

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) Навчально-науковий Інженерно-технічний інститут ім.акад. І.С. Гулого

Кафедра Машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв  
«До захисту в ЕК» «До захисту допущено»

Директор інституту(декан факультету)

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Сергій БЛАЖЕНКО  
(підпис) (ім'я та прізвище)

\_\_\_\_\_ Микола ЯКИМЧУК  
(підпис) (ім'я та прізвище)

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

Зі спеціальності \_\_\_\_\_ 133 «Галузеве машинобудування»  
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Обладнання переробних і харчових виробництв

на тему «Розробка агрегату для замішування, бродіння та формування багетоподібних виробів продуктивністю 90 кг/год»

Виконав: здобувач IV курсу, групи 1

Кравченко Сергій Ігорочив

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Керівник Теличкун Володимир Іванович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Консультанти

\_\_\_\_\_ (ім'я та прізвище)

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (ім'я та прізвище)

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (ім'я та прізвище)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Рецензент

\_\_\_\_\_ (ім'я та прізвище)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2025 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 ГАВА**

(власне ім'я і ПРІЗВИЩЕ)

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

## **ЗАВДАННЯ** НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Кравченко Сергій Ігорович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Розробка агрегату для замішування, бродіння та формування багетоподібних виробів продуктивністю 90 кг/год»

керівник роботи Теличкун Володимир Іванович к.т.н. проф \_\_\_\_\_,

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

затвержені наказом закладу вищої освіти від « \_\_\_ » квітня 2025 р. № \_\_\_\_\_

2. Строк подання здобувачем роботи «01» червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи Технічний паспорт обладнання; альбом галузевого обладнання; навчальна та спеціальна література

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): анотація, зміст; вступ; порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі; техніко-економічне, соціальне обґрунтування; характеристика вихідної сировини і готового продукту; опис запропонованого технічного рішення, будова та принцип роботи; вибір конструкційних матеріалів; розрахункова частина; технологічний маршрут виготовлення деталі; вимоги щодо монтажу, експлуатації та ремонту; система управління; заходи щодо охорони праці, екології; висновки; список використаних літературних джерел, специфікація.

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

Загальний вигляд обладнання – 2 аркуші; Складальні одиниці обладнання – 2 аркуші; Технологія машинобудування – 1 аркуш.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультантів	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Технологія машинобудування	Бойко Ю.І. доц. кафедри МАХФВ		

7. Дата видачі завдання: \_\_\_\_\_.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Анотація, зміст</i>	26.04.2025р.	
2	<i>Вступ</i>	20.04.2025р.	
3	<i>Огляд існуючих тістомісильних машин</i>	29.04.2025р.	
4	<i>Техніко-економічна доцільність розроблення змішувально-бродильно-формуального агрегату</i>	30.04.2025р.	
5	<i>Структура та принцип роботи змішувально-бродильно-формуального агрегату</i>	21.04.2025р.	
6	<i>Вибір та обґрунтування конструктивних матеріалів розробленого обладнання</i>	01.05.2025р.	
7	<i>Розрахунок параметрів змішувально-бродильно-формуального агрегату</i>	25.05.2025р.	
8	<i>Монтаж, ремонт та експлуатація змішувально-бродильно-формуального агрегату</i>	27.05.2025р.	
9	<i>Розрахунок процесу виготовлення деталі зубчасте колесо.</i>	19.05.2025р.	
10	<i>Висновки</i>	30.05.2025р.	
11	<i>Список використаної літератури</i>	31.05.2025р.	
12	<i>Графічна частина: 5 аркушів</i>	27.05.2025р.	
13	<i>Подача КР на кафедру</i>	31.05.2025р.	

**Здобувач**

\_\_\_\_\_

( підпис )

**Сергій КРАВЧЕНКО**

(власне ім'я і ПРІЗВИЩЕ)

**Керівник роботи**

\_\_\_\_\_

( підпис )

**Володимир ТЕЛИЧКУН**

(власне ім'я і ПРІЗВИЩЕ)

## АНОТАЦІЯ

Хлібопекарська промисловість є однією з провідних галузей харчової індустрії, яка вирізняється високим ступенем автоматизації виробництва та відіграє важливу роль у своєму сегменті. Продукція підприємств охоплює понад 350 найменувань, серед яких — хлібобулочні вироби, сухарі, булочки, кондитерські вироби та інші смаколики.

Актуальність теми кваліфікаційної роботи зумовлена необхідністю вдосконалення технологічного обладнання у хлібопекарській промисловості з метою підвищення ефективності виробництва та покращення якості готової продукції. В роботі особливу увагу приділено створенню агрегату, який поєднує процеси замішування тіста, його бродіння та формування багетоподібних виробів.

Метою роботи є розробка та обґрунтування ефективної конструкції агрегату, що забезпечує поєднання кількох технологічних операцій у єдиному виробничому циклі. Для досягнення цієї мети поставлено такі завдання: аналіз існуючого обладнання та технологій; розробка принципової схеми агрегату; обґрунтування параметрів його роботи; оцінка ефективності впровадження у виробничі умови.

У пояснювальній записці представлено детальний аналіз устаткування, техніко-економічне обґрунтування, опис структури та принцип функціонування змішувально-бродильно-формуального агрегату для виготовлення багетів з продуктивністю 90 кг/год.

Наведено характеристики монтажу, ремонту та експлуатації, підібрано конструктивні матеріали, розглянуто питання безпеки праці.

Дипломна робота складається з пояснювальної записки обсягом 71 ст. та графічної частини. Графічна частина містить 4 листи формату А1, 4 листів форматом А4, 2 листа форматом А3.

## **ABSTRACT**

The bakery industry is one of the leading sectors of the food industry, which is characterized by a high degree of automation of production and plays an important role in its segment. The products of the enterprises cover more than 350 items, including bakery products, crackers, bagels, confectionery and other delicacies.

The relevance of the topic of the qualification work is due to the need to improve technological equipment in the baking industry in order to increase production efficiency and improve the quality of finished products. The work pays special attention to the creation of an aggregate that combines the processes of kneading dough, its fermentation and forming baguette-shaped products.

The aim of the work is to develop and justify an effective design of the unit, which ensures the combination of several technological operations in a single production cycle. To achieve this goal, the following tasks have been set: analysis of existing equipment and technologies; development of a schematic diagram of the unit; justification of its operating parameters; assessment of the effectiveness of implementation in production conditions.

The explanatory note presents a detailed analysis of the equipment, feasibility study, description of the structure and principle of operation of the mixing-fermentation-molding unit for the production of baguettes with a capacity of 90 kg/h.

The characteristics of installation, repair and operation are given, structural materials are selected, and occupational safety issues are considered.

The thesis consists of an explanatory note of 71 pages. and a graphic part. The graphic part contains 4 sheets of A1 format, 4 sheets of A4 format, 2 sheets of A3 format.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1. Огляд існуючих тістомісильних машин.....	9
1.1. Тістомісильні машини з безперервним замішуванням.....	9
1.2. Машини для формування тіста.....	15
1.3. Способи та стадії процесу замішування тіста.....	17
2. Техніко-економічна доцільність розроблення змішувально-бродильно-формуального агрегату.....	19
3. Структура та принцип роботи змішувально-бродильно-формуального агрегату.....	21
4. Вибір та обґрунтування конструктивних матеріалів розробленого обладнання.....	23
5. Розрахунок параметрів змішувально-бродильно-формуального агрегату.....	25
5.1. Продуктивність змішувально-бродильно-формуального агрегату.....	25
5.2. Геометричні параметри змішувально-бродильно-формуального агрегату.....	28
5.3. Розрахунок місцнічних характеристик змішувально-бродильно-формуального агрегату.....	29
5.4. Розрахунок параметрів шнека.....	30
5.5. Розрахунок приводу змішувально-бродильно-формуального агрегату та підбір мотор-редуктора.....	33
5.6. Розрахунок підшипникового вузла.....	39
5.7. Вибір та перевірка місцнічних характеристик муфти.....	40
6. Монтаж, ремонт та експлуатація змішувально-бродильно-формуального агрегату.....	43

7.	Розрахунок процесу виготовлення деталі зубчасте колесо.....	48
8.	Охорона праці.....	61
	ВИСНОВКИ.....	69
	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	70

## **ВСТУП**

Харчова промисловість є однією з провідних галузей економіки України, яка забезпечує населення життєво необхідними продуктами харчування та відіграє ключову роль у формуванні продовольчої безпеки держави. В умовах економічної нестабільності та глобальних викликів саме розвиток цієї галузі стає пріоритетним напрямом для стабілізації внутрішнього ринку та зміцнення національної економіки.

Сучасні умови виробництва потребують ефективних технічних рішень, які дозволяють зменшити трудомісткість процесів, сприяти раціональному використанню виробничих площ та енергетичних ресурсів, а також зменшити відсоток браку та покращити якість кінцевого продукту. Особливо це актуально для виробництва багетоподібних виробів, технологія яких потребує дотримання технологічних параметрів приготування тіста.

Кваліфікаційна дипломна робота присвячена актуальній темі - розробці агрегату для замішування, бродіння та формування багетоподібних виробів, що є необхідною з наукової та практичної точки зору. Розроблення такого обладнання дозволить інтенсифікувати виробничий процес, скоротити витрати часу і ресурсів, знизити собівартість продукції, а також забезпечити високу якість та однорідність багетоподібних виробів.

## **РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ ТІСТОМІСИЛЬНИХ МАШИН**

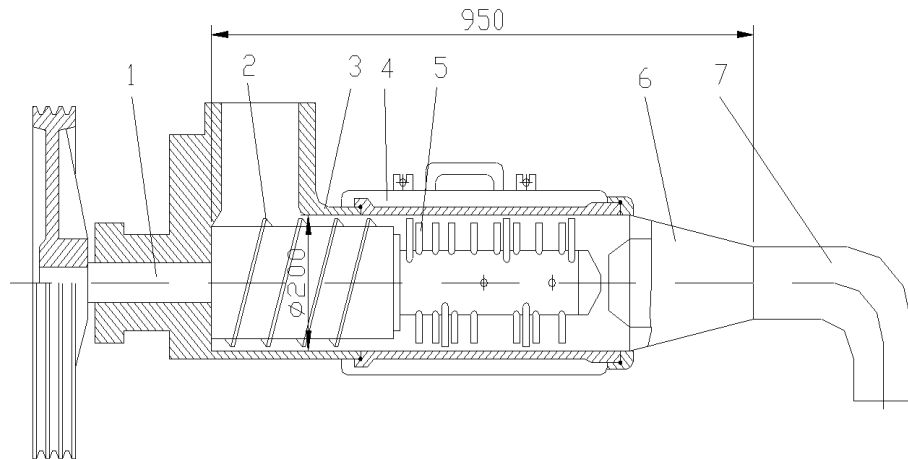
### **1.1. Тістомісильні машини з безперервним замішуванням**

Заміс тіста –один з ключових технологічних процесів, що суттєво впливає на подальшу обробку та кінцеву якість хліба. Під час замішування відбувається з'єднання борошна, води, дріжджів, солі та інших компонентів в однорідну масу з певними властивостями та структурою. Це сприяєз ручності роботи з тістом під час бродіння, формування тавистоювання.

Для замішування хлібного тіста застосовуються різноманітні тістомісильні машини, які впливають на тісто по - різному, залежно від сорту борошна, рецептури та асортименту. З технологічної точки зору, тістомісильні машини повинні мати оптимальну конструкцію для замішування та відповідну швидкість обертання, забезпечуючи інтенсивне замішування за мінімальний час. Робоча швидкість має бути адаптована до конкретного типу матеріалу, з яким працюють.

Машини для безперервного замісу з'явилися в цій галузі відносно нещодавно. В Україні перші такі машини були представлені у 1947 році. Завдяки багатостадійному процесу замішування хлібного тіста, більшість тістомісильних машин оснащені кількома камерами, використовуючи різні види робочих органів. В одній тістомісильній машині можуть бути задіяні робочі органи, що відносяться до різних типів змішувачів. Всі машини характеризуються циліндричними камерами дл язамішування або їх складовими.

**Тістомісильна машина ФТК-1000** (рис. 1.1.1.) Виготовлена в Угорщині. Створена для ретельного замішування тіста з пшениці та жита.



