3000 + 50 \cdot 9,81 \cdot (\sin 270^\circ + 0,2 \cdot \cos 270^\circ) = 2509 \text{ Н};$$

Діаметр поршня гідроциліндра визначаємо:

$$D = 1,13 \cdot 0,9 \cdot \sqrt{\frac{2509}{0,8 \cdot 0,6 \cdot 3 \cdot 10^5}} = 0,134 \text{ м};$$

Приймемо діаметр поршня гідроциліндра за стандартом в більшу сторону $D = 140 \text{ мм}$;

Базуючись на результатах розрахунків вибираємо гідроциліндр фірми Festo DSBC-140-2000-PPSA-N3 з робочим ходом 140 мм.

5. Технологія виготовлення зубчастого колеса

5.1. Розрахунок припусків

Для заготовки використовуємо литво. На підрізання припуск торців становить $3 \cdot 2 = 6 \text{ мм}$

Отже, заготовка - це циліндр $\varnothing 236 \text{ мм}$ та довжиною 86 мм .

Розрахунок загального припуску заготовки із литва проведемо за найбільш точним розміром $\varnothing 40\text{H}7$.

Припуск на чистове розвертання:

$$2Z_{4\min} = 2(Rz_3 + D_3 + \sqrt{Tnp_3^2 + E_{y4}^2})$$

Rz_3, D_3, Tnp_3 - висота мікронерівностей, глибина дефектного шару та сумарне значення просторових відхилень за чистового розвертання.

E_{y4} - похибка встановлення деталі за нормального розвертання. $Rz_3 = 5 \text{ мкм}$, $D_3 = 10 \text{ мкм}$.

Під час встановлення деталі $Tnp_3 = 100 \text{ мкм}$, $E_{y4} = 100$.

Звідки $2Z_{4\min} = 2(5 + 10 + \sqrt{100^2 + 100^2}) = 312,8 \text{ мкм}$, $2Z_{4\max} = 2Z_{4\min} + T_3 - T_4$

T_3 - допуск за чорнового розвертання, $T_3 = IT8 = 39 \text{ мкм}$,

T_4 - допуск за чистового розвертання, $T_4 = IT7 = 25 \text{ мкм}$.

$$2Z_{4\max} = 312,8 + 39 - 25 = 326,8 \text{ мкм}$$

$$2Z_{4\text{ном}} = \frac{2Z_{4\max} + 2Z_{4\min}}{2} = \frac{326,8 + 312,8}{2} = 319,8 \text{ мкм}$$

Припуск для чорнового розвертання:

$$2Z_{3\min} = 2(Rz_2 + D_2 + \sqrt{Tnp_2^2 + E_{y3}^2})$$

Rz_2, D_2, Tnp_2 - висота мікронерівностей, глибина дефектного шару та сумарне значення просторових відхилень за чорнового розвертання.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Телічкун Ю.С	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Голодний А. І	Назва, додаткова назва Технологія виготовлення зубчастого колеса	20-1999.ДП.07.005.ПЗ				
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/13	

E_{y3} - похибка встановлення деталі за чорнового розвертання. $Rz_2=20$ мкм, $D_2=25$ мкм.

Під час встановлення деталі в патроні $Tnp_2=100$ мкм, $E_{y3}=100$.

Тоді $2Z_{3min} = 2(20 + 25 + \sqrt{100^2 + 100^2}) = 372,8$ мкм, $2Z_{3max} = 2Z_{3min} + T_2 - T_3$

T_2 - допуск за чистового розточування, $T_2 = IT10 = 100$ мкм,

T_3 - допуск за нормального розвертання, $T_3 = IT8 = 39$ мкм.

$$2Z_{3max} = 372,8 + 100 - 39 = 433,8 \text{ мкм}$$

$$2Z_{3ном} = \frac{2Z_{3max} + 2Z_{3min}}{2} = \frac{433,8 + 372,8}{2} = 403,3 \text{ мкм}$$

Припуск для чистового розточування:

$$2Z_{2min} = 2(Rz_1 + D_1 + \sqrt{Tnp_1^2 + E_{y2}^2})$$

Rz_1, D_1, Tnp_1 - висота мікронерівностей, глибина дефектного шару та сумарне значення просторових відхилень під час свердління.

E_{y2} - похибка встановлення деталі під час розточуванні. $Rz_2=50$ мкм, $D_2=50$ мкм Під час встановлення деталі в патроні $Tnp_1=100$ мкм, $E_{y2}=100$.

Тоді $2Z_{2min} = 2(50 + 50 + \sqrt{100^2 + 100^2}) = 482,8$ мкм, $2Z_{2max} = 2Z_{2min} + T_1 - T_2$

T_1 - допуск за чорнового розточування, $T_1 = IT12 = 250$ мкм,

T_2 - допуск за чистового розточування $T_2 = IT10 = 100$ мкм.

$$2Z_{2max} = 482,8 + 250 - 100 = 632,8 \text{ мкм}$$

$$2Z_{2ном} = \frac{2Z_{2max} + 2Z_{2min}}{2} = \frac{632,8 + 482,8}{2} = 557,8 \text{ мкм}$$

Припуск на чорнове розточування:

$$2Z_{1min} = 2(Rz_0 + D_0 + \sqrt{Tnp_0^2 + E_{y1}^2})$$

Rz_0, D_0, Tnp_0 - відповідно висота мікронерівностей, глибина дефектного шару і сумарна просторова похибка відлитой заготовки.

$Rz_0=200$ мкм; $D_0=300$ мкм; $Tnp_0=620$ мм;

E_{y1} - похибка устанавлення при чорновому точінні.

Під час установалення деталі в патрон $E_{y1}=100$ мкм

$$2Z_{1\min} = 2(200 + 300 + \sqrt{620^2 + 100^2}) = 2256,1 \text{ мкм}$$

Загальний припуск $2Z_{\text{сум}} = \sum_1^i 2Zi_{\text{ном}} = 319,8 + 403,3 + 557,8 + 2256,1 = 3537 \text{ мкм}$

Приймаємо $2Z_{\text{сум}} = 3,5$ мм. Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_M = \frac{M_{\text{дет}}}{M_{\text{заг}}} = \frac{12,8}{18,9} = 0,68$$

5.2. Технологічний маршрут виготовлення зубчастого колеса для приводу ЗБФА

№	Назва операції, переходу	Технологічне обладнання, інструмент для оброблювання, контрольний
10	Заготівельна	Лиття в форму земляну
10.1	Відлити заготовку	Ø236 мм, L=86 мм. СЧ 25 ГОСТ 1412-79
20	Токарна (У33)	Токарно-гвинторізальний верстат 16К20, 3-ох патрон кулачковий
20.1	Торцювати поверхню (1) z=3 мм.	Різець правий прохідний відігнутий ВК6, В×Н×L=16×25×140мм, α=8°, γ=10°, φ=45° ШЦ1
20.2	Точити поверхню (2) Ø232 _{-1,0} , начорно	Різець правий прохідний відігнутий ВК6, В×Н×L=16×25×140мм, α=8°, γ=10°, φ=45° ШЦ1
20.3	Точити поверхню (2) Ø230h9, начисто.	Різець правий прохідний відігнутий ВК8, В×Н×L=16×25×140мм, α=8°, γ=10°, φ=45° ШЦ1
20.4	Розсвердлити отвір Ø35 ^{+0,43} , поверхня (3)	Свердло Ø30, Р6М5
20.5	Розточити отвір Ø38 мм. поверхня (3)	Різець для розточування ВК6, В×Н×L=16×25×140мм, α=95°, γ=10°, φ=45° ШЦ1
20.6	Розточити отвір Ø39,7 мм. пов. (3)	Різець для розточування ВК6, В×Н×L=16×25×140мм, α=95°, γ=10°, φ=45° ШЦ1
20.7	Розвернути отвір. Ø39,93 пов.(3)	Чорнове розвертання Ø39,93, Р6М5
20.8	Розвернути отвір. Ø40H7 пов.(3)	Чистове розвертання Ø40H7, калібр пробка Ø40H7