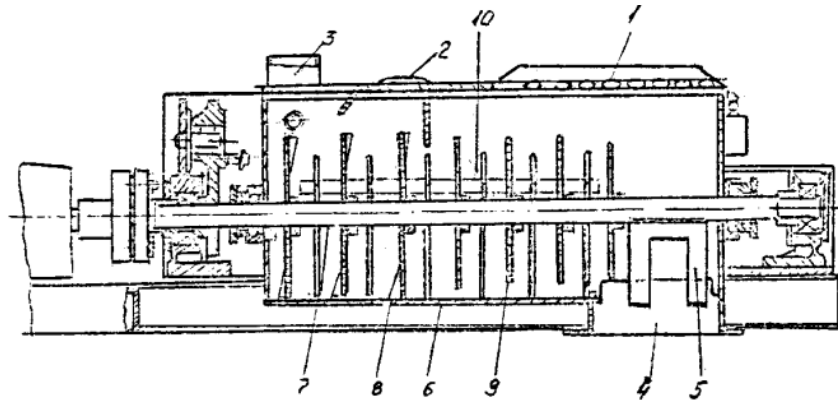
**Рис. 1.1.1. Тістомісильна машина ФТК-1000.**

**1 - головний вал; 2 - шнек; 3 - місильна камера;  
4 - водоохолоджувальний кожух; 5 - місильні лопаті; 6 - конічна насадка; 7 - пластифікуючий патрубок.**

Тістомісильна машина ФТК-1000 обладнана циліндричною камерою 3 з малим діаметром (200мм), яка має водяний охолоджувальний кожух. Внутрішня частина камери обладнана штифтами. Для очищення камера розділяється навпіл за допомогою шарнірного з'єднання. На головному валу 1 встановлено змішувальний шнек та місильна насадка з лопатями 5. Місильна камера завершується конічною насадкою 6, яка переходить у пластифікаційний патрубок 7. За частоти обертання місильного валу 200 об/хв машина здатна переробляти до 1000кг сировини за годину. Машина має компактні розміри, надзвичайно міцна, зручна для контролю, очищення та ремонту.

**Тістомісильна машина А2-ХТТ** (рис. 1.1.2.) сконструйована для замішування опари та тіста в складі безперервно функціонуючих

тістоприготувальних агрегатів. Вона класифікується як одновальна тістомісильна машина з комбінованим робочим органом.



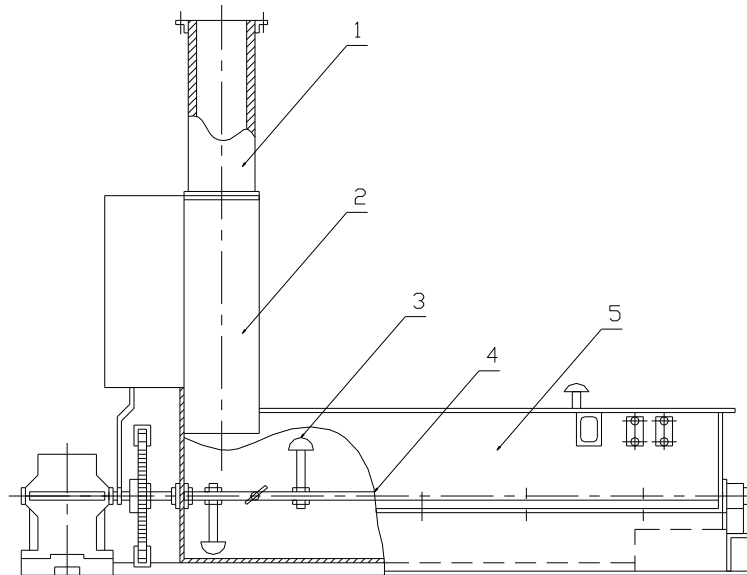
**Рис. 1.1.2. Загальний вигляд блоку замісу тістомісильної машини А2-ХТТ:**

**1 – кришки; 2, 3, 4 – патрубки; 5 – скребок; 6 - місильна ємність;**

**7 – центральний вал; 8 – крильчатки; 9 – диски; 10 – знімний блок.**

Робота тістомісильної машини А2-ХТТ організована так. Борошно потрапляє в живильник, заповнюючи корпус дозатора. Коли рівень борошна знижується, досягаючи датчика мінімуму, автоматично активується шнек. Він транспортує борошно з виробничого силосу доки не досягне датчика максимуму, який зупиняє шнек. Після цього цикл повторюється. Турнікет дозатора, обертаючись безперервно з наповненими борошном кишнями, подає борошно в задню частину тістомісильного блоку. Тут воно змішується з рідкими компонентами за допомогою гвинтових крильчаток, одночасно переміщуючись вздовж центрального валу.

**Тістомісильна машина Х – 12** (рис.1.1.3) належить до тихохідних однокамерних машин. Вона призначена для замішування пшеничного та житнього тіста з продуктивністю до 20 тонн на добу. Ця машина набула широкого поширення завдяки простоті конструкції та легкості в обслуговуванні. Машина складається з напівциліндричної місильної ємності 5, в центрі якої розташовано місильний вал 4 з лопатями 3. Верхню частину ємності закриває відкидна кришка.



**Рис. 1.1.3. Тістомісильна машина X-12.**

**1 - патрубок подачі борошна; 2 - дозатор борошна; 3 - місильні лопаті; 4 - вал; 5 - місильна ємкість.**

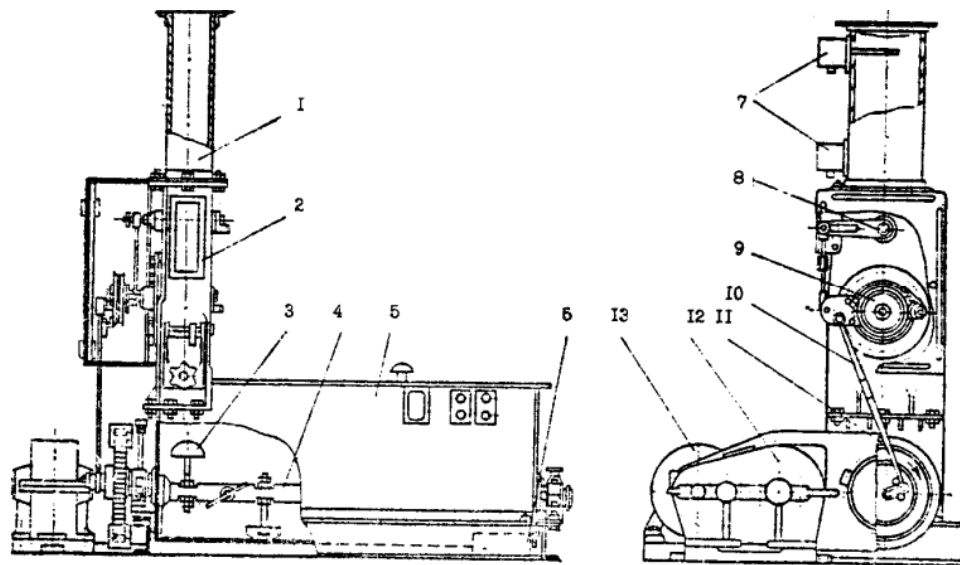
Над живильником розміщено мішалку, що здійснює коливальні рухи через систему важелів. Тісто виходить з машини через трубу 6. Привід машини забезпечується електродвигуном через редуктор 7 та шестерню. На передній панелі є чотири дозатори для рідких складників.

Машина працює таким чином: всі компоненти подаються невеликими порціями від дозаторів безперервно у передню частину корита 5, яке відмежовано порогом. Компоненти змішуються лопатями 3, закріпленими під кутом до осі валу, і пересуваються вздовж корита. У процесі переміщення маса тіста змішується та пластифікується до патрубку вивантаження 6.

Максимальна швидкість обертання валу обмежена 48об/хв, а інтенсивність механічної дії визначається тертям тіста об стінки змішувальної камери. Відтак, неможливо підвищити інтенсивність змішування шляхом збільшення швидкості обертання вала.

**Найбільш досконалою тістомісильною машиною з серії X-12 є модель X-12Д (рис.1.1.4).** Головна її особливість, що відрізняє від машин попередніх серій – заміна не надійних у функціонуванні дозуючих

механізмів на дозувальній станції безперервної дії ВПІХП-0-6, якими машина Х-12Д комплектується. В інших аспектах конструкція Х-12Д, якщо порівнювати з попередньою моделлю, суттєвих змін не зазнала.



**Рис. 1.1.4. Загальний вигляд тістомісильної машини Х-12Д:**

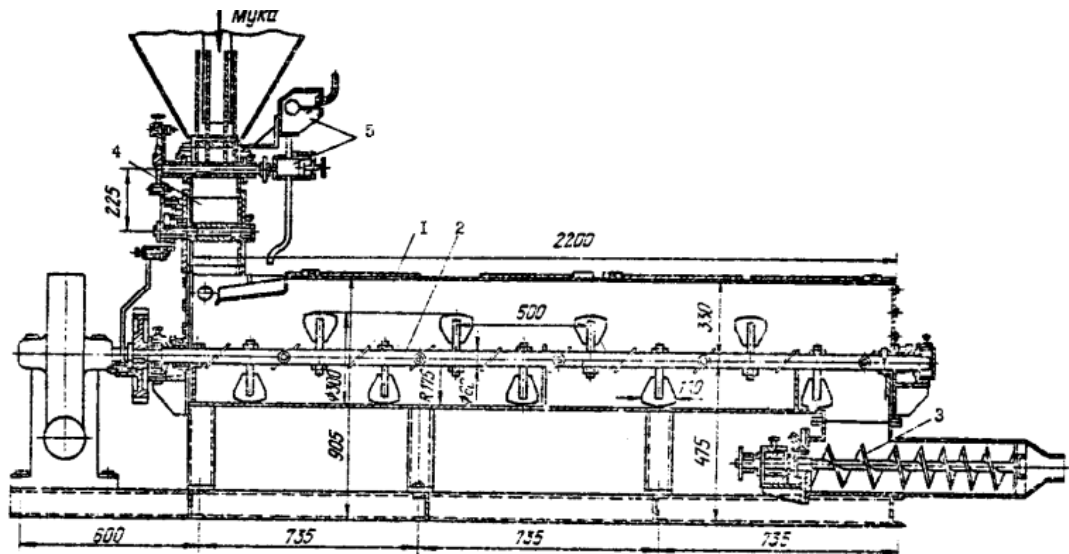
**1 – патрубок; 2 – вікно; 3 – лопаті; 4 – місильний вал; 5 - місильна ємність; 6 – патрубок; 7 – ємнісні датчики рівня; 8 – ворушник; 9 – храповик; 10 – кривошипно-шатунний механізм; 11 – зубчаста передача; 12 – редуктор;**

Машина функціонує наступним чином. Всі складові з дозаторів надходять безперервно у передню частину місткого резервуара, переміщуються лопатями 3, які мають похилу поверхню, і просуваються вперед. У міру руху маси до патрубка 6, вона переміщується та пластифікується.

Очищення машини здійснюється без розбору, що дуже незручно. Недоліками цієї машини є недостатній проміс (пластифікація) тіста, а також відсутність механізмів для регулювання швидкості обертання місильного валу, що впливає на тривалість та інтенсивність замішування.

**Тістомісильна машина ТМН-70 (РМК) (рис. 1.1.5.)** зараховується до тихохідних лопатевих двокамерних агрегатів. По факту, ця машина є суттєво

вдосконаленою та конструктивно укріпленою тістомісильною машиною Х-12Д.

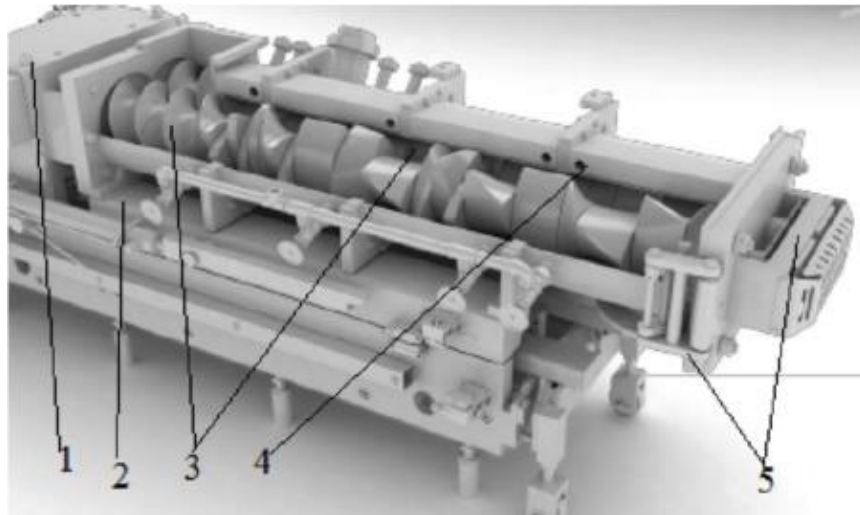


**Рис.1.1.5. Загальний вигляд тістомісильної машини ТМН-70 (РМК):**

**1 – ємність; 2-місильний вал; 3 – шнеконасос; 4, 5 – дозатори.**

Принцип дії тістомісильної машини ТМН-70 (РМК) той самий, як і машини Х-12. Основна її перевага порівняно з останньою полягає в більш потужному приводі і, як наслідок, у найкращій якості замісу тесту на всіх його стадіях, особливо на заключній – пластифікуванні (завдяки також наявності шнеконасоса – пластифікатора).

Тістомісильна машина "ZPMixer" (рис. 1.1.6.) безперервної дії розроблена фірмою "Werner&Pfleiderer". Завдяки гвинтовим робочим органам різної інтенсивності є можливість вимішувати тісто різних видів. Привід машини оснащено регулятором частоти, що дозволяє налаштовувати тривалість вимішування і автоматизувати процес. Усі конструктивні складові зроблені з високоякісної нержавіючої сталі та мають високу зносостійкість. На корпусі машини розташована водяна сорочка, яка дає змогу контролювати температуру тіста.



**Рис.1.1.6. Тістомісильна машина "ZPM Mixer".**

**1 – привід, 2 – рама, 3 – робочі органи, 4 – водяна сорочка, 5 – механізм вивантаження.**

### **1.2. Машини для формування тіста**

Для формування тіста застосовуються різні способи:

- 1) Штампування, використовується для надання тісту потрібної форми, наприклад, для формування заготовок для печива.
- 2) Округлення та розкочування, яке застосовується для обробки батоноподібних тістових заготівок.
- 3) Екструзія, процес видавлювання, наприклад, для виготовлення макаронних виробів.

Використання волого –теплової обробки сировини з екструзій ними методами здатне суттєво збільшити ефективність промислових процесів. Технологія виготовлення їжі з використанням екструзії була розроблена понад 50 років тому і постійно вдосконалюється й до сьогодні.

Екструзійне формування широко застосовується у харчовій промисловості для отримання продуктів, таких як ковбаси, макарони, хлібні палички та соломка. Існують три види екструзії: холодне формування, термічна обробка та низькотискове формування, а також гаряча екструзія.

При холодному формуванні сировина зазнає лише механічних змін внаслідок повільного просування під тиском та формування продукту з заданими конфігураціями.

Вибір складу сировини та зміна умов обробки сприяють розширенню асортименту харчових та технічних продуктів.

Макаронні вироби також можуть бути формовані за допомогою екструзії з 1947 року.

У деяких секторах харчової промисловості екструдери дають змогу об'єднати кілька процесів - змішування, диспергування, кип'ятіння, пластифікацію та формування – водній установці, використовуючи екструзійну технологію.

При високій температурі під час екструзії тиск викликає миттєве випаровування вологи після пресування через матрицю, що усуває необхідність ускладнених операцій сушіння продуктів. Це дає змогу отримати готовий продукт, такий як локшина швидкого приготування з легкою структурою, за мінімальний час. Змінюючи режими роботи екструдера, можна отримати напівфабрикати з унікальними властивостями, які потім використовуються для приготування макаронних виробів.

Метод екструзійного формування має ряд переваг, як – от безперервність процесу на високій швидкості, безвідходна технологія та висока виробнича культура, а також низька собівартість виробництва. У порівнянні з екструзійним формуванням, екструдер забезпечує інтенсивну механічну та високотемпературну обробку сировинних компонентів. Цей метод може застосовуватись як у виробництві модифікованих крохмалів, так і у виробництві різноманітних харчових продуктів з новими властивостями. Використання технології екструзії в харчовій промисловості дозволяє активізувати багато технологічних процесів та створювати нові харчові композиції, які знаходять застосування не тільки у звичайному харчуванні, алей у дитячому та дієтичному. У хлібопекарській промисловості екструдери

є важливим компонентом багатьох тістодільників. Наприклад, тістодільник РМК–60А з поршнеvim нагнітанням призначений для поділу пшеничного тіста із сортового борошна для вироблення виробів різної маси. Крім того, у кондитерській промисловості застосовують валково-шестерні екструдери для виробництва пралінових цукерок та батончиків.

### **1.3. Способи замішування тіста**

Приготування тіста може реалізовуватися однофазним або багатофазним шляхом. У однофазному методі усі складники тіста, відповідно до рецептури, об'єднуються за один етап з загальної кількості борошна та інших компонентів. У багатофазних, здебільшого двофазних, методах спершу готують першу фазу з борошна та дріжджів, після чого до неї додають решту борошна та інші складові за рецептурою та замішують другу фазу - тісто.

Вибір методу приготування тіста залежить від типу та сорту борошна, а також конкретної рецептури виробів. З огляду на біохімічні особливості борошна, пшеничні вироби виготовляють на пресованих або рідких дріжджах, а також на дріжджових молочнокислих заквасках, в той час як житні вироби використовують молочнокислі закваски.

Рецептура тіста розробляється для кожного виду продукту відповідно до стандартизованої нормативної документації. Уніфікований рецепт містить склад сировини та її відсоткове співвідношення на 100кг борошна. Це стандартизована інформація, що передбачена для кожного типу продукції.

У виробничій рецептурі для порційного способу приготування тіста вказується кількість сировини на одну порцію тіста, котра залежить від його місильної здатності. У випадку безперервного способу приготування тіста, у виробничій рецептурі вказується кількість сировини, котра використовується за одну хвилину замішування напівфабрикату.

## 1.4 Способи та стадії процесу замішування тіста

Змішування тіста відбувається безпосередньо у робочій камері машини, тривалість якого може варіюватися від однієї до двадцяти хвилин. Протягом цього періоду компоненти тіста піддаються делікатному перемішуванню та механічній обробці. Саме ці маніпуляції визначають структуру і кінцеву якість тіста, що критично впливає на ефективність процесу бродіння та, в результаті, на властивості готового хліба.

О. Т. Лісовенко запропонував модель, яка поділяє процес замішування тіста на три етапи, що значно спрощує аналіз та дозволяє знаходити оптимальні параметри.

Перша стадія, названа механічним змішуванням, передбачає досягнення рівномірного розподілу складових. Це включає в себе зволоження сухих компонентів, їх розподіл, об'єднання та сорбцію вологи.

Другий етап зосереджується на власне змішуванні, тобто на розчиненні розчинних складових борошна та досягненні однорідного зволоження компонентів. На завершальній третій стадії відбувається пластифікація, яка супроводжується змінами у структурі крохмальних зерен та формуванням клейковинної сітки. Цей етап є надзвичайно важливим, оскільки структурні зміни закладають основу для подальшого, успішного розвитку тіста. На кожній стадії потрібна певна інтенсивність механічної дії, яка може варіюватися в залежності від умов процесу та специфіки рецептури.

## **РОЗДІЛ 2. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ РОЗРОБЛЕННЯ ЗМІШУВАЛЬНО-БРОДИЛЬНО-ФОРМУВАЛЬНОГО АГРЕГАТУ**

У відповідь на стабільний попит на високоякісні хлібобулочні вироби, зокрема багети, питання вдосконалення технологічного процесу їх виготовлення є надзвичайно актуальним. Виробництво такої продукції потребує високої точності під час замісу тіста, його ферментації та формування, що вимагає впровадження сучасного устаткування.

Запропонована розробка змішувально-бродильно-формуючого агрегату дозволяє об'єднати декілька важливих етапів технологічного процесу в єдину, компактну та ефективну систему. Інтегрування функцій замішування, бродіння та формування в одному агрегаті значно скорочує тривалість виробничого циклу, мінімізує людський фактор та зменшує витрати на енергетичні ресурси й обслуговування. Окрім того, використання передових матеріалів, автоматизованих систем керування та сенсорного контролю параметрів забезпечує стабільну якість продукції та можливість швидкої адаптації до змін рецептури або обсягів виробництва.

Соціальна значущість проєкту полягає у поліпшенні умов праці завдяки зменшенню фізичного навантаження, підвищенню культури виробництва, а також у сприянні створенню нових робочих місць, пов'язаних із обслуговуванням та управлінням високотехнологічним обладнанням. До того ж, покращення якості продукції позитивно впливає на споживчі характеристики виробів, що сприяє задоволенню попиту як на внутрішньому ринку, так і в експортному сегменті.

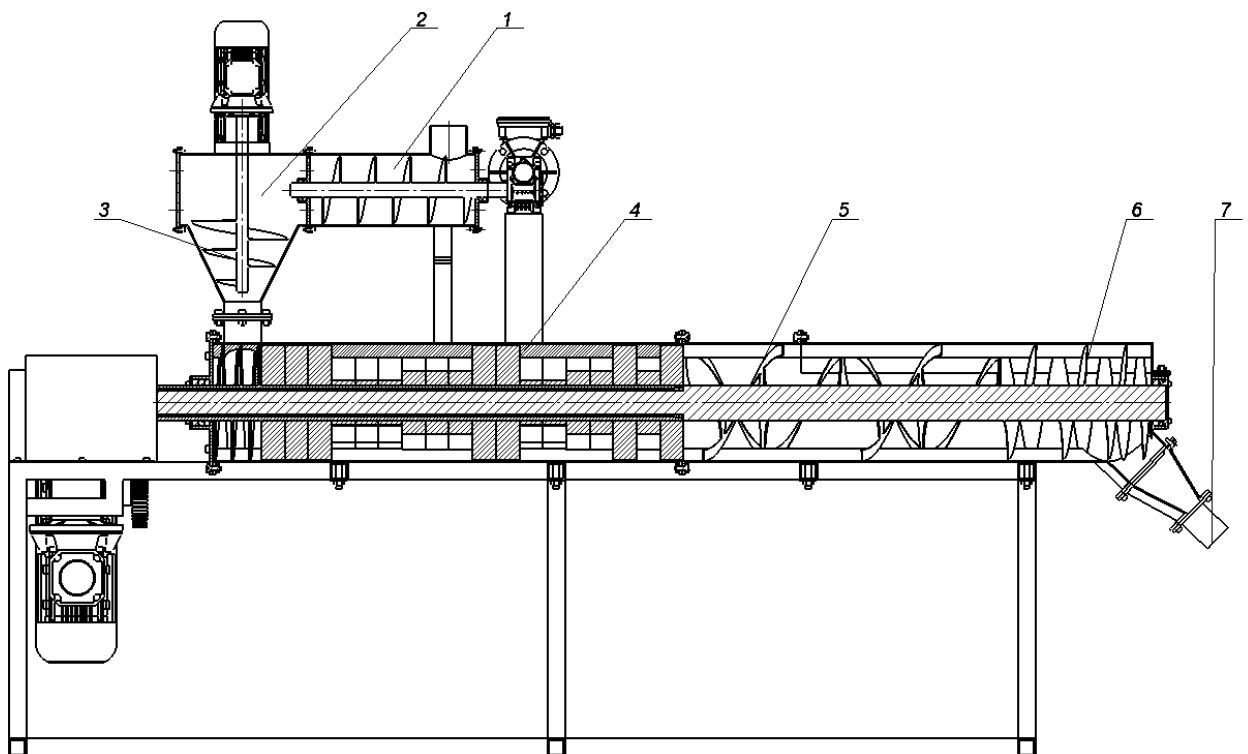
Економічний ефект від впровадження агрегату виявляється у збільшенні рентабельності підприємства, зниженні собівартості продукції та зростанні обсягів виробництва без суттєвого збільшення виробничих площ. Орієнтовний термін окупності капіталовкладень у розробку та впровадження цього агрегату складає близько двох років, що робить інвестицію економічно виправданою.

Отже, розробка мішувально – бродильно - формуючого агрегату для виробництва багетоподібних виробів є обдуманим кроком у напрямку модернізації хлібопекарського виробництва, який поєднує технічну інноваційність, соціальну значущість та економічну ефективність.

### РОЗДІЛ 3. СТРУКТУРА ТА ПРИНЦИП РОБОТИ ЗМІШУВАЛЬНО-БРОДИЛЬНО-ФОРМУВАЛЬНОГО АГРЕГАТУ

Об'єднання замішування, бродіння, формування та розпушування в одній машині сприяє економії обладнання, виробничої площі та часу, адже окремі операції виключаються, а разом з тим скорочуються витрати на сервіс та експлуатацію, що, в свою чергу, веде до зменшення виробничих витрат.

В процесі ферментації тіста у закритій камері екструдера під тиском, вуглекислий газ переходить у розчин. При формуванні на виході з матриці, різке зниження тиску призводить до розширення екструдатів (збільшення розмірів виробів порівняно з розміром формувального каналу). Розпушені вироби безперервно витискаються на піч у вигляді джгута. Паралельно з екструдуванням відбувається механічна обробка виробів-їх нарізка.