20.9	Зняття фаски 2,5x45 ⁰ пов.(6).	Різець правий прохідний відігнутий ВК8, В×Н×L=16×25×140мм, α=8°, γ=10°, φ=45° ШЦ1
20.10	Зняття 3 фаски 2,5x45 ⁰ .	Різець правий прохідний відігнутий, ВК8, В×Н×L=16×25×140мм, α=8°, γ=10°, φ=45° ШЦ1
30	Токарна (УЗЗ)	Токарно-гвинторізальний верстат 16К20, 3- ох патрон кулачковий
30.1	Торцювати поверхню (1) z=3 мм.	Різець правий прохідний відігнутий ВК8, В×Н×L=16×25×140мм, α=8°, γ=10°, φ=45° ШЦ1
30.2	Зняття 3 фаски 2,5x45 ⁰ .	Різець правий прохідний відігнутий, ВК8, В×Н×L=16×25×140мм, α=8°, γ=10°, φ=45° ШЦ1
30.3	Зняття фаску 2,5x45 ⁰	Різець правий прохідний відігнутий, ВК8, В×Н×L=16×25×140мм, α=8°, γ=10°, φ=45° ШЦ1
50	Протягувальна (УЗЗ)	Горизонтально-протягувальний верстат, 7Б510 Оправка.
50.1	Протягнути шпонковий паз b=12 мм.	Протягування шпонкове, комбіноване, з вигладжувальним зубом, Р14Ф4; γ=15°, α _p =3°, α _к =2°, ГОСТ 9788-68
60	Зубофрезерна (УЗЗ)	5К324А Оправка, упор, притискання.
60.1	Фрезерувати зуби m = 5, z = 44	Фреза коротка, черв'ячна, m=5, z=44, ГОСТ 9324-60
70	Миття	Мийна машина
70.1	Промити деталь	
80	Слюсарна	Верстак

80.1	Зняття задирок і притупити гострі краї	
90	Контрольна	Стіл контролера

7.3. Розрахунок операцій

7.3.1. Токарна

Перехід 20.1 Торцювати поверхню.1.

Загальна глибина різання піл час оброблення заданої поверхні $t = 3$ мм.

Подавання табл.. №17 $S=0,6...1,2$ мм/об. Звіряємо відповідно з паспортними даними верстату та приймаємо $S=1,0$ мм/об.

Визначаємо швидкість різання таблиця №20

$$V = \frac{C_V}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,4}} = \frac{304}{60^{0,2} \cdot 3^{0,15} \cdot 1^{0,4}} = 113,7 \text{ м/хв}$$

Потрібна кількість обертів шпинделя верстата

$$n_B = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_s} = \frac{1000 \cdot 113,7}{3,14 \cdot 236} = 153,4 \text{ об/хв}$$

Приймаємо найближчу меншу кількість обертів шпинделя верстата $n_B=125$ об/хв. Фактична швидкість різання за таких обертів шпинделя

$$V_d = \frac{\pi \cdot d_s \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 236 \cdot 125}{1000} = 92,6 \text{ м/хв}$$

Відповідно розрахункова довжина оброблення для переходу

$$L = l_{DET} + l_1 + l_2 + l_3 = 56 + 2 + 3 = 61 \text{ мм}$$

l_{DET} - довжина деталі $l_{DET}=56$ мм

l_1 - підведення інструменту $l_1 = 2$ мм

l_2 - врізання інструменту $l_2 = 3$

l_3 - перебіг інструменту $l_3=0$

Відповідно основний час на виконання переходу

$$t_0 = \frac{L}{n_B \cdot S} = \frac{61}{125 \cdot 1,0} = 0,49 \text{ хв}$$

Та допоміжний час на виконання переходу

$$t_d = t_1 + t_2 + t_3 = 0,11 + 0,12 = 0,23 \text{ хв}$$

$t_1 = 0,11 \text{ хв}$ – допоміжний час, він пов'язаний з переходом безпосередньо для поперечного обточування зі встановленням різця по упору (табл..26).

$t_2 = 0,06 + 0,06 = 0,12 \text{ хв.}$ – допоміжний час на заміну частоти обертів шпинделя та подачі.

$T_3 = 0 \text{ хв}$ – зміна різця.

Перехід 20.2 Точити поверхню (2) Ø232_{-1,0}, начорно.

Для глибини різання $t = \frac{236 - 232}{2} = 2 \text{ мм.}$

Подавання табл. №17 $S = 0,6 \div 1,2 \text{ мм/об.}$ Звіряємо з паспортними даними верстата та приймаємо $S_6 = 1 \text{ мм/об.}$

Розраховуємо швидкість різання табл. №20

$$V = \frac{C_V}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,4}} = \frac{243}{60^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 1^{0,4}} = 96,6 \text{ м/хв}$$

Потрібна кількість обертів шпинделя верстата

$$n_B = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_s} = \frac{1000 \cdot 96,6}{3,14 \cdot 236} = 130,4 \text{ об/хв}$$

Приймаємо найближче менше значення кількості обертів шпинделя верстата $n_B = 125 \text{ об/хв.}$ Фактична швидкість різання за таких обертів шпинделя

$$V_d = \frac{\pi \cdot d \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 236 \cdot 125}{1000} = 92,6 \text{ м/хв}$$

Розрахункова довжина оброблення для переходу

$$L = l_{DET} + l_1 + l_2 + l_3 = 83 + 2 + 2 = 87 \text{ мм}$$

l_{DET} - довжина деталі $l_{DET} = 87 \text{ мм}$

l_1 - підведення інструменту $l_1 = 2 \text{ мм}$

l_2 - врізання інструменту $l_2 = 2$

l_3 - перебіг інструменту $l_3 = 0$

Основний час для виконання переходу

$$t_0 = \frac{L}{n_B \cdot S} = \frac{87}{125 \cdot 1,0} = 0,7 \text{ хв}$$

Допоміжний час для виконання переходу

$$t_d = t_1 + t_2 + t_3 = 0,11 + 0,12 + 0,7 = 0,93 \text{ хв}$$

$t_1 = 0,11 \text{ хв}$ – допоміжний час, який пов'язаний безпосередньо з переходом для обточування в поперечному напрямку зі встановленням різця по упору.

$t_2 = 0,06 + 0,06 = 0,12 \text{ хв}$ – допоміжний час на заміну кількості обертів шпинделя та подавання.

$T_3 = 0,7 \text{ хв.}$ – заміна різця.

Перехід 20.3 Точити поверхню (2) Ø230h9, начисто.

Приймаємо глибину різання $t = \frac{232 - 230}{2} = 1 \text{ мм.}$

Подавання табл.. №18 $S = 0,25 \div 0,3 \text{ мм/об.}$ Звіряємо з паспортними даними верстата та приймаємо $S_6 = 0,3 \text{ мм/об.}$

Визначаємо швидкість різання табл.. №20

$$V = \frac{C_v}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,2}} = \frac{292}{60^{0,2} \cdot 1^{0,15} \cdot 0,3^{0,2}} = 163,8 \text{ м/хв}$$

Потрібна кількість обертів шпинделя верстата

$$n_B = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_3} = \frac{1000 \cdot 163,8}{3,14 \cdot 232} = 224,9 \text{ об/хв}$$

Приймаємо найближче менше значення кількості обертів шпинделя верстата $n_B = 200 \text{ об/хв.}$ Фактична швидкість різання за таких обертів шпинделя

$$V_d = \frac{\pi \cdot d_3 \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 232 \cdot 200}{1000} = 145,7 \text{ м/хв}$$

Розрахункова довжина оброблення для переходу

$$L = l_{DET} + l_1 + l_2 + l_3 = 83 + 2 + 1 = 86 \text{ мм}$$

l_{DET} - довжина деталі $l_{DET} = 83 \text{ мм}$

l_1 - підведення інструменту $l_1 = 2 \text{ мм}$

l_2 - врізання інструменту $l_2 = 1$

l_3 - перебіг інструменту $l_3 = 0$

Основний час, необхідний на виконання переходу

$$t_0 = \frac{L}{n_B \cdot S} = \frac{83}{200 \cdot 0,3} = 1,38 \text{ хв}$$

Допоміжний час, необхідний на виконання переходу

$$t_D = t_1 + t_2 + t_3 = 0,11 + 0,12 + 0 = 0,23 \text{ хв}$$

$t_1 = 0,11 \text{ хв}$ – допоміжний час, який пов'язаний безпосередньо з переходом для виконання операції поперечного обточування зі встановленням різця по упору.