**Рис.3.1 Бродильно - формувальний агрегат:**

**1 – камера попереднього замісу; 2 – промжна ємкість; 3 – пристрій подачі тіста; 4 – зона замісу і пластифікації; 5 - зона виброджування; 6 – шнек нагнітання; 7 – Матриця для екструзії готового тіста.**

Принцип дії розробленого бродильно - формувального агрегату (Рис. 3.1): У камеру попереднього замішування 1 надходять усі складники згідно з рецептурою, рідкі інгредієнти дозуються через форсунку, для подачі борошна передбачено патрубков, що розпилює його під дією сили тяжіння та спеціальної конструкції дозатора. Змішування всіх складників відбувається протягом 2 хв (періодичність замісу в камері попереднього замісу становить 2 хв), після чого через сформована тістова маса переміщується до проміжної ємкості 2 після потрапляє до пристрою подачі тіста 3 до зони замішування і пластифікації 4, де за допомогою кулачкового робочого органу, закріпленого на валу із змінним кроком, здійснюється замішування та пластифікація тіста. Після цього процесу тісто потрапляє в зону бродіння 5, де зазнає ферментації для накопичення вуглекислого газу, потрібного для збільшення шматочків тіста перед випіканням. Згодом після бродіння тісто потрапляє під вплив шнека нагнітання 6 та проштовхується через отвори формувальної матриці 7 й екстрадується одразу на під печі у вигляді циліндра. Розширення заготовок тіста відбувається за рахунок вуглекислого газу, який зберігається під час бродіння. Отриманий циліндр готового тіста нарізається на шматки необхідного розміру вже на поду печі.

Робочі органи в зоні замісу та пластифікації, а також робочі органи в зоні виброджування (ферментації) мають окремі приводи, що дає змогу регулювання технологічних параметрів процесу приготування тіста залежно від рецептури.

## **РОЗДІЛ 4. ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ МАТЕРІАЛІВ РОЗРОБЛЕНОГО ОБЛАДНАННЯ**

У сфері харчового машинобудування пред'являються конкретні запити до матеріалів, що використовуються для виробництва машин та установок. Ці матеріали повинні відповідати таким вимогам:

- Бути безпечними для контакту з харчовими продуктами.
- Мати економічну обґрунтованість у виробничому процесі.
- Задовольняти вимоги до надійності та тривалого терміну служби обладнання.

Основні складові змішувально – бродильно - формувального агрегату виготовляються зі сталі. Це суцільно зварені конструкції, що складаються з секційного металевого корпусу з кришкою та вбудованою водяною сорочкою з нержавіючої сталі, а також робочих елементів, таких як кулачки і шнеки з нагнітачем на кінці.

Стінки змішувально – бродильно – формувального агрегату мусять відповідати певним специфікаціям, серед яких: корозійна стійкість, відповідність санітарно – гігієнічним нормам та зручність у зварюванні. Оскільки корпус цього агрегату регулярно проходить санітарну обробку, зокрема промивання агресивними середовищами, для його виробництва використовується корозійно-стійка аустенітна сталь AISI 316L, яка є стандартним матеріалом для таких застосувань у харчовій промисловості. Усі інші деталі, які контактують з тістом (наприклад, гвинти, решітки), теж виготовлені з цієї самої марки сталі.

Деталі, що не стикаються з тістом, виготовляються зі звичайної конструкційної вуглецевої сталі низької якості Ст 5 за для зменшення витрат.

Що до зубчастих коліс, для них потрібна достатня міцність, в'язкість та легкість в обробці, тому ми застосовуємо сталь 40Х13 з подальшою термообробкою, зокрема нормалізацією.

Оскільки кулачки відчують циклічне ударне навантаження вздовж осі, оптимальним вибором є сталь, яка характеризується збільшеною пластичністю. Приміром, марка 25Х13Н2 є слушним рішенням

.Використані матеріали, їхні ДСТУ і ТУ наведені в табл.4.1.

Таблиця 4.1 Перелік матеріалів використаних в обладнанні.

Найменування матеріалу, марка	Найменування деталі	Стандарт
AISI 316L	Корпус ЗБФА.	AISI 316L
X12M	Розподільувач, шнек, решітки.	ГОСТ 1435-74
Сталь 40ХН	Зубчасті колеса.	ГОСТ 1050-88
Ст.5	Обори та рама	ГОСТ 380-94
Ф-4	Кулачки та матриця	ГОСТ 10007-80

## РОЗДІЛ 5. РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ЗМІШУВАЛЬНО-БРОДИЛЬНО-ФОРМУВАЛЬНОГО АГРЕГАТУ

### 5.1. Продуктивність змішувально-бродильно-формуваального агрегату

Для розрахунку продуктивності розробленого бродильно-формуваального агрегату використовується піч, яка відповідає потребам виробництва хлібобулочних виробів, зокрема, для виробництва багетів шириною вогнища 0,6 м. Обрана циклотермічна кондитерська піч польської фірми «Rem-Piek» WSL-8070 має такі параметри:

довжина поду печі, мм;  $L = 12000$ ;

ширина поду печі, мм;  $B = 600$ ;

Додаткові дані для розрахунку продуктивності печі по галетам:

Геометричні розміри:

довжина виробу – 120 мм;

ширина виробу – 50 мм;

висота виробу – 50 мм;

Маса виробу – 0,25 кг

час випікання виробу у печі, хв –  $\tau = 10$  хв = 600 с;

зазор між рядами виробів, мм:

по довжині поду печі –  $a = 5$  мм;

по ширині поду печі –  $b = 20$  мм;

об'ємна маса –  $\rho = 1200$  кг/м<sup>3</sup>



**Рис.5.1.1. Піч польської фірми «Rem-Piek» WSL-8070**

Таблиця 5.1.1 Характеристика печі WSL-8070

поверхня випікання м <sup>2</sup>		7
Габаритні розміри мм	довжина тунелю	12000
	ширина	1300
	макс. висота з трубою	2830
ширина стрічки, мм		600
час випікання хв.	мін.	4
	макс.	15
напруга живлення		3x220/380В;50Гц
макс. температура випікання		280
встановлена потужність КВт		10
маса печі,кг		7000

Кількість виробів в ряді по довжині поду печі:

$$N = \frac{L - a}{l + a} = \frac{12000 - 5}{120 + 5} = 95,96 \text{ (шт)}$$

де: L – довжина поду пекарної камері;

a – відстань між виробами;

l – довжина виробів;

Кількість виробів в ряду по довжині поду печі:

$$n = \frac{B - a}{h + a} = \frac{600 - 5}{50 + 5} = 10,81(\text{шт})$$

де:  $B$  – ширина поду, мм;

$h$  – діаметр виробу, мм;

$a$  – відстань між виробами;

Секундна продуктивність печі, кг/с:

$$P_{\text{сек}} = \frac{N \cdot n \cdot g \cdot 1000}{\tau} = \frac{96 \cdot 11 \cdot 0,250 \cdot 1000}{600} = 0,44 \text{ кг/с};$$

де:  $g$  – маса готового виробу, кг;  $g = 0,250$  кг.

Погодинна продуктивність печі, кг/год:

$$P_{\text{год}} = 3600 \cdot P_{\text{сек}} = 3600 \cdot 0,44 = 1584 \text{ кг/год};$$

Швидкість транспортера, м/с:

$$v = \frac{L}{\tau \cdot 1000} = \frac{12000}{600 \cdot 1000} = 0,02 \text{ м/с};$$

Продуктивність бродильно формувального агрегату відносно продуктивності печі, кг/год:

$$\begin{aligned} P_{\text{м}} &= P_{\text{год}} \cdot k_0 \cdot (100 + y) \cdot 0,01 = 105,6 \cdot 1,1 \cdot (100 + 15) \cdot 0,01 \\ &= 95,43 \text{ кг/год}; \end{aligned}$$

де:  $P_{\text{год}}$  – погодинна продуктивність печі по готовим виробам, кг/год;

$y$  – коефіцієнт упікання, % до готового виробу;  $y = 15$  %;

$k_0$  – коефіцієнт, враховуючий можливі зупинки для регулювання та очищення;  $k_0 = 1,1 \dots 1,2$ ;

Секундна продуктивність бродильно формувального агрегату:

$$P_{\text{с}} = z \cdot \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} s \cdot n \cdot \rho \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3;$$

де:  $k_1$  – коефіцієнт подачі;  $k_1 = 0.2 - 0.5$ ;

$k_2$  – співвідношення загальної площі поверхні лопатей до поверхні гвинтів при однаковому діаметрі та кроці;  $k_2 = 0.15 - 0.2$ ;

$k_3$  – коефіцієнт, що враховує площу перетину, утвореного перетином траєкторій руху лопатей, для дво-вального агрегату –  $k_3 = 0.55 - 0.7$ ;

$n$  – частота обертання валу робочого органу;  $n = 0.75$  об/с;

Продуктивність бродильно-формуального агрегату на секунду в області змішування залежить від геометричних характеристик шнека., кг/с:

$$P_{c1} = 2 \cdot \frac{3,14 \cdot (0,2^2 - 0,06^2)}{4} \cdot 0,0445 \cdot 0,75 \cdot 1360 \cdot 0,5 \cdot 0,15 \cdot 0,55$$
$$= 0,06 \text{ кг/с};$$

Продуктивність бродильно-формуального агрегату на секунду в області пластифікації враховується з урахуванням геометричних параметрів шнека та вимірюється у кілограмах на секунду.

$$P_{c2} = 2 \cdot \frac{3,14 \cdot (0,2^2 - 0,06^2)}{4} \cdot 0,025 \cdot 0,75 \cdot 1360 \cdot 0,5 \cdot 0,15 \cdot 0,55$$
$$= 0,036 \text{ кг/с};$$

Ми оцінюємо годинну продуктивність бродильно-формуального агрегату у зоні пластифікації тіста.

$$P_{БФА} = P_{c2} \cdot 3600 = 0,036 \cdot 3600 = 129 \text{ кг/год};$$

## 5.2. Геометричні параметри змішувально-бродильно-формуального агрегату

Ми визначаємо об'єм зони бродіння, враховуючи значення секундної продуктивності екструдера і час, протягом якого тісто перебуває у бункері.

$$V_{б.е} = \frac{P_{c2} \cdot \tau_{брод.}}{\rho}$$

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

$$V_{б.е} = \frac{0,036 \cdot 3600}{1360} = 0,095 \text{ м}^3;$$

Оскільки об'єм бродильного контейнера розраховується за формулою  $V = 1,6 \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot l$ , встановивши діаметр поперечного перерізу, ми можемо знайти довжину бродильного бункера.

$$l = \frac{V \cdot 4}{1,6 \cdot \pi \cdot (D^2 \cdot 2)} = \frac{0,095 \cdot 4}{1,6 \cdot 3,14 \cdot (0,2^2 \cdot 2)} = 0,95 \text{ м};$$

Ми проводимо розрахунок об'єму приміщення, де відбуваються процеси замішування та пластифікації тіста.

$$V = \frac{П_{с2} \cdot \tau_{заміш.}}{\rho} = \frac{0,036 \cdot 1200}{1360} = 0,0317 \text{ м}^3;$$

$\tau_{заміш.}$  – час замішування тіста;  $\tau_{заміш.} = 20 \text{ хв.} = 1200 \text{ с.}$

Довжину робочої камери можна визначити з формули:

$$L = \frac{4 \cdot V}{2 \cdot \pi \cdot (D^2 - d^2) \cdot \varphi \cdot 0,7}$$

де:  $\varphi$ - коефіцієнт заповнення місильної ємкості;  $\varphi = 0,5 \dots 0,07$ ;

$$L = \frac{4 \cdot 0,0317}{2 \cdot 3,14 \cdot (0,2^2 - 0,06^2) \cdot 0,5 \cdot 0,7} = 1,5 \text{ м};$$

### **5.3. Розрахунок місциничних характеристик змішувально-бродильно-формуального агрегату**

Визначення товщини стінки бродильно-формуального агрегату.

Робочий тиск, Па;  $P = 0,2 \cdot 10^6 \text{ Па};$

Внутрішній діаметр оболонки, м;  $D = 0,2 \text{ м};$

Допустиме напруження AISI 316 стінки апарату:

$$\sigma_p = 515 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

Добавка на корозію до товщини стінки б, м;  $b = 0,002 \text{ м};$

Допустиме напруження стінки на розтяг:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_p}{n};$$

де:  $n$  – коефіцієнт запасу міцності,  $n = 4$ .

$$[\sigma] = \frac{515 \cdot 10^6}{4} = 128,75 \cdot 10^6 \text{ Па};$$

Товщина стінки апарату  $b_{\text{ст}}$ , м:

$$\delta_{\text{ст}} = \frac{P \cdot D}{(2 \cdot \beta \cdot [\sigma]) - P} + \delta;$$

$$\delta_{\text{ст}} = \frac{0,2 \cdot 10^6 \cdot 0,2}{(2 \cdot 0,85 \cdot 128,75 \cdot 10^6) - 0,2 \cdot 10^6} + 0,002 = 2,2 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

Товщина стінки бродильно-формуального агрегата стандартом більшу за розрахункову  $b_1 = 0.002$  м.

#### 5.4. Розрахунок параметрів шнека

Ми здійснюємо розрахунок і розробляємо шнек, враховуючи максимальний тиск у робочій камері.  $P_{\text{MAX}} = 0.2 \cdot 10^6$  Па, коефіцієнт тертя продукту  $f = 0.3$ , об'ємну масу продукту  $\rho = 1360$  кг/м<sup>3</sup>.

Діаметр зовнішній шнеку  $D$  приймається на рівні 220 мм, внутрішній  $d = 89$  мм, а крок шнеку конструктивно приймається на рівні 25. (мм).

Визначаємо кут нахилу гвинтових ліній на зовнішній стороні шнека та біля валу за допомогою наступних формул.

$$\alpha_D = \arctg \left( \frac{H}{\pi \cdot D} \right);$$

$$\alpha_d = \arctg \left( \frac{H}{\pi \cdot d} \right);$$

$$\alpha_D = \arctg \left( \frac{0,025}{3,14 \cdot 0,22} \right) = \arctg 0,0356 = 2,072^\circ;$$

$$\alpha_d = \arctg \left( \frac{0,025}{3,14 \cdot 0,089} \right) = \arctg 0,089 = 5,11^\circ;$$

Обчислюємо середнє значення кута нахилу гвинтових ліній у витку шнеку за допомогою формули.:

$$\alpha_{cp} = \frac{\alpha_D + \alpha_d}{2} = \frac{2,072^\circ + 5,11^\circ}{2} = 3,591^\circ;$$

Допоміжні величини:

$$\cos^2 \alpha_{cp} = \cos^2 3,591^\circ = 0,996,$$

$$\operatorname{tg} \alpha_{cp} = \operatorname{tg} 3,591^\circ = 0,063,$$

$$\sin(2 \cdot \alpha_{cp}) = \sin(2 \cdot 3,591^\circ) = 0,125;$$

Розраховуємо згинальний момент у витку шнека на внутрішньому контурі, тобто поблизу вала, за допомогою відповідної формули:

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

Де:  $a = \frac{D}{d}$  - співвідношення діаметрів шнека і валу;  $a = \frac{0,22}{0,06} = 2,472$ ;

$$\begin{aligned} M_3 &= \frac{0,2 \cdot 10^6 \cdot 0,22^2}{32} \cdot \frac{1,9 - 0,7 \cdot 2,472^{-4} - 1,2 \cdot 2,472^{-2} - 5,2 \cdot \ln 2,472}{1,3 + 0,7 \cdot 2,472^{-2}} \\ &= 646 \text{ Н} \cdot \text{м}; \end{aligned}$$

Витки шнеку будуть виготовлені з матеріалу AISI 316L. Ми можемо прийняти, що для цієї сталі допустиме напруження при згині рівне допустимому напруженню при розтягу, тобто  $125 \times 10^6$  Па. Тоді товщину витка шнеку визначимо за допомогою відповідної формули:

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

$$\delta = \sqrt{\frac{6 \cdot 646}{128,75 \cdot 10^6}} = 0,0055 \text{ м};$$

Приймаємо  $b = 6$  мм

Визначимо крутний момент для робочих витків шнеку за допомогою наступної формули.:

$$M_{кр} = 0,131 \cdot m \cdot (1 - K_o) \cdot P_{max} \cdot (D^3 - d^3) \cdot tg \alpha_{cp}$$

де:  $m$  - кількість максимально навантажених кроків шнека;  $K_o$  - коефіцієнт відставання;

$P_{MAX}$  - максимальний тиск, який шнека,

$\alpha$  - кут підйому гвинтової лінії витків шнеку.

Коефіцієнт відставання часточок матеріалу у поосьовому напрямку:

$$K_o = 1 - (\cos^2 \alpha_{cp} - 0,5 \cdot f \cdot \sin \alpha_{cp})$$

де:  $f$  - коефіцієнт тертя продукту по шнеку.

$$K_o = 1 - (0,996 - 0,5 \cdot 0,3 \cdot 0,125) = 0,023$$

$$\begin{aligned} M_{кр} &= 0,131 \cdot 3 \cdot (1 - 0,023) \cdot 0,2 \cdot 10^6 \cdot (0,22^3 - 0,089^3) \cdot 0,063 \\ &= 195,83 \text{ Н} \cdot \text{м}; \end{aligned}$$

Поосьове зусилля:

$$\begin{aligned} S &= 0,392 \cdot m \cdot (D^2 - d^2) P_{max} = 0,392 \cdot 3 \cdot (0,22^2 - 0,089^2) \cdot 0,2 \cdot 10^6 \\ &= 9520,7 \text{ Н}; \end{aligned}$$

Нормальні і дотичні напруження валу:

$$\sigma_{ст} = \frac{S}{F} = \frac{9520,7}{0,785 \cdot 0,089^2} = 1,531 \text{ МПа};$$

$$\tau = \frac{M_{кр}}{W_p} = \frac{195,83}{0,2 \cdot 0,089^3} = 1,4 \text{ МПа};$$

Еквівалентне напруження:

$$\sigma_{екв} = \sqrt{\sigma_{ст}^2 + 4 \cdot \tau^2} = \sqrt{1,531^2 + 4 \cdot 1,4^2} = 3,191 \text{ МПа};$$

Це напруження залишається в межах допустимого для матеріалу валу шнека (Х12М). Тому, для спрощення конструкції шнеку, можна застосувати

порожній вал замість суцільного. Наприклад, у цьому випадку можна використати трубу.

Нормальні і дотичні напруження порожнього:

$$\sigma_{\text{ст}} = \frac{S}{F} = \frac{9520,7}{0,785 \cdot 0,089^2 \cdot \left(1 - \left(\frac{0,072}{0,089}\right)^4\right)} = 2,797 \text{ МПа};$$

$$\tau = \frac{M_{\text{кр}}}{W_p} = \frac{195,83}{0,2 \cdot 0,089^3 \cdot \left(1 - \left(\frac{0,072}{0,089}\right)^4\right)} = 2,537 \text{ МПа};$$

Еквівалентне напруження:

$$\sigma_{\text{екв}} = \sqrt{\sigma_{\text{ст}}^2 + 4 \cdot \tau^2} = \sqrt{2,797^2 + 4 \cdot 2,537^2} = 5,794 \text{ МПа};$$

Отримане значення напруження більше раніше знайденого, але менше допустимого.

### 5.5. Розрахунок приводу змішувально-бродильно-формуального агрегату та підбір мотор-редуктора

Вихідні дані:

Потужність на шнеку  $N=1,8$  кВт;

Частота обертання шнеку –  $n_{\text{вих}} = 45$  об/хв.;

Термін служби – 4 років;

Число робочих змін за добу – 3.

Давайте проаналізуємо процес змішування, складемо баланс енергії та визначимо частки кожної з робіт у загальному балансі.

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

Де:  $A_1$  - робота, що витрачається на перемішування маси;

$$A_1 = a \cdot b \cdot \pi \cdot \rho_t \cdot n^2 \cdot \sin a \cdot (r_2^2 - r_1^2) \cdot \left[ (1 - k) \cdot \pi^2 \cdot (r_2^2 - r_1^2) + k \cdot \frac{S^2}{2} \right];$$

де:  $a$  – кількість шнеків, шт..

$b$  – ширина шнеків, м.

$r_1$  - відстань від осі обертання до початку шнеку, м.

$r_2$  - відстань від осі обертання до кінця шнеку, м.

$k$  – коефіцієнт подачі тіста для шнеку.

$S$  – крок шнеку, м.

$A_2$  - робота, яка витрачається на переміщення робочих органів;

$$A_2 = \frac{2}{3} \cdot a \cdot b \cdot \delta \cdot \rho \cdot \pi^2 \cdot n^2 \cdot (r_2^3 - r_1^3);$$

де:  $\delta$  – товщина шнеку, м.

$A_3$  - Енергія, яка витрачається на нагрів тіста і металевих деталей машини, що знаходяться в контактi з ним.;

$$A_3 = 124 \cdot a \cdot \mu \cdot n \cdot \left( \frac{(r_2^4 - r_1^4)}{l} + 2 \cdot \frac{r_2^3 \cdot b \cdot \sin a}{f} \right);$$

де:  $\mu$  - динамічна в'язкість тіста, Па·с.

$f$  – зазор між шнеком та стінками місильної камери, м.

$A_4$  - робота, що витрачається на зміну структури тіста;

Отже:

$$A_1 = 2 \cdot 0,0655 \cdot 3,14 \cdot 1360 \cdot 0,75^2 \cdot \sin 45 \cdot (0,11^2 - 0,0445^2) \cdot \left[ (1 - 0,108) \cdot 3,14^2 \cdot (0,11^2 - 0,0445^2) + 0,108 \cdot \frac{0,025^2}{2} \right] = 0,241 \text{ Дж};$$

$$A_2 = \frac{2}{3} \cdot 2 \cdot 0,0655 \cdot 0,006 \cdot 1360 \cdot 3,14^2 \cdot 0,75^2 \cdot (0,11^3 - 0,0445^3) = 0,005 \text{ Дж};$$

$$A_3 = 124 \cdot 2 \cdot 10 \cdot 0,75 \cdot \left( \frac{0,11^4 - 0,0445^4}{0,001} + 2 \cdot \frac{0,11^3 \cdot 0,0655 \cdot \sin 45}{0,001} \right) = 494,352 \text{ Дж};$$

$$A_4 = 0,1 \cdot A_1 = 0,1 \cdot 0,241 = 0,024 \text{ Дж};$$

Розрахунок енергетичного балансу на один оберт шнека:

$$A = 0,241 + 0,005 + 494,352 + 0,024 = 494,622 \text{ Дж/об};$$

Питома робота замісу:

$$A_{\text{пит}} = A \cdot \frac{n \cdot \tau}{m_T} = 494,622 \cdot \frac{0,75 \cdot 1200}{43112} = 10,32 \text{ Дж/г};$$

де:  $m_T$  - маса тіста

$$m_T = V \cdot \rho = 0,0317 \cdot 1360 = 43,112 \text{ кг.}$$

Крутний момент на валу :

$$T_{\text{вих}} = \frac{N_{\text{вих}}}{\omega_{\text{вих}}};$$

де:  $\omega_{\text{вих}}$  – кутова швидкість вихідного валу;

$$\omega_{\text{вих}} = \frac{\pi \cdot n_{\text{вих}}}{30} = \frac{3,14 \cdot 45}{30} = 4,712 \text{ рад/с};$$

Тоді:

$$T_{\text{вих}} = \frac{1800}{4,712} = 382 \text{ Нм};$$

Потужність двигуна:

$$N_{\text{двигуна}} = \frac{N_{\text{вих}}}{\eta_{\text{привода}}} = \frac{1800}{0,73} = 2465,7 \text{ Вт};$$

де:  $\eta_{\text{привода}}$  – коефіцієнт корисної дії приводу.

$$\begin{aligned} \eta_{\text{привода}} &= \eta_{\text{редуктора}} \cdot \eta_{\text{муфти}} \cdot \eta_{\text{зуб}} \cdot \eta_{\text{п.п}} \cdot \eta_{\text{п.п}} = 0,8 \cdot 0,98 \cdot 0,95 \cdot 0,99 \cdot 0,99 \\ &= 0,73; \end{aligned}$$

де:  $\eta_{\text{редуктора}}$  – ККД мотор-редуктора,  $\eta_{\text{редуктора}} = 0,8$ ;

$\eta_{\text{муфти}}$  – ККД муфти,  $\eta_{\text{муфти}} = 0,98$ ;

$\eta_{\text{зуб}}$  – ККД прямозубої циліндричної зубчатої передачі,  $\eta_{\text{зуб}} = 0,95$  ;

$\eta_{\text{п.п.}}$  – ККД пари підшипників,  $\eta_{\text{п.п.}} = 0,99$ ;

Підбираємо мотор-редуктор за характеристиками:  $T_1=382\text{Нм}$ ;  $n=45$  об/хв.  $N_{\text{двигуна}}=3,0\text{кВт}$ .