$t_2 = 0,06 + 0,06 = 0,12 \text{ хв}$ – допоміжний час, необхідний на зміну кількості обертів шпинделя та подавання.

$T_3 = 0 \text{ хв.}$ – заміна різця.

Перехід 20.4 Розсвердлити отвір $\varnothing 35^{+0,43}$, пов.(3)

Знаходимо припуск на оброблення $t = \frac{35 - 30}{2} = 2,5 \text{ мм.}$

Обираємо діапазон подавання: $S = 0,4 \dots 0,5 \text{ мм/об}$ (табл.42)

Приймаємо $S_B = 0,5 \text{ мм/об}$

Обираємо емпіричну формулу (для критичної) швидкості різання сталі (табл. 45)

$$V_c = \frac{55,2 \cdot d_{св}^{0,5}}{T^{0,125} \cdot t^{0,2} \cdot S^{0,4}} = \frac{55,2 \cdot 35^{0,5}}{70^{0,125} \cdot 2,5^{0,2} \cdot 0,7^{0,4}} = 184,4 \text{ м/хв}$$

де $T = 70 \text{ хв.}$ – стійкість свердла (табл. 46)

Розрахункова кількість обертів шпинделя:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi \cdot d_{св}} = \frac{1000 \cdot 184,4}{3,14 \cdot 35} = 1677,7 \text{ об/хв}$$

Приймаємо $n_B = 1600 \text{ об/хв.}$

Фактична швидкість свердління:

$$V_o = \frac{\pi \cdot d_{св} \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 35 \cdot 1600}{1000} = 175,8 \text{ м/хв}$$

Розрахункова довжина оброблення

$$L = l_{ДЕТ} + l_1 + l_2 + l_3 = 83 + 3 + 6 = 92 \text{ мм}$$

$l_{ДЕТ}$ - глибина різання $l_{ДЕТ} = 83 \text{ мм}$.

l_1 - підведення інструменту $l_1 = 3 \text{ мм}$

l_2, l_3 - врізання та перебіг інструменту $l_2 + l_3 = 6 \text{ мм}$ (табл. 48)

Основний час на перехід 20.4

$$t_0 = \frac{L_3}{S_g \cdot n_g} = \frac{92}{0,5 \cdot 1600} = 0,12 \text{ хв};$$

Допоміжний час, необхідний на перехід 20.4

$t_{д1} = 0,08$ (табл. 51)

Перехід 20.5 Розточити отвір $\varnothing 38 \text{ мм}$. пов. (3)

Розраховуємо припуск на оброблення $t = \frac{38 - 35}{2} = 1,5 \text{ мм}$.

Обираємо діапазон подавання: $S = 0,4 \dots 0,5 \text{ мм/об}$

Приймаємо $S_B = 0,5 \text{ мм/об}$

Визначаємо швидкість різання табл.. №20

$$V = \frac{C_V}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,4}} = \frac{243}{60^{0,2} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 0,5^{0,4}} = 133 \text{ м/хв}$$

Потрібна кількість обертів шпинделя верстата

$$n_B = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_3} = \frac{1000 \cdot 133}{3,14 \cdot 38} = 1114,6 \text{ об/хв}$$

Приймаємо $n_B = 1000 \text{ об/хв}$.

Фактична швидкість різання за таких обертів шпинделя

$$V_{Д} = \frac{\pi \cdot d_3 \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 38 \cdot 1000}{1000} = 119,3 \text{ м/хв}$$

Розрахункова довжина оброблення для переходу

$$L = l_{ДЕТ} + l_1 + l_2 + l_3 = 83 + 2 + 1,5 = 86,5 \text{ мм}$$

$l_{ДЕТ}$ - довжина деталі $l_{ДЕТ} = 83 \text{ мм}$

l_1 - підведення інструменту $l_1 = 2 \text{ мм}$

l_2 - врізання інструменту $l_2 = 1,5 \text{ мм}$

l_3 - перебіг інструменту

Основний час, необхідний на виконання переходу

$$t_0 = \frac{L}{n_B \cdot S} = \frac{86,5}{1000 \cdot 0,5} = 0,17 \text{ хв}$$

Допоміжний час, необхідний на виконання переходу

$$t_{\text{д}} = t_1 + t_2 + t_3 = 0,11 + 0,12 + 0,7 = 0,93 \text{ хв}$$

$t_1 = 0,11 \text{ хв}$ – допоміжний час, який пов'язаний безпосередньо з переходом для поперечного обточування зі встановленням різця по упору.

$t_2 = 0,06 + 0,06 = 0,12 \text{ хв}$ – допоміжний час, необхідний на зміну кількості обертів шпинделя та подавання $T_3 = 0,7 \text{ хв}$. – заміна різця.

Перехід 20.6 Розточити отвір $\varnothing 39,7 \text{ мм}$. пов. (3)

Припуск на оброблення становить $t = \frac{39,7 - 38}{2} = 0,85 \text{ мм}$.

Обираємо діапазон подавання: $S = 0,3 \dots 0,5 \text{ мм/об}$, табл. №18

Приймаємо $S_B = 0,5 \text{ мм/об}$

Визначаємо швидкість різання табл. №20

$$V = \frac{C_V}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,4}} = \frac{243}{60^{0,2} \cdot 0,85^{0,15} \cdot 0,5^{0,4}} = 144,9 \text{ м/хв}$$

Потрібна кількість обертів шпинделя верстата

$$n_B = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_3} = \frac{1000 \cdot 144,9}{3,14 \cdot 39,7} = 1162,4 \text{ об/хв}$$

Приймаємо $n_B = 1000 \text{ об/хв}$.

Фактична швидкість різання за таких обертів шпинделя

$$V_{\text{д}} = \frac{\pi \cdot d_3 \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 39,7 \cdot 1000}{1000} = 124,7 \text{ м/хв}$$

Розрахункова довжина, необхідна на оброблення для переходу

$$L = l_{\text{дет}} + l_1 + l_2 + l_3 = 83 + 2 + 0,85 = 85,85 \text{ мм}$$

$l_{\text{дет}}$ - довжина деталі $l_{\text{дет}} = 83 \text{ мм}$

l_1 - підведення інструменту $l_1 = 2 \text{ мм}$

l_2 - врізання інструменту $l_2 = 0,85 \text{ мм}$

l_3 - перебіг інструменту

Основний час, необхідний на виконання переходу

$$t_0 = \frac{L}{n_B \cdot S} = \frac{85,85}{1000 \cdot 0,5} = 0,17 \text{ хв}$$

Допоміжний час, необхідний на виконання переходу

$$t_d = t_1 + t_2 + t_3 = 0,11 + 0,12 + 0 = 0,23 \text{ хв}$$

$t_1 = 0,11 \text{ хв}$ – допоміжний час, який пов'язаний безпосередньо з переходом для поперечного обточування зі встановленням різця по упору.

$t_2 = 0,06 + 0,06 = 0,12 \text{ хв}$ – допоміжний час, який необхідний на зміну кількості обертів шпинделя та подавання. $T_3 = 0 \text{ хв}$. – заміна різця.

Перехід 20.7 Розвернути отвір. Ø39,93 пов.(3)

Припуск на оброблення становить $t = \frac{39,93 - 39,7}{2} = 0,115 \text{ мм}$.