Обираємо мотор-редуктор NORD SK 672.1-100AP/4, який має наступні характеристики:

потужність двигуна, кВт;	$N_{\text{двигуна}} = 3,0 \text{ кВт};$
частота обертанн вихідного валу, об/хв;	$n_{\text{вих.}} = 45 \text{ об/хв};$
частота обертання валу двигуна, об/хв;	$n_{\text{двигуна}} = 1460 \text{ об/хв};$
вага, кг;	$m = 48 \text{ кг};$
передаточне число;	$i = 32,44.$

$$\frac{T_{\text{пуск}}}{T_{\text{ном}}} = 1,6; \quad \frac{T_{\text{пуск}}}{T_{\text{ном}}} = 2,0;$$

Знаходимо загальне передавальне число привода:

$$u_{\text{заг}} = \frac{n_{\text{двигуна}}}{n_{\text{вих}}} = \frac{1460}{45} = 32,444;$$

Коефіцієнт передачі приводу визначається як результат множення передаточних чисел мотор-редуктора і прямозубої відкритої циліндричної передачі.

Оскільки  $i_{\text{редуктора}} = 32,444$ .

Тоді

$$i_2 = \frac{u_{\text{заг}}}{i_{\text{редуктора}}} = \frac{32,444}{32,444} = 1;$$

Прямозуба передача потрібна для забезпечення сталої кількості обертів дублюючого валу валу.

Розраховуємо потужності на окремих валах машини :

$$N_1 = N_{\text{двигуна}} = 2465,7 \text{ (Вт)};$$

$$N_2 = N_1 \cdot \eta_{\text{редуктора}} = 2465,7 \cdot 0,8 = 1972,6 \text{ (Вт)};$$

$$N_3 = N_2 \cdot \eta_{\text{муфти}} \cdot \eta_{\text{зуб}} \cdot \eta_{\text{п.п}} = 1972,6 \cdot 0,98 \cdot 0,95 \cdot 0,99 = 1818 \text{ (Вт)};$$

$$N_4 = N_3 \cdot \eta_{\text{п.п}} = 1818 \cdot 0,99 = 1800 \text{ (Вт)};$$

Потужність  $N_4 = 1800 \text{ Вт}$  розподіляється одночасно між двома паралельними шнеками.

Розраховуємо частоту обертів паралельних валів машини:

$$n_1 = 1460 \text{ об/хв};$$

$$n_2 = \frac{n_1}{u_{\text{редуктора}}} = \frac{1460}{32,444} = 45 \text{ об/хв};$$

$$n_3 = n_2 = 45 \text{ об/хв};$$

$$n_4 = \frac{n_3}{u_{\text{зуб}}} = \frac{45}{1} = 45 \text{ об/хв};$$

Визначаємо кутові швидкості на паралельних валах машини.

$$\omega_1 = \frac{\pi \cdot n_1}{30} = \frac{3,14 \cdot 1460}{30} = 152,891 \text{ с}^{-1};$$

$$\omega_2 = \frac{\pi \cdot n_2}{30} = \frac{3,14 \cdot 45}{30} = 4,712 \text{ с}^{-1};$$

$$\omega_3 = \frac{\pi \cdot n_3}{30} = \frac{3,14 \cdot 45}{30} = 4,712 \text{ с}^{-1};$$

$$\omega_4 = \frac{\pi \cdot n_4}{30} = \frac{3,14 \cdot 45}{30} = 4,712 \text{ с}^{-1};$$

Знаходимо крутні моменти на паралельних валах привода :

$$T_1 = 9550 \cdot \frac{N_1}{n_1} = 9550 \cdot \frac{2465,7}{1460} = 16,1 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$T_1 = 9550 \cdot \frac{N_2}{n_2} = 9550 \cdot \frac{1932,9}{1460} = 418,6 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$T_1 = 9550 \cdot \frac{N_3}{n_3} = 9550 \cdot \frac{1818}{1460} = 386 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$T_1 = 9550 \cdot \frac{N_4}{n_4} = 9550 \cdot \frac{1800}{1460} = 382 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Вносимо всі отримані відомості у таблицю для зручності подальшого їх використання.

Таблиця 5.5.1 Таблица отриманих значень

№ вала	Потужність N, Вт	Частота обертання n, об/хв	Кутові швидкості, рад/с	Крутний момент T, Н · м	Передаточне число
1	2465,7	1460	152,891	16,1	
2	1972,6	45	4,712	418,6	32,44
3	1818	45	4,712	386	1
4	1800	45	4,712	382	

Визначаємо сумарну кількість годин роботи приводу

Строк служби передачі:

$$t_{\Sigma} = 330 \cdot L \cdot C \cdot 8 \cdot K_{\text{річ}} \cdot K_{\text{доб}} = 330 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 8 \cdot 0,86 \cdot 0,94 = 25610,112 \text{ год};$$

де: 330 – кількість днів роботи в рік; 8 – час зміни;

L-термін служби L= 4роки; C-число робочих змін в добу C=3

$$K_{\text{річ}} = 0,86; K_{\text{доб}} = 0,94;$$

Тривалість навантажень відповідно до гістограми

$$t_1 = 0,27 \cdot t_{\Sigma} = 0,27 \cdot 25610,112 = 6914,73 \text{ год};$$

$$t_2 = 0,5 \cdot t_{\Sigma} = 0,5 \cdot 25610,112 = 12805,056 \text{ год};$$

$$t_3 = 0,23 \cdot t_{\Sigma} = 0,23 \cdot 25610,112 = 5890,326 \text{ год};$$

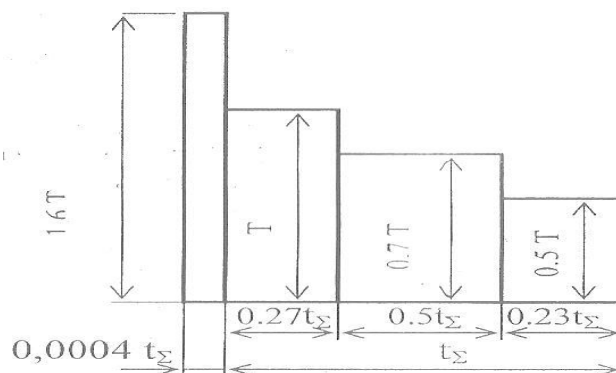


Рис.5.5.1 Графік навантаження приводу машини

## 5.6. Розрахунок підшипникового вузла

Визначення радіально-упорного роликового підшипника здійснюється на основі наступних параметрів: радіальне навантаження, яке діє на підшипник  $F_r = 3157.135 \text{ H}$ ; осьове навантаження, яке діє на вал і передається підшипнику.

$F_{ab} = 9520.7 \text{ H}$ ; частота обертання валу  $n = 45 \text{ об/хв}$ ; посадковий діаметр валу підшипника  $d = 55 \text{ мм}$ ; коеф. обертання кільця  $V = 1$ ; коеф. безпеки  $K_\sigma = 1,2$ ; температурний коеф.  $K_T = 1,05$ ; потрібна довговічність  $L_h \geq 26000 \text{ год}$

Попередньо обираємо підшипник середньої серії 7310 за ГОСТ 333-79, що має наступні характеристики:

динамічна вантажопід'ємність  $C = 96600$  ;

статична вантажопід'ємність  $C_0 = 75900$ ;

кут контакту  $\alpha = 12^\circ$

Компонента осьового навантаження для радіального навантаження на підшипник.

$$F_s = 0,83 \cdot e \cdot F_r = 0,83 \cdot 0,319 \cdot 3157,135 = 835,915 \text{ H};$$

де:  $e = 1.5 \cdot \tan \alpha = 1.5 \cdot \tan 12^\circ = 0.319$

Розрахункове поосьове навантаження

$$F_a = F_s + F_{ab} = 835,915 + 9520,7 = 10356,615 \text{ H};$$

Розраховуємо співвідношення:

$$\frac{F_a}{V \cdot F_r} = \frac{10356,615}{1 \cdot 3157,135} = 3,28 > e = 0,31;$$

Приймаємо коеф. радіальної і поосьової навантажень:

$$X = 0,4 \text{ і } Y = 0,4 \cdot \operatorname{ctg} \alpha = 0,4 \cdot \operatorname{ctg} 12^\circ = 1,882;$$

Еквівалентне динамічне навантаження підшипника

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

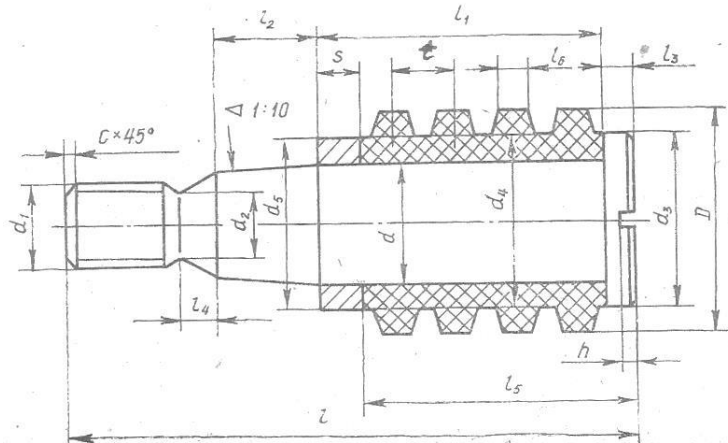


Пальці мають такі геометричні розміри:

$$d = 14\text{мм}; d_1 = M10; d_2 = 7,8\text{мм}; d_3 = 20\text{мм}; l = 66; l_1 = 33\text{мм}; l_2 = 12\text{мм};$$

$$l_3 = 2\text{мм}; l_4 = 4\text{мм}; b = 2\text{мм}; h = 1,5\text{мм}; l_5 = 28\text{мм}; l_6 = 3,5\text{мм}; t = 7\text{мм};$$

$$s = 5\text{мм}; D = 26\text{мм}; d_4 = 20\text{мм}; d_5 = 20\text{мм};$$



**Рис. 5.12.2. Ескіз пальця**

Момент опору для пальця

Для обраної муфти проводимо перевірку на згин для пальців.

$$\sigma_{зг} = \frac{M_{зг}}{Z \cdot W} \leq [\sigma_{зг}]$$

де:

$$M_{зг} = \frac{2 \cdot T}{D_1} \cdot (0,5 \cdot (l_5 - l_3) + s);$$

$l_5 - l_3 = 28 - 2 = 26\text{мм}$  – довжина пальця втулки

$$M_{зг} = \frac{2 \cdot 386000}{130} \cdot (0,5 \cdot 26 + 5) = 106892,31 \text{ Н} \cdot \text{мм};$$

Момент опору в одного пальця:

$$W = \frac{\pi \cdot d_{п}^3}{32} \approx 0,1 \cdot d_{п}^3 = 0,1 \cdot 14^3 = 274,4\text{мм}^3;$$

$Z=8$  -кількість пальців

Для сталі 45 :  $[\sigma_{зг}] = 140\text{МПа}$

$$\sigma_{зг} = \frac{106892,31}{8 \cdot 274,4} = 48,7\text{МПа} < [\sigma_{зг}] = 140\text{МПа};$$

Для обраної муфти проводимо перевірку втулки на зміцнення.

$$\sigma_{зм} = \frac{P}{Z \cdot A_{зм}} \leq [\sigma_{зм}],$$

де:

$[\sigma_{зм}] = 2 \text{ МПа}$  – можливе напруження втулки на зминання

Сила яка діє на втулку:

$$P = \frac{2 \cdot T}{D_1} = \frac{2 \cdot 386000}{140} = 5514,28 \text{ Н};$$

$$A_{зм} = (l_5 - l_3) \cdot d_n = 26 \cdot 14 = 364 \text{ мм}^2;$$

$$\sigma_{зм} = \frac{5514,28}{8 \cdot 364} = 1,8 \text{ МПа} \leq [\sigma_{зм}] = 2 \text{ МПа};$$

## **РОЗДІЛ 6. МОНТАЖ РЕМОНТ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ ЗМІШУВАЛЬНО-БРОДИЛЬНО-ФОРМУВАЛЬНОГО АГРЕГАТУ**

### **Монтаж бродильно-формуваального агрегату**

Виконання етапів монтажу обладнання є визначальним фактором успішної та ефективної діяльності агрегату. Ці процеси відбуваються відповідно до заздалегідь розробленого плану, котрий включає всі необхідні кроки та вимоги. До виконання монтажних робіт допускаються лише особи, які мають відповідні знання матеріальної частини обладнання та пройшли необхідний інструктаж з техніки безпеки. Це потрібно для забезпечення безпеки та уникнення можливих аварій під час монтажу, налагодження, експлуатації та обслуговування обладнання.

Бродильно – формувальний агрегат (БФА) доставляється на монтаж вже зібраним та готовим до встановлення. Процес монтажу розпочинається з проведенням аркувальних робіт для точного позиціонування обладнання. Потім блок кріпиться на підготовлену основу за допомогою анкерних болтів для гарантування надійності фіксації. Наступним кроком є встановлення мотор – редуктора на спеціальну підставку відповідно до проектних вимог. Обов'язково перевіряється напрямок обертання місильних органів.

Після цього машину ненадовго прокручують, а при нормальній роботі проводять обкатку без завантаження тривалістю 2-3 години. Після успішного пробного запуску та виправлення виявлених недоліків можна переходити до повноцінної експлуатації.

### **Експлуатація бродильно-формуваального агрегату**

Правила технічної експлуатації змішувально – бродильно - формуваального агрегату передбачають створення оптимальних умов для його функціонування, що охоплює низку аспектів, як-от відповідність приміщень,

дотримання чистоти, контроль температури та вологості, забезпечення чистоти повітря та інші.

Основні вимоги що до експлуатації бродильно - формувального агрегату включають:

- Підтримання належного стану робочого місця.

- Регулярне очищення та своєчасне і належне змащення обладнання.

- Дотримання допустимих режимів роботи механізмів, включно з силовими, швидкісними, тепловими навантаженнями та іншими параметрами.

- Суворе дотримання правил керування машинами, враховуючи процедури запуску, експлуатації та зупинки.

- Впровадження заходів, передбачених системою планового технічного обслуговування та ремонту обладнання.

На підприємстві відділ головного механіка відповідає за нагляд за технічним станом обладнання. Його завдання – не лише контроль умов експлуатації, а й підготовка пропозицій та технічної документації для вдосконалення обладнання. Інспекційна служба цього відділу має повноваження зупиняти машини та агрегати у разі виявлення незадовільного стану, неправильної експлуатації або порушення графіків планового технічного обслуговування.

Робітник (оператор) повинен розуміти конструкцію та взаємодію основних механізмів машин, а також вміти їх регулювати та проводити невеликий ремонт. Важливо також забезпечувати належний стан робочого місця. Дотримання робітниками правил експлуатації обладнання має вирішальне значення для технічного гостану БФА.

### **Ремонт бродильно-формувального агрегату**

Під час функціонування БФА важливо здійснювати моніторинг стану агрегату. Потрібно контролювати температуру підшипників. У випадку

виникнення сторонніх шумів у робочому механізмі, слід негайно зупинити машину та провести відповідні регулювання. Уразі незначних пошкоджень, котрі не призводять до простою, рекомендовано оперативну заміну пошкодженої деталі.

Ремонт та технічне обслуговування передбачають комплекс заходів, спрямованих на підтримку ефективності та справності обладнання в процесі його експлуатації, зберігання та транспортування. Технічне обслуговування устаткування під час його використання виконується згідно з інструкціями з експлуатації, розробленими виробником. Комплекс робіт з ремонту та обслуговування БФА включає технічний огляд та ремонт при виявленні несправностей. Технічне обслуговування передбачає дотримання правил запуску, експлуатації та вимкнення обладнання, своєчасне змащування окремих вузлів, підтримання відповідної санітарної обробки робочого місця та інше. На кожному робочому місці повинні бути розміщені інструкції з технічного обслуговування агрегату. Обслуговування здійснюють оператори та інші працівники, які безпосередньо працюють з агрегатом. Технічний нагляд здійснюється ремонтним підрозділом, до складу якого входять чергові слюсарі, електрики, мастильники та інші спеціалісти. Під час технічного нагляду виконуються роботи, необхідні для забезпечення нормальної експлуатації обладнання між плановими ремонтами. До таких робіт належать різноманітні операції, спрямовані на забезпечення належної роботи обладнання та його довговічності. Це включає регулювання окремих механізмів, що дозволяє забезпечити їх правильне функціонування, а також підтягування різьбових з'єднань, що необхідно для запобігання їх розхитуванню та поломкам.

Виробничий процес ремонту ВФА охоплює широкий спектр основних технологічних операцій. Сюди входять:

1. Очищення – первинний крок, вході якого устаткування позбавляється від забруднень, пилу, мастил та інших речовин, що накопичилися в процесі експлуатації.

2. Розбирання – процес демонтажу окремих частин та вузлів агрегату, що дає змогу провести детальний огляд і оцінку стану кожної складової.

3. Промивання – ретельне миття окремих деталей для ліквідації залишків забруднень, що не вдалося усунути під час початкового очищення.

4. Контрольно – сортувальні роботи – включають перевірку стану кожної деталі, сортування їх за категоріями (придатні, потребують ремонту, підлягають заміні).

5. Ремонт та відновлення деталей і муфт – здійснюються заходи для усунення виявлених дефектів, відновлення функціональності деталей, що підлягають ремонту.

6. Складання – процес збирання агрегату після ремонту та відновлення його компонентів.

7. Обкатка – це перевірка роботи агрегату без навантаження для виявлення можливих несправностей та забезпечення належного функціонування після ремонту.

Крім основних процесів, виробничий процес ремонту ВФА також містить підготовчі та супутні операції, такі як:

1. Матеріальна і технічна доставка – забезпечення вчасного постачання необхідних матеріалів, запасних частин та технічного обладнання для здійснення ремонту.

2. Забезпечення експлуатації машин та іншого обладнання – заходи для підтримання справності та готовності до використання всього необхідного обладнання, що задіяне в процесі ремонту.

3. Доставка та відправлення відремонтованих об'єктів – організація транспортування агрегатів, що були відремонтовані, до місця їх подальшої експлуатації або зберігання.

#### Основні правила розбирання ЗБФА:

- Розбирається лише той вузол або механізм, який потребує ремонту; повне розбирання виконується лише при капітальному ремонті.
- Перед розбиранням необхідно ознайомитися з технічним паспортом, кінематичною схемою, кресленнями основних деталей і визначити порядок розбирання. Рекомендується попередньо скласти план розбирання за одним із методів: послідовним чи паралельно-послідовним.
- В процесі розбирання проводиться складання відомості дефектів.
- Розбирання агрегату починається зі зняття кожухів, кришок і запобіжних щитків, щоб відкрити доступ до вузла, який підлягає розбиранню.
- Якщо розбираються декілька вузлів, деталі кожного з них складаються окремо. При зніманні громіздких деталей і вузлів необхідно користуватися вантажопідйомними механізмами.
- Для полегшення розбирання сполучень, потрібно використовувати спеціальні пристрої, знімачі, інструменти та спеціальні механізми.

## РОЗДІЛ 7. РОЗРАХУНОК ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ЗУБЧАСТЕ КОЛЕСО

### Розрахунок припусків

Заготовка виготовляється методом лиття. Припуск на обробку торців становить  $3 \cdot 2 = 6$

Отже, заготовка має діаметр  $\varnothing 140$  мм і довжину 50 мм. Розрахунок припуску для загальної литої заготовки проводимо за найточнішим розміром  $\varnothing 40H7$ .

Припуск на чистове розвертання складає:

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

$Rz_3, D_3, Tnp_3^2$  - відповідно, висота мікронерівностей, глибина дефектного шару та сумарне значення просторових відхилень при чистовому розвертання.

$E_{y4}^2$  - похибка встановлення деталі під час нормального розвертання.  $Rz_3=5$  мкм,  $D_3=10$  мкм.

При установці деталі  $Tnp_3 = 100$  мкм,  $E_{y4} = 100$ .

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

$T_3$  - допуск при чорновому розвертанні,  $T_3 = IT8 = 39$  мкм,

$T_4$  - допуск при чистовому розвертанні,  $T_4 = IT7 = 25$  мкм.

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

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

Допуск на грубе розвертання:

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

$Rz_2, D_2, Tnp_2$  - слід зазначити висоту мікронерівностей, глибину дефектного шару і загальне значення просторових відхилень під час грубого розвертання.  $E_{y3}^2$  - помилка встановлення деталі під час грубого розвертання.  $Rz_2=20$  мкм,  $D_2=25$  мкм.

При фіксації деталі в патроні. в  $Tnp_2=100$  мкм,  $E_{y3}^2=100$ .

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 на розточуванні під чистове оброблення,  $T_2 = IT10 = 100$  мкм,

$T_3$  – допуск для стандартного розвертання,  $T_3 = IT8 = 39$  мкм.

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

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

Допуск для чистового розвертання.:

$$2Z_{3min} = 2 \left( Rz_1 + D_1 + \sqrt{Tnp_1^2 + E_{y2}^2} \right)$$

$Rz_1, D_1, Tnp_1^2$  - висота мікронерівностей, глибина дефектного шару та сумарне значення просторових відхилень під час свердління. Помилка установки деталі під час розвертання.  $Rz_1=50$  мкм,  $D_1=50$  мкм.

При фіксації деталі в патроні  $Tnp_1^2=100$  мкм,  $E_{y2}=100$ .

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

$T_1$  - допуск чорновому розточуванні за ,  $T_1 = IT12 = 250$  мкм,

$T_2$  – при допусці розточуванні чистовому  $T_2 = IT10 = 100$  мкм.

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

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

Напуск на чорнове розточування:

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

$Rz_0, D_0, Tnp_0^2$  - висота мікронерівностей, глибина дефектного шару та загальна просторова похибка литої заготовки.

$$Rz_0 = 200 \text{ мкм}; D_0 = 300 \text{ мкм}; T_{\text{про}} = 620 \text{ мм.}$$

$E_{y1}$ - похибка установки під час грубого точіння..

Під час установки деталі в патрон.  $E_{y1}=100 \text{ мкм}$

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

Загальний припуск

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

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

$$K_m = \frac{M_{\text{двт}}}{M_{\text{заг}}} = \frac{12,8}{18,9} = 0,68.$$

**Таблиця 7.1. Технологічний виготовлення маршрут колеса зубчастого**

№	Назва операції, переходу	Технологічне обладнання, оброблюваний, контрольний інструмент
10	Заготівальна	Лиття в земляну форму
10.1	Відлити заготовку	$\varnothing 236 \text{ мм, } L=86 \text{ мм.}$ СЧ 25 ГОСТ 1412-79
20	Токарна (УЗЗ)	Токарно-гвинторізний верстат 16К20, 3-ох кулачковий патрон
20.1	Торцювати пов. (1) $z = 3 \text{ мм.}$	Різець прохідний відігнутий правий, ВК6, $B \times H \times L = 16 \times 25 \times 140 \text{ мм, } a = 8^\circ, \gamma = 10^\circ, \varphi = 45^\circ, \text{ШЦ1}$
20.2	Точити пов. (2) $\varnothing 232_{-1,0}$ начорно	Різець прохідний відігнутий правий, ВК8, $B \times H \times L = 16 \times 25 \times 140 \text{ мм, } a = 8^\circ, \gamma = 10^\circ, \varphi = 45^\circ, \text{ШЦ1}$
20.3	Точити пов. (2) $\varnothing 230h9$ начисто	Різець прохідний відігнутий правий, ВК6, $B \times H \times L = 16 \times 25 \times 140 \text{ мм, } a = 8^\circ, \gamma = 10^\circ, \varphi = 45^\circ, \text{ШЦ1}$
20.4	Розсвердливати отв. $\varnothing 35^{+0,43}$ , пов.(3)	Свердло $\varnothing 30, \text{P6M5}$
20.5	Розточити отв. $\varnothing 38 \text{ мм. пов (3)}$	Різець розточний, ВК6, $B \times H \times L = 16 \times 25 \times 140 \text{ мм, } a = 95^\circ, \gamma = 10^\circ, \varphi = 45^\circ, \text{ШЦ1}$
20.6	Розточити отв. $\varnothing 39,7 \text{ мм. пов (3)}$	Різець розточний, ВК6, $B \times H \times L = 16 \times 25 \times 140 \text{ мм, } a = 95^\circ, \gamma = 10^\circ, \varphi = 45^\circ, \text{ШЦ1}$
20.7	Розвернути отв. $\varnothing 39,93 \text{ мм. пов (3)}$	Чорнова розвертка $\varnothing 39,93, \text{P6M5}$