Обираємо діапазон подавання: $S = 1,7 \dots 2,7 \text{ мм/об}$ (табл.44)

Приймаємо $S_B = 2,0 \text{ мм/об}$

Обираємо емпіричну формулу (значення критичної) швидкості різання чавуну (табл. 45)

$$V_c = \frac{15,1 \cdot d_p^{0,2}}{T^{0,3} \cdot t^{0,1} \cdot S^{0,5}} = \frac{15,1 \cdot 39,93^{0,2}}{70^{0,3} \cdot 0,115^{0,1} \cdot 2^{0,5}} = 7,74 \text{ м/хв}$$

де $T = 70 \text{ хв}$. – стійкість розгортки (табл. 46)

Розрахункова кількість обертів шпинделя:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi \cdot d_p} = \frac{1000 \cdot 7,74}{3,14 \cdot 39,93} = 61,7 \text{ об/хв}$$

Приймаємо $n_B = 60 \text{ об/хв}$.

Фактична швидкість свердління:

$$V_o = \frac{\pi \cdot d_p \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 39,93 \cdot 60}{1000} = 7,5 \text{ м/хв}$$

Розрахункова довжина оброблення

$$L = l_{ДЕТ} + l_1 + l_2 + l_3 = 83 + 3 + 38 = 124 \text{ мм}$$

$l_{ДЕТ}$ - глибина різання $l_{ДЕТ} = 83 \text{ мм}$.

l_1 - підведення інструменту $l_1 = 3 \text{ мм}$

l_2, l_3 - врізання та перебіг інструменту $l_2 + l_3 = 38 \text{ мм}$ (табл. 48)

Розрахуємо сновний час

$$t_0 = \frac{L_3}{S_6 \cdot n_6} = \frac{124}{2,0 \cdot 60} = 1,03 \text{ хв};$$

Знайдемо допоміжний час

$t_{д1} = 0,1$ (табл. 51)

Перехід 20.8 Розвернути отвір Ø40H7 пов.(3).

Припуск на оброблення становить $t = \frac{40 - 39,93}{2} = 0,035 \text{ мм}$.

Прийmemo $S_b = 2,0 \text{ мм/об}$

Обираємо емпіричну формулу (значення критичної) швидкості різання чавуну (табл. 45)

$$V_c = \frac{15,1 \cdot d_p^{0,2}}{T^{0,3} \cdot t^{0,1} \cdot S^{0,5}} = \frac{15,1 \cdot 40^{0,2}}{70^{0,3} \cdot 0,035^{0,1} \cdot 2^{0,5}} = 8,7 \text{ м/хв}$$

де $T = 70 \text{ хв}$. – стійкість розгортки (табл. 46)

Розрахункова кількість обертання шпинделя:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi \cdot d_p} = \frac{1000 \cdot 8,7}{3,14 \cdot 40} = 69,3 \text{ об/хв}$$

Приймаємо $n_b = 60 \text{ об/хв}$.

Фактична швидкість свердління:

$$V_o = \frac{\pi \cdot d_p \cdot n_b}{1000} = \frac{3,14 \cdot 40 \cdot 60}{1000} = 7,5 \text{ м/хв}$$

Розрахункова довжина оброблення

$$L = l_{ДЕТ} + l_1 + l_2 + l_3 = 83 + 3 + 38 = 124 \text{ мм}$$

$l_{ДЕТ}$ - глибина різання $l_{ДЕТ} = 83 \text{ мм}$.

l_1 - підведення інструменту $l_1 = 3 \text{ мм}$

l_2, l_3 - врізання та перебіг інструменту $l_2 + l_3 = 38 \text{ мм}$ (табл. 48)

Розрахуємо основний час

$$t_0 = \frac{L_3}{S_6 \cdot n_6} = \frac{124}{2,0 \cdot 60} = 1,03 \text{ хв};$$

6. Вибір конструкційних матеріалів

Підбір матеріалів, що використовуються в харчовому машинобудуванні для конструювання машин та апаратів, зумовлений наступними вимогами:

- матеріали повинні мати допуск до контакту з продуктами харчування;
- використання матеріалів повинно мати економічну доцільність;
- вимогами до надійності та довговічності обладнання.

Основними вузлами змішувально-бродильно-формуального агрегату є цільозварні конструкції, які виготовлені з сталі.

ЗБФА складається з металевого корпусу, який виготовлений з нержавіючої сталі валів, на які насажені кулачки, виготовлені із фторопласту.

Основні вимоги до матеріалу стінок корпусу агрегату це - добра зварюваність і корозійна стійкість. Агрегат буде щоденно піддаватися санітарному обробленню, що включає етап миття агресивними середовищами, тому обираємо корозійностійку сталь 12Х18Н10Т, - це найбільш поширений матеріал, який використовується для виготовлення деталей машин і апаратів в харчовій промисловості.

Матриці, для контакту з тістом, повинні бути стійкими проти спрацювання, стійкість хімічну, низькі адгезійні властивості - тому матеріалом для їх виготовлення буде фторопласт Ф-4.

Інші деталі, які контактують з тістом (вали, кришки), виготовляємо із інструментальної сталі Х12М, які мають велику твердість і корозійну стійкість.

Деталі, що не мають контакту з тістом, виготовляються з дешевшої, конструкційної, вуглецевої сталі Ст5.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Теличкун Ю.С	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Голодний А. І	Назва, додаткова назва Підбір конструкційних матеріалів	220-1999.ДП.07.006.ПЗ				
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/2	

Матеріал для зубчастих коліс повинен мати достатню міцність, ударо в'язким для удару, легко оброблятися механічно, тому доцільно брати сталь 45, або 40Х, 40ХН для гартування з високим відпуском.

Перелік використаних матеріалів наведені в табл.4.1.

Таблиця 6.1

Перелік використаних матеріалів

Найменування матеріалу, його марка	Найменування деталі, частини агрегату	ТУ , ДСТУ
12Х18Н10Т	Корпус ЗБФА.	ДСТУ 5582-75
Х12М	Розподілювач, решітки, шнек.	ДСТУ 1435-74
Ст.45	Колеса зубчасті.	ДСТУ 1050-88
Ст.5	Рама, опори	ДСТУ 380-94

7. Монтаж, ремонт та експлуатація ЗБФА

7.1. Монтаж змішувально-бродильно-формуального агрегату

Надійна робота та довговічність експлуатації розробленого обладнання забезпечується тільки за умови дотримання правил експлуатації та режимів роботи, своєчасного проведення технічного обслуговування та ремонтних робіт, це передбачено посібником із експлуатації.

До планових робіт з монтажу, експлуатації, налагодження та обслуговування обладнання допускаються тільки ті особи, яким надано інструктаж з техніки безпеки, вивчили матеріальну частину.

Роботи з монтажу змішувально-бродильно-формуального агрегату включають установку на фундамент чи без такого та двигуна-редуктора. Змішувально-бродильно-формувальний агрегат поступає на монтаж вже зібраним. Він встановлюється на фундаменті, який попередньо підготовлений та закріплюється гайками з шайбами та анкерними болтами. Потім встановлюють двигун-редуктор.

Перед запусканням агрегату перевіряється затягування болтових з'єднань: приводу двигуна-редуктора, перевіряють кріплення підшипників; змащують усі вузли, які підлягають змащуванню; кріплять огороження приводу. Вручну перевіряють вільне обертання місильних органів. Потім включають машину на холостому ходу, короткотерміновим натисненням кнопки "Пуск". Робота машини не має супроводжуватися стукотом чи вібрацією. Коли включається двигун-редуктор необхідно перевірити напрямок обертання місильних валів. Далі вали з кулачками коротко прокручують та у випадку їх нормальної роботи ставлять машину на обкатування протягом 2-3 годин без навантаження. Після пробного запуску та виправлення замічених недоліків, машина може бути запущена та введена в експлуатацію.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Теличкун Ю.С	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Голодний А. І	Назва, додаткова назва Монтаж, ремонт та експлуатація ЗБФАа		20-1999.ДП.07.007.ПЗ			
	Документ затверджено Гавва О.М.			Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/5

7.2. Експлуатація ЗБФА

Правила безпечної експлуатації ЗБФА включають забезпечення наявних зовнішніх умов для роботи агрегату (відповідність приміщень, температура навколишнього середовища, вологість, чистота повітря та інші параметри).

Правила експлуатації ЗБФА:

- забезпечення належного санітарного стану;
- підтримання агрегату в чистоті, своєчасне тех. обслуговування та правильне змащування;
- дотримання допустимих режимів роботи механізмів агрегату;
- виконання правил керування обладнанням;
- виконання заходів системи планового попереджувального ремонту, технічного обслуговування та ремонту обладнання.

Догляд за технічним станом агрегату та проведенням системи планово-попереджувальних ремонтів на підприємстві, виконується відділом головного механіка, він не лише здійснює контроль правил та умов експлуатації, але для виконання технічного обслуговування готує технічну документацію для можливого покращення стану обладнання. Інспекційна служба в відділі головного механіка має право зупинити обладнання за його незадовільного стану, невідповідній експлуатації або порушення графіків планового ремонту.

Оператор, який обслуговує агрегат, повинен знати конструкцію та основи роботи основних механізмів обладнання, мати навички виконувати дрібний ремонт агрегату, підтримувати в належному відповідному стані своє робоче місце. Знання та виконання правил експлуатації обладнання обслуговуючим персоналом, залежить технічний стан ЗБФА.

Виявлені будь-які пошкодження чи несправності під час роботи чи технічного обслуговування робітник має доповісти про це майстру. Під час

робочої зміни необхідно виконувати змащування всіх деталей, які вказані в карті змащування агрегату, та мастилом, дозволеним інструкцією. За централізованого змащування необхідно контролювати масляний резервуар, для того, щоб він був заповнений мастилом.

8.3. Ремонт ЗБФА

Під час використання ЗБФА потрібно постійно слідкувати за характером його роботи. Перевіряти та стежити за температурою підшипників. Коли появляються сторонні шуми в працюючому механізмі необхідно негайно зупинити машину та провести регулювання. За дрібних ушкоджень, які не потребують значної тривалості простоювання, необхідно швидко замінити деталь, яка ушкоджена. Ремонт та технічне обслуговування полягає в комплексі дій за підтримки справності чи працездатності агрегату в процесі його роботи за призначенням, під час зберігання та транспортування. Технічне обслуговування агрегату виконується відповідно вимогам інструкції з експлуатації, яка розроблена заводом-виробником. Комплекс робіт з технічного обслуговування та ремонту ЗБФА, який перебуває в експлуатації, входить: технічний огляд, а за виявлення несправностей, ще й ремонт. Технічний догляд, включає в себе також роботи з дотримання правил запуску, експлуатації та зупинки агрегату, своєчасне та ретельне змащення окремих елементів, підтримування належного стану робочого місця та інше. Робоче місце обов'язково має бути оснащено інструкцією з технічного догляду за обладнанням. Технічний догляд виконують оператори та інші працівники, що працюють з агрегатом. Нагляд технічний виконує ремонтна бригада в складі чергових мастильників, електриків, слюсарів, та інших працівників. Під час технічного нагляду за обладнанням здійснюються роботи, без яких неможна ефективно експлуатувати обладнання між плановими ремонтами.

До таких робіт відносяться: регулювання окремих механізмів, догляд за арматурою, підтягування різьбових з'єднань,. Більшість робіт виконуються за потреби у відповідності з інструкцією з експлуатації. Контроль за експлуатацією обладнання, покращення якості обслуговування приведуть до зменшення кількості позапланових ремонтів.

Плановий ремонт ЗБФА складається з таких основних технологічних процесів: очищення від тіста, миття, розбирання агрегату, контроль, ремонт і відновлення або заміна деталей, комплектування, складання, обкатка після ремонту та інші, а ще сюди включаються підготовчі та супутні процеси: забезпечення роботи верстатного та іншого обладнання, матеріально-технічне забезпечення, доставка та відправлення деталей, які ремонтуються (якщо транспортування відбувається ремонтним підприємством) й інше.

Перед початком планового ремонту ЗБФА необхідно провести огляд обладнання й виявити всі можливі дефекти. Дефекти виявляють під час огляду та на підставі аналізу записів слюсарів-ремонтників і механіка в журналі. До початку проведення ремонту запасують інструменти та змінні деталі.

Перед безпосереднім ремонтом агрегату та його розбиранням, агрегат необхідно відключити від мережі технологічних комунікацій, електромережі, роз'єднати напівмуфти валу двигуна та від'єднати привід, злити мастило з системи змащення. На силовому щиті електроживлення закріплюється табличка: «Не вмикати - працюють люди».

Основні правила розбирання змішувально-бродильно-формуального агрегату:

- перед початком розбирання потрібно ознайомитися з технічним паспортом агрегату, кресленнями основних деталей та кінематичною схемою, визначити порядок розбирання вузлів. Бажано також скласти план розбирання користуючись одним із методів: послідовного або паралельно-послідовного;

- розбирається тільки той вузол або механізм, який має піддаватися ремонту (повне розбирання виконують за капітального ремонту);
- під час безпосереднього процесу розбирання складаються відомості дефектів;
- починають розбирання зі зняття кожухів, кришок, запобіжних щитків, щоб отримати доступ безпосередньо до вузла, який підлягає розбиранню;
- у випадку розбирання декількох вузлів, деталі кожного з них складаються під час знімання габаритних деталей і вузлів, користуючись вантажнопідйомними механізмами;
- для спрощення полегшення розбирання з'єднань, потрібно користуються спеціальними механізмами, пристроями, інструментами, знімачами.

8. Охорона праці

Система охорони праці на підприємстві - це сукупність керівних органів підприємства, які на основі нормативної документації виконують цілеспрямовану, планомірну діяльність над виконанням завдань та функцій забезпечення всіх працівників безпечних, здорових та високопродуктивних умов праці, запобігання на підприємстві отриманню травм і профзахворювань, а також дотримання прав працівників, гарантованих законодавством про охорону праці.

Завданнями управління охороною праці є:

- організація та координація робіт;
- прогнозування, планування робіт з охорони праці, їхнє фінансування;
- контроль на підприємстві стану охорони праці та функціонуванням система управління за охороною праці ;
- облік, аналіз й оцінка умов та безпеки праці на підприємстві;
- сприяння всіх видів діяльності з охорони праці.

Аналіз виконання основних процесів та розробленого обладнання для виявлення небезпечних і шкідливих факторів під час роботи

Для виявлення наявних шкідливих і небезпечних чинників під час роботи потрібно проаналізувати роботу обладнання ділянки виробництва багетів. Умовні позначення небезпечних факторів нанесено на спрощеній схемі лінії.

Нами в робочій зоні виявлено можливе виникнення наступних шкідливих і небезпечних факторів: підвищення температури повітря, за порушення експлуатаційних вимог обладнання та за несправності вентиляції; елементи електроприводів, які обертаються, за несправності чи відсутності захисних кожухів; формувальна головка за відсутності чи несправності

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Телічкун Ю.С	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Голодний А. І	Назва, додаткова назва Охорона праці		20-1999.ДП.07.008.ПЗ			
	Документ затверджено Гавва О.М.			Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/7

захисних засобів. Щоб забезпечити нормальні умови праці маємо забезпечити надійну ізоляцію робочих поверхонь устаткування та налагодити подавання чистого та свіжого повітря системою вентиляції.

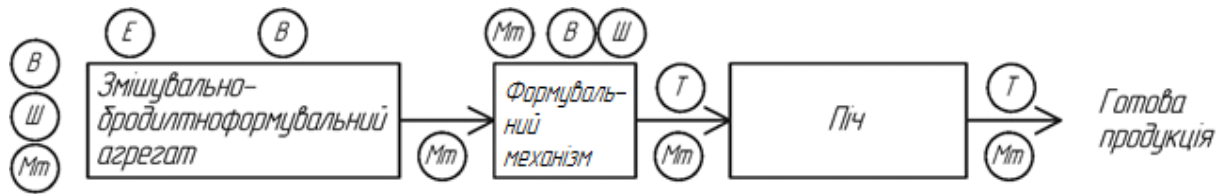


Рис.8.1. Небезпечні та шкідливі фактори на лінії виробництва багетів

Шкідливим та небезпечним факторам ділянки виробництва багетів присвоєно наступні символи: Т - виділення тепла, Мт - механічні травми, В - вібрація, Ш - шум, Е - електробезпека.

Мікроклімат

Для гарного самопочуття робітника під час виконання виробничих завдань маємо забезпечити таку комбінацію параметрів повітря навколишнього середовища цеху: відносна вологість повітря, %; температура повітря в приміщенні, °С; швидкість руху повітря на робочому місці, м/с; теплове випромінювання Вт/м², всі показники повинні відповідати ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».

Значення цих параметрів, які забезпечують найкраще самопочуття, та найвищу працездатність працівника, вважаються оптимальними нормами мікроклімату.

Згідно вимог до умов мікроклімату робочого місця пекарської ділянки, за рахунок вентиляції маємо забезпечити температуру 21-23 °С в теплу пору року та 17-19 °С у зимовий час, за швидкості повітряного потоку 0,2-0,3 м/с. Додаткове зволоження повітря в системі вентиляції не потрібне, оскільки

вологість приміщення підвищена.

В таблиці 8.1. наведено норми мікроклімату

Таблиця 8.1. Допустимі норми мікроклімату

№ пор	Професія	Категорія робіт за важкістю	Температура, °С на робочих місцях				Відносн а вологіст ь ф, %	Швидк ість руху повітря , м/с
			Верхня границя		Нижня границя			
			Постійних	непостій них	постійн их	непостійн их		
1	Оператор ЗБФА	IIa	Холодна пора року					
			25	26	22	20	75	до 0,2
			Тепла пора року					
			26	28	25	22	60(при 27 °С)	0,1-0,3
2	Тістороб	IIa	Холодна пора року					
			25	26	22	20	75	до 0,3
			Тепла пора року					
			26	28	25	22	65(при 26°С)	0,2-0,4
3	Пекар	Iб	Холодна пора року					
			30	32	25	23	75	до 0,3
			Тепла пора року					
			35	40	27	28	65(при 26°С)	0,2-0,4

Шум

Шум на лінії виробництва батонів особливих не перевищує дозвільні норми.

Перевірка шуму та вібрації безпосередньо на робочих місцях ділянки виробництва батону особливого має проводитись не рідше, як один раз на рік. Рівень шуму робочих зон на лінії становить 80 дБ.

Норми шуму, що допускаються на робочих місцях наведено в таблиці 9.2.

Таблиця 8.2. Допустимі норми шуму

№ п/п	Робочі місця	Рівні звукового тиску (дБ) в октавних смугах з середньогометричними частотами (Гц)									Рівень звуку, дБ
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	Оператор ЗБФА	100	95	90	84	79	78	75	74	72	80
2	Тістороб	100	95	90	84	79	78	75	74	72	80
3	Пекар	100	95	90	84	79	78	75	74	72	80

Найбільш оптимальним засобом зменшення рівня шуму є зниження його в джерелах появи. Здійснюються такі заходи:

- за технічної можливості застосовуються безударні взаємодії деталей замість ударних;
- обов'язкова звукоізоляція конструкцій;
- технічне обслуговування обладнання, вчасна заміна підшипників та зношених частин;
- змащування ударних деталей в'язкими рідинами.

Вібрація

Вібрація може бути різною: локальною та загальною. Обладнання в цеху з виробництва багетів не вимагає постійного контакту з обслуговуючим персоналом, воно створює загальну вібрацію, та передається на підлогу чи фундамент, і так діє на працівника.

ГОСТ 12.1012-90.ССТБ. Вибрационная безопасность. Общие требования.

1. Застосування пристроїв, механізмів та обладнання з рівнем вібрації, який не перевищують ГОСТ 12.1.012-90.

2. Пониження рівня вібрації, переведення енергії механічних коливань

в якийсь інший вид енергії, наприклад в теплову.

Освітлення

На дільниці виробництва батону особливого застосовують два види освітлення: природне, штучне. Освітлення має бути відповідно вимог "Державних будівельних норм" ДБН В.2.5-28-2006.

Природній вид освітлення створюється за наявності вікон в цеху. Ефективність природнього освітлення може падати через можливе забруднення скла,. Потрібно мити скло не менше ніж два рази в рік, очищати від забруднень. Також, для інтенсивності природнього освітлення, мають велике значення чистота та кольори стін і стелі приміщення цеху.

Штучними джерелами світла створюється штучне освітлення та розділяється на: робоче, охоронне та аварійне. Світильники обираємо відповідно до характеристик та призначення приміщень. Джерела освітлення рівномірно розміщуються по всій площині цеху. Очищати їх має черговий електрик один раз в місяць. Контроль освітлення має проводитися не менше, ніж один раз на 90 днів. Включення загальної системи освітлення має бути централізоване. Штучне освітлення люмінесцентними лампами, вони встановлюються на робочих місцях. Освітлення цеху становить за нормами 200 лк.

На дільниці обслуговування лінії передбачено аварійне освітлення для забезпечення безпечного перебування обслуговуючого персоналу на місці обслуговування обладнання цеху, а ще для евакуації за вимкнення робочого освітлення.

Під час проведення ремонтних робіт, передбачено мережу додакового ремонтного освітлення. Воно працює за напруги 36 В.

Норми штучного освітлення, необхідного на робочих місцях наведені в таблиці 8.3.

Таблиця 8.3. Допустимі норми освітлення

№	Професія	Точність зорової роботи	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Освітленість, <u>лк</u>	
					Комбінована: Газорозрядні лампи.	Загальна: Газорозрядні лампи.
1	Оператор ЗБФА	Малої точності	V	в	400	200/150
2	Тістороб	Малої точності	V	в	400	200/150
3	Пекар	Малої точності	V	в	400	200/150

Електробезпека

Дільниця замішування та оброблення тіста небезпечна за небезпеки ураження робітників електричним струмом, тому залежно від виробничого середовища за "Правилами влаштування електроустановок" належать до категорії із підвищеною небезпекою.

Заходи для забезпечення електробезпеки:

- заземлення всіх металевих, які не проводять струм конструкцій елементів обладнання;
- автоматичне захисне відключення під час можливого замикання чи перевантаження;
- захисне розділення електромереж;
- використання пристроїв і засобів для захисту;
- проведення попереджувальних ремонтів і профілактичних випробувань електричного обладнання;
- проведення для персоналу організаційних заходів (навчання, інструктажі, атестація).

Забезпечення санітарно-побутовими приміщеннями

Дільниця в складі хлібозаводу, має відповідати "Державним

будівельним нормам" ДБН В.2.2-28-2010. Для виконання санітарно-гігієнічних норм маємо передбачити наступні побутові приміщення: роздягальні, душові, санвузли, кімнати відпочинку та пральня.

Побутові приміщення мають бути розміщені в тій же будівлі, що й виробничі та забезпечуватися припливно-витяжною вентиляцією. В адміністративному приміщенні можуть бути розміщені медпункт та заклад харчування.

Пожежна безпека

Територія ділянки приготування то оброблення, що є складовою цеху по виробництву батонів особливих, відноситься за вибухо-пожежною безпекою до категорії "В" відповідно норм технологічного проектування НАПБ Б.03.002-2007.

I ступінь вогнестійкості будівель для основних робочих зон, не нижче III відповідно до "Державних будівельних норм" ДБН В 1.1-7-2002.

Відповідно до "Правил улаштування електроустановок" клас приміщення цеху зони вибухопожежної небезпеки - В-Па.

Для вчасного повідомлення про виникнення пожежі в цеху встановлено автоматичну пожежну сигналізацію. Для гасіння пожежі забезпечено первинними засобами пожежегасіння. До них відносимо пожежні стояки разом з пожежними рукавами, вогнегасники, внутрішні трубопроводи пожежні, відра, лопати, сухий пісок, азбестові ковдри, та інструменти для розбирання будівельних конструкцій.

Піл час пожежі чи в інших критичних ситуаціях у цеху мають бути не менше двох шляхів евакуації людей. Одним із яких евакуації може використовуватися вікно з пожежною драбиною чи сходами, які ведуть на підвір'я.

9. Охорона довкілля

Екологізація виробництва - це науковий процес, впровадження системи організаційних, технічних і інших рішень, що дадуть можливість покращити ефективність використання ресурсів, зберігати чи покращити стан природного середовища на локальному, регіональному і глобальному рівнях.

Під екологізацією технологій мається на увазі розробка та впровадження технологій, що зможуть при найвищій якості продукції забезпечувати екологічну рівновагу навколишнього середовища, не допускаючи забруднення середовища.

Основи екологізації складають розробка і впровадження маловідходних, енергетичних та ресурсозберігаючих технологій, як очищення опрацьованого повітря та стічних вод. В основі підходу до екологізації технологічного циклу будь – якого виробництва закладено соціальні, екологічні та економічні принципи.

Хлібопекарська промисловість входить в число матеріалозатратних галузей, оскільки використовує велику кількість природних, поливних, водних ресурсів та сировини. Кожне з харчових виробництв в певній мірі забруднює навколишнє середовище через викиди ряду шкідливих речовин у атмосферу, утворення твердих відходів і стічних вод. Харчова промисловість посідає 14-те місце поміж галузей та промислових виробництв по рівню створення забруднення.

На підприємствах хлібопекарської промисловості захист навколишнього середовища полягає в ряді заходів по виявленню джерел забруднення і їхнього знешкодження. Хлібопекарські підприємства в перше чергу є забруднювачами атмосфери та водойм.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Теличкун Ю.С	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Голодний А. І	Назва, додаткова назва Охорона довкілля		20-1999.ДП.07.009.ПЗ			
	Документ затверджено Гавва О.М.			Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/7

Екологічне обґрунтування раціональності встановлення нової машини.

Проектом передбачається використання нової машини в лінії виробництва багетів. Впровадження нового апарату не створює негативно впливу на зміну викидів шкідливих речовин та зменшує енерговитрати на одиницю продукції за рахунок зменшення кількості використовуваного обладнання.

Всі наведені переваги безпосередньо зв'язані із станом навколишнього середовища. Наприклад, вироблення електроенергії, що використовує сконструйоване обладнання, на електростанціях також супроводжується викидами у навколишнє середовище шкідливих відходів та газів.

Характеристики викидів на підприємстві.

Викиди підприємств поділяються на неорганізовані та організовані.

Неорганізовані викиди - це викиди пари, газів, пилу і стічних вод, що утворюються як результат нещільностей у трубопроводах, комунікаціях, апаратах, установках, через двері і вікна, найбільше за відкритих процесів завантаження та розвантаження продуктів. Найнебезпечні для атмосфери викиди газоподібних і рідких речовин, що виникають за порушення технологічних процесів.

Організовані викиди - викиди, для яких організовано відвід від місць їхнього утворення: повітропроводи, газоходи тощо.

Викиди в атмосферу харчовим підприємством поділяються на:

- викиди, що супроводжуються виділенням теплоти і енергії;
- викиди з переробки вторинних ресурсів;
- викиди основних технологічних процесів.

У хлібопекарських печах частіше всього використовується природний газ чи енергообігрів.

На хлібозаводі специфічними викидами являється борошняний і цукровий пил, відпрацьовані гази та ті, які відводяться з компресорно-повітряних установок, аерозоль транспорту. Підчас бродіння тіста утворюється діоксид вуглецю. Зараз на більшості заводів, діоксид вуглецю використовують, як вторинний ресурс і направляють в атмосферу.

Щоб контролювати скиди в атмосферу, розроблені спеціальні санітарно-гігієнічні норми. Основною характеристикою домішок в атмосфері є концентрація речовини в одиниці об'єму (мг/м^3) повітря.

У таблиці 10.1. приведено значення гранично допустимої концентрації деяких забруднювачів атмосферного повітря.

Табл.10.1. Значення найбільш характерних забруднювачів атмосферного повітря

Речовина	Клас небезпеки	Гранично – допустимі концентрації, мг/м^3	
		ГДК мр	ГДК сд
NO	2	0,085	0,04
CO	4	5,0	3
SO	3	0,5	0,05
Хлор	2	0,1	0,03
Озон	1	0,16	0,003
Аміак	4	0,2	0,04
Спирт:			
Метиловий	3	1	0,5
Етиловий	4	5	5
Пил:			
Борошняний	4	0,5	0,150
Цукровий	4	0,5	0,5
Бенз – (а) - пірен	1	-	$1 \cdot 10^{-6}$

Характеристика скидів

Стічні води хлібозаводу є складною фізико-хімічною системою. В ній утримуються не лише розчинні частки, а й частки різної дисперсності (від 10^{-3} до 10^{-2} м). Крім зважених часток в ній міститься велика кількість забруднювачів органічного та неорганічного походження.

Стоки хлібозаводу - поживне середовище існування мікроорганізмів активного типу.

Виробничі стоки не мають порушувати роботу каналізаційних мереж, спричиняти корозію чи утворювати осад. Міські каналізаційні системи потребують підготовки стічних вод з заводу. Вони приймають стічні води без механічної та біологічної очистки, але іноді є необхідність видалення жирових речовин.

В таблиці 10.2. приведені дані кількості стічних вод, що утворюються при виготовленні одиниці продукту.

Табл.10.2. Дані про кількість стічних вод, які утворюються на одиницю продукту

Підприємство	Одиниця продукції	Система водопостачання	Середньорічна кількість стічних вод, що спускаються у водойми на од. продукції.		
			Підлягають очищенню		Всього
			виробничі	побутові	
Х/З продуктивністю 126 т/доб.	1 тонна виробів	прямоточна	0,83	0,35	1,18
ЗО	1 тонна вир.	прямоточна	1,89	0,98	2,87
Х/З кондитерським пехом 46 т/доб.	1 тонна виробів	прямоточна	1,7	0,79	2,49
40	1 тонна вир.	прямоточна	1,93	1,21	3,14

Несвоєчасна і неповна переробка вторинних матеріалів та відходів виробництва може привести до їх псування, а найголовніше до негативного впливу на навколишнє середовище.

Висновки до розділу:

Хлібопекарська промисловості не є значним забруднювачем навколишнього середовища. Головними забрудниками на даному

підприємстві є силосо-просіювальне відділення, викиди підчас бродіння тіста та його випікання, паливно-енергетичний комплекс. На всі вище згадані викиди, встановлені граничні значення, які відповідають екологічним нормам України.

Стічні води, підприємства скидаються в міську каналізацію, без очищення. Склад та параметри стічних вод у каналізаційній мережі мають відповідати вимогам складу стічних вод що надходять до каналізаційної мережі.

Розроблена конструкція апарату дозволяє вирішити ряд екологічних проблем: зменшити несприятливі викиди в навколишнє середовище, скоротити витрати електроенергії, більш раціонально використовувати природні ресурси, що разом приведе до поліпшення екологічної ситуації у регіоні.

10. Система керування

Система керування ЗБФА виконується у відповідності із схемами виробництва і передбачає оснащення основного обладнання засобами контролю і автоматизації, які дозволяють найбільш повно задовольнити потреби технології та техніки безпеки, а також збільшити продуктивність праці і забезпечити зручність праці обслуговуючого персоналу.

Вибір і розміщення засобів автоматизації на основі:

- завдання суміжних підрозділів на автоматизацію виробництва;
- даних науково – дослідних і проектних інститутів, досвіду експлуатації подібних установок і системи керування;
- економічної доцільності;
- комплектності поставки;
- оцінки технічного рівня прийнятих проектних рішень в порівнянні з передовими вітчизняними підприємствами.

Рецептура та основні способи приготування тіста

Тісто для батонів особливих готується з борошна, води, солі, дріжджів, цукру, жирів.

Тісто для батонів особливих готуємо безопарним способом. Безопарний спосіб - однофазний, він передбачає внесення при замішуванні тіста всієї кількості борошна, води, солі і дріжджів, призначених для приготування даної порції тіста. Цукор, жири і інші додаткові компоненти також вносяться в тісто. Початкова температура безопарного тісту може бути в межах 28–30°C.

При приготуванні тіста дозування сировини зводиться до вагового способу або вимірювання за обсягом порцій необхідної кількості борошна.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Теличкун Ю.С	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Голодний А. І	Назва, додаткова назва Система управління		220-1999.ДП.07.010.ПЗ			
	Документ затверджено Гавва О.М.			Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/3

Рідкі компоненти для приготування тіста (вода, розчини цукру і солі, рідкі дріжджі, водна суспензія пресованих дріжджів, рідкі або розтоплені тверді жири та їх емульсії) відмірюють за допомогою відповідних дозуючих пристроїв (часто використовують черпачків дозатор). Слід враховувати, що суспензія пресованих дріжджів у воді перед дозуванням повинна бути добре перемішана. Це необхідно для рівномірного розподілу в ній дріжджів. Точність дозування всіх видів сировини, так само як і точне дотримання заданої температури води та інших рідких компонентів, має велике значення в процесі приготування тіста. Тому точність роботи дозуючих пристроїв повинна систематично контролюватися технологічним персоналом підприємства автоматичними датчиками.

На якість хліба впливають технологічні процеси його приготування. Але найбільше – точність проведення замісу тіста та зміни, що відбуваються в ньому при цьому. При замішуванні тіста в процесі вносяться всі основні види сировини - борошно, вода, соль і дріжджі (розчини цукру і жирів), після чого утвориться тісто, однорідне по всій масі.

Замість тіста має, проте, забезпечити надання йому таких властивостей, при яких воно перед направленням на оброблення було б у стані, оптимальному для подальших

Специфікація на прилади і засоби автоматизації

Табл.10.1.

Позиція на схемі	Найменування і технічна характеристика	Тип	Кількість	Примітка
1а, 4а	Ваги. Два тензодатчика по вазі, один датчик швидкості. Уніфікований електричний вихід 0...5 мА. Діапазон вимірювання 0...180т/год.	ВК-201	2	м.Запоріжжя Фірма «Сведа»

2а, 6а, 7а, 9а	Термометр опору. Призначений для виміру температури рідин та газоподібних середовищ.	TCM-1088	4	«Львів- прилад»
3а	Магнітно-індукційний витратомір. Призначений для вимірювання витрати потoku практично всіх рідин, а також суспензій та паст.	SITRANS FM MAG 6000	1	Siemens
5б	Частотний перетворювач, призначений для пуску та регулювання швидкості двигуна, його прискорення, уповільнення, зупинки.	Lanze 8200 SMD	2	ООО «СВ Альтера»
1в, 1д, 3в, 3г, 3ж, 4в, 6в, 7в, 8б, 9в	Пневматичний виконавчий механізм.		6	ПО «Київпром- арматура» м.Київ
КМ1- КМ11	Магнітний пускач.	ПМЕ-211	11	«Електро- технологія» м.Київ
SB1- SB11	Кнопка червона з фіксацією	ZB4-BT4	11	

Завдяки автоматизації процесу виробництва батонів особливих, покращується управління технологічним процесом, стабілізуються технологічні параметри, зменшуються витрати сировини та матеріалів. Автоматизація процесу приготування виробництва батону особливого підвищує загальний рівень культури праці робітників, збільшує точність роботи. Комплексна автоматизація дозволяє проводити централізоване управління виробництвом.

ВИСНОВКИ

Під час виконання кваліфікаційної роботи опрацьовано матеріал про існуючі конструкції обладнання для змішування та оброблення тістових заготовок для батону особливого, встановлено що для його виробництва використовується значна частка ручної праці та відсутні механізовані лінії для його виробництва. можливість визначити роль і вплив інтенсифікації процесу замісу тіста на зміну фізичних, біохімічних і мікробіологічних його процесів, що, в кінцевому підсумку, підтверджується і дослідженнями тристадійної моделі замісу тіста.

Нами розроблена конструкція змішувально-бродильно формувального агрегату, дозволяє виконувати всі операції приготування тіста, формування тістових заготовок, їх розпушення перед випіканням в одному агрегаті без застосування ручної праці з можливістю повної механізації та автоматизації процесу виробництва багетів.

Його впровадження дозволяє скоротити машинно-апаратну схему виробництва, площу, яку займає лінія на виробництві, витрати на експлуатацію обладнання, досягти економії матеріальних та енергоресурсів.

Під час розроблення конструкції змішувально-бродильно формувального агрегату використані сучасні наукові дослідження та інноваційні технічні рішення.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Геличкун Ю.С	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Голодний А. І	Назва, додаткова назва Висновки а	20-1999.ДП.07.000.ПЗ				
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/4	

Список використаних джерел

1. Бетін С.І. Перспективні напрями модернізації машин для замісу тіста, 2 с.
2. О.Б. Пугаченко Особливості хлібопекарного виробництва
3. та їх вплив на склад і облік запасів, Наукові праці КНТУ, Економічні науки, випуск 15, 2009, 317 с.
4. Янаков В.П. Аналіз фундаментальних досліджень у технологічній операції заміс тіста, Праці ТДАТУ, випуск 12, 227 с.
5. Дорик А. Інтенсифікація процесу замішування тіста, IV Всеукраїнська студентська науково - технічна конференція "Природничі та гуманітарні науки. актуальні питання", 13 с.
6. Т. В. Савченко Дослідження особливостей споживання та виробництва хлібобулочних виробів в Україні, Серія: Економіка та підприємництво, 2014 р., № 5, 111 с.
7. Костецька Н. І. Ринок хліба і хлібобулочних виробів України: стан і перспективи розвитку, Галицький економічний вісник, — Т. : ТНТУ, 2015. — Том 48. — № 1. — С. 26-31.
8. Янаков В.П., Івженко О.В. Основні підходи до аналізу тристадійної моделі замісу тіста, Праці ТДАТУ, 187 - 194 с.
9. Замковий Д.В. Технологія виробництва хлібобулочних виробів, 87 с.
- 10.Третяк К.О. Вдосконалення конструкції швидкісного змішувача для замісу тіста, 169 с.
- 11.І.М. Кикина, В.В. Гончарук Енергоефективність замішування тіста, Матеріали VII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів, 106 с.
- 12.О. Хом'як, В. Ворошук Аналіз процесу замішування тіста, Матеріали XVII наукової конференції ТНТУ ім. І. Пулюя. 2013. Том I. Природничі науки та інформаційні технології, 99 с.

13. Кравченко О. І. інтенсифікація процесу та вдосконалення обладнання для замішування дріжджового тіста.
14. Лисовенко А. Т. Технологическое оборудование хлебозаводов и пути его совершенствования: учебник для высш. учеб. заведений: Легкая и пищевая промышленность, 1982. 208 с.
15. Mani K., Eliasson A., Lindahl L. Rheological properties and bread making quality of wheat flour doughs made with different dough mixers: book for university students: Cereal Chem. 1992. 225 p.
16. Wooding A. R., Martin R. J., Wilson A. J. Effect of sulphur-nitrogen treatments on work input requirements for dough mixing on second season: Proc. 44th RACI Cereal Chemistry Conference, F: 1994. 257 p.
17. Pareyt B. Impact of mixing time and sodium stearyl lactylate on gluten polymerization during baking of wheat flour dough: Food Chemistry: 2013. 179 p.
18. Лисовенко О. Т. Технологічне обладнання хлібопекарних і макаронних виробництв. / О. Т. Лисовенко, О. А. Руденко-Грицюк, І. М. Литовченко // – К.: Наукова думка, 2000. – 281 с.
19. Shehzad A. Energetical and rheological approaches of wheat flour dough mixing with a spiral mixer: Journal of Food Engineering: 2012. 70 p.
20. Дробот В. І. Довідник з технології хлібопекарського виробництва: Навч. посіб. — К.: Руслана, 1998. — 416 с.
21. Полтораки М. И., Володарский А. В., Сигал М. Н. Технологическое оборудование предприятий хлебопекарной промышленности: Справочник. – Киев: Урожай, 1989. – 200 с.
22. Ким В. С. Теория и практика экструзии полимеров. – М.: Химия, Колос, 2005. – 568 с., ил.
23. Проектирование экструзионных машин с учетом качества резинотехнических изделий: монография / М. В. Соколов, А. С. Клинков, П. С. Беляев, В. Г. Однолько. – М.: "Издательство Машиностроение-1", 2007. – 292 с.