20.8	Розвернути отв. Ø40H7 пов (3)	Чистова розвертка Ø40H7 , Калібр пробка Ø40H7
20.9	Знятя фаски 2 × 45° пов.(6)	Різець прохідний відігнутий правий, ВК6, $B \times H \times L = 16 \times 25 \times 140\text{мм}$ , $a = 8^\circ$ , $\gamma = 10^\circ$ , $\varphi = 45^\circ$ , ШЦ1
20.10	Знятя 3 фаски 2 × 45°	Різець прохідний відігнутий правий, ВК6, $B \times H \times L = 16 \times 25 \times 140\text{мм}$ , $a = 8^\circ$ , $\gamma = 10^\circ$ , $\varphi = 45^\circ$ , ШЦ1
30	Токарна (УЗЗ)	Токарно-гвинторізний верстат 16К20, 3-ох кулачковий патрон
30.1	Торцювати пов. (1) $z = 3 \text{ мм}$ .	Різець прохідний відігнутий правий, ВК8, $B \times H \times L = 16 \times 25 \times 140\text{мм}$ , $a = 8^\circ$ , $\gamma = 10^\circ$ , $\varphi = 45^\circ$ , ШЦ1
30.2	Знятя 3 фаски 2 × 45°	Різець прохідний відігнутий правий, ВК8, $B \times H \times L = 16 \times 25 \times 140\text{мм}$ , $a = 8^\circ$ , $\gamma = 10^\circ$ , $\varphi = 45^\circ$ , ШЦ1
30.3	Знятя фаски 2 × 45°	Різець прохідний відігнутий правий, ВК8, $B \times H \times L = 16 \times 25 \times 140\text{мм}$ , $a = 8^\circ$ , $\gamma = 10^\circ$ , $\varphi = 45^\circ$ , ШЦ1
40	Протягувальна (УЗЗ)	Горизонтально-протяжний верстат, 7Б510 Оправка
40.1	Протягнути шпонковий паз $b=12\text{мм}$	Протяжка шпоночка, комбінована, з виглажуючим зубом, Р14Ф4; $\gamma = 15^\circ$ , $a_p = 3^\circ$ , $a_k = 2^\circ$ , ГОСТ 9788-68
50	Зубофрезерна (УЗЗ)	5К324А Оправка, упор, прижим
50.1	Фрезерувати зубці $m=5$ , $z=44$	Черв'ячна фреза, $m=5$ , $z=44$ , коротка, ГОСТ 9324-60
60	Мийна	Мийна машина
60.1	Промити деталь	
70	Слюсарна	Верстак
70.1	Зняти задирки і притупити гострі кромки	
80	Контрольна	Стіл контролера

### Розрахунок операцій

#### Токарна операція

Перехід 20.1 Торцювати пов.1.

Загальна глибина різання для даної обробки складається міліметрів. Після порівняння зі значеннями, вказаними в паспорті верстата, обираємо подачу в

діапазоні від 0,6 до 1,2 мм на обертання, але приймаємо значення подачі 1,0 мм на обертання.

Швидкість різання табл.. №20

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

необхідна частота обертів шпинделя верстата

$$n_B = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_3} = \frac{1000 \cdot 113,7}{3,14 \cdot 236} = 153,4 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо найближче менше значення обертів шпинделя верстата, яке становить 125 обертів на хвилину. Дійсна швидкість різання при такій швидкості обертання шпинделя.

$$V_d = \frac{\pi \cdot d_3 \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 236 \cdot 125}{1000} = 92,6 \text{ м/хв.}$$

Розрахункова довжина оброблення для переходу

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

$l_{\text{ДЕТ}}$ - довжина деталі  $l_{\text{ДЕТ}}=56$  мм

$l_1$ - підвід інструменту  $l_1 = 2$  мм

$l_2$ - врізання інструменту  $l_2 = 3$

$l_3$ - перебіг інструменту  $l_3=0$

Час, необхідний для виконання переходу, основний.

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

Допоміжний час, витрачений на виконання переходу.

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

$t_1 = 0,11$ хв – Допоміжний час, який прямо відноситься до переходу для поперечного обточування з установкою різця за опорою.

$t_2 = 0,06 + 0,06 = 0,12$  хв. – Час, витрачений на зміну частоти обертів шпинделя і подачі.

$t_3=0$  хв – зміна різця.

Перехід 20.2 Точити пов.(2) Ø232<sub>-1,0</sub>, чорно.

Приймаємо глибину врізання  $t = \frac{236-232}{2} = 2\text{мм}$ .

Подача табл.. №17  $S=0,6\div 1,2$  мм/об. з Порівнюємо з даними, зазначеними у паспорті верстата, і приймаємо відповідне рішення.  $S_6=1$  мм/об .

Визначаємо швидкість рзання табл.. №20

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

Необхідно визначити оптимальну частоту обертів шпинделя верстата.

$$n_B = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_3} = \frac{1000 \cdot 96,6}{3,14 \cdot 236} = 130,4 \text{ об/хв.}$$

Будемо виходити зі значення ближчої меншої частоти обертів шпинделя верстата, яку встановлено на рівні  $n_B=125$  об/хв. Тоді можемо розрахувати дійсну швидкість різання при цих обертах шпинделя.

$$V_d = \frac{\pi \cdot d_3 \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 236 \cdot 125}{1000} = 92,6 \text{ м/хв.}$$

Розрахункова оброблення довжина для переходу

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

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

$l_1$ - інструменту підвід  $l_1 = 2$ мм

$l_2$ - інструменту врізання  $l_2 = 2$

$l_3$ - інструменту перебіг  $l_3=0$

Час, необхідний для виконання переходу, визначається як основний час.

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

Допоміжний час на виконання переходу

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

$t_1 = 0,11$ хв – Допоміжний час, який прямо пов'язаний з переходом для поперечного обточування з установленням різця по упору.

$t_2 = 0,06 + 0,06 = 0,12$  хв – Допоміжний час на зміну обертів шпинделя і подачі.  $t_3 = 0,7$  хв. – різця заміна.

Перехід 20.3 пов.(2) Ø230h9, Точити начисто.

Приймаємо глибину врізання  $t = \frac{232-232}{2} = 1$ мм.

Подача з таблиці №18:  $S = 0,25$  до  $0,3$  мм/об. Порівнюємо з даними з паспорта верстата і встановлюємо  $S_v = 0,3$  мм/об.

Визначаємо швидкість різання

$$V = \frac{C_v}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,4}} = \frac{292}{60^{0,2} \cdot 1^{0,15} \cdot 0,3^{0,4}} = 163,8 \text{ м/хв.}$$

необхідна частота 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 найближчу меншу частоту обертів шпинделя верстата  $n_B = 200$  об/хв. Дійсна швидкість різання при таких обертах шпинделя буде розрахована відповідно до обраної подачі та діаметра оброблюваної деталі.

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

Довжина оброблення для переходу, що розраховується.

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

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

$l_1$ - підвід інструменту  $l_1 = 2$ мм

$l_2$ - врізання інструменту  $l_2 = 1$

$l_3$ - пербіг інструменту  $l_3=0$

Основний час, що потрібен для виконання переходу.

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

Допоміжний час що потрібен для виконання переходу

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

$t_1 = 0,11$ хв – Допоміжний час, пов'язаний безпосередньо з переходом для поперечного обточування з встановленням різця по упору.

$t_2 = 0,06 + 0,06 = 0,12$  хв – Допоміжний час на зміну частоти обертів шпинделя і подачі.  $t_3 = 0$  хв. – заміна різця.

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

допуск на оброблювання становить  $t = \frac{35-30}{2} = 2,5$ мм.

Вибираємо діапазон подачі.:  $S=0,4\dots 0,5$  мм/об (табл.42)

Приймаємо  $S_B=0,5$  мм/об

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

$$V_c = \frac{55,2 \cdot d_{CB}^{0,5}}{T^{0,125} \cdot t^{0,2} \cdot S^{0,4}} = \frac{55,2 \cdot 35^{0,5}}{70^{0,125} \cdot 2,5^{0,12} \cdot 0,7^{0,4}} = 184,4 \text{ м/хв.}$$

де  $T = 70$  хв. – стійкість свердла (табл. 46).

Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя.:

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

Приймаємо  $n_B=1600$  об/хв.

Реальна швидкість свердління.:

$$V_d = \frac{\pi \cdot d_3 \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 35 \cdot 1600}{1000} = 175,8 \text{ м/хв.}$$

Оціночна довжина обробки.

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

$l_{ДЕТ}$ - глибина різання  $l_{ДЕТ} = 83$ мм

$l_1$ - інструменту підвід  $l_1 = 3$ мм

$l_2, l_3$ - врізання і інструменту перебіг  $l_2+l_3=6$  мм (табл. 48)

Основний час для здійснення переходу. 20.4

$$t_0 = \frac{L_3}{S_B \cdot n_B} = \frac{92}{0,5 \cdot 1600} = 0,12 \text{ хв.}$$

Допоміжний час, необхідний для здійснення переходу. 20.4

$$t_{д1} = 0,08 \text{ (табл. 51)}$$

Перехід 20.5 Розточити о. Ø38 мм. пов. (3)

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

Обираємо діапазон значень подачі.:  $S=0,4\dots0,5 \text{ мм/об}$

Приймаємо  $S_{в}=0,5 \text{ мм/об}$

Визначаємо швидкість різання. табл.. №20

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

Визначаємо необхідну частоту обертання шпинделя верстата.

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

Приймаємо  $n_{в}=1000 \text{ об/хв.}$

Розраховуємо фактичну швидкість різання при такій швидкості обертання шпинделя.

$$V_{д} = \frac{\pi \cdot d_3 \cdot n_{в}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 38 \cdot 1000}{1000} = 119,3 \text{ м/хв.}$$

Розрахункова довжина оброблення для переходу може бути визначена за формулою або методом, що враховує різноманітні параметри та умови обробки.

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

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

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

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

$l_3$ - перебіг інструменту

Головний період часу, необхідний для завершення переходу.

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

Вторинний проміжок часу, що витрачається на завершення переходу.

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

$t_1 = 0,11$ хв – Час, який витрачається на перехідні процеси, пов'язані з поперечним обробленням та налаштуванням різця згідно з вказівками.  $t_2 = 0,06 + 0,06 = 0,12$  хв – Час, необхідний для зміни обертів шпинделя і подачі, складає  $t_3 = 0,7$  хвилини, що включає час на заміну різця.

Перехід 20.6 Розточити отв. Ø39,7 мм. пов. (3)

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

Вибираємо діапазон подачі.:  $S=0,3...0,5$  мм/об, табл.№18

беремо  $S_B=0,5$  мм/об

Визначаємо швидкість різання. табл.. №20

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

Необхідно визначити частоту 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  $n_B=1000$  об/хв.

Швидкість різання при цих обертах шпинделя буде дійсною.

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

Розрахункова довжина оброблення для переходу визначається відповідно до вимог технологічного процесу.

$$L = l_{\text{ДЕТ}} + l_1 + l_2 + l_3 = 83 + 2 + 0,85 = 86,5 \text{ мм.}$$

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

$l_1$ - інструменту пдвід  $l_1 = 2$ мм

$l_2$ - інструменту врізання  $l_2 = 0,85$ мм

$l_3$ - інструменту пеебіг

Основний час, необхідний для завершення переходу, може бути визначений згідно з робочим графіком або планом виробництва.

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

Допоміжний час для завершення 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, що пов'язаний з переходом для поперечного обточування з встановленням різця по упору, охоплює час, витрачений на підготовку обладнання, налаштування різця та інші процеси, необхідні для здійснення цього перехідного кроку виробництва.

$t_2 = 0,06 + 0,06 = 0,12 \text{ хв}$  – Допоміжний час на зміну частоти обертів шпинделя і подачі охоплює період, під час якого виконуються необхідні процедури для налаштування частоти обертання шпинделя та значення подачі перед початком обробки..  $t_3 = 0 \text{ хв.}$  – заміна різця.

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

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

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

обираємо  $S_B=2,0 \text{ мм/об}$

Ми вибираємо емпіричну формулу (критичну) для розрахунку 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 розвертки (табл. 46)

Розрахункова частота обертання шпинделя верстата.:

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

Приймаємо  $n_p=60 \text{ об/хв.}$

Дійсна швидкість оброблення:

$$V_d = \frac{\pi \cdot d_3 \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 39,93 \cdot 60}{1000} = 7,5 \text{ м/хв.}$$

Розрахункова довжина оброблення

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

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

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

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

основний

$$t_0 = \frac{L_3}{n_B \cdot S_B} = \frac{124}{60 \cdot 2,0} = 1,03\text{хв.}$$

Помагальний час

$$t_{д1} = 0,1 \text{ (табл. 51)}$$

Перехід 20.8 Розвернути отв.  $\text{Ø}40\text{H}7$  пов.(3).

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

беремо  $S_B=2,0\text{ мм/об}$

Ми вибираємо емпіричну формулу (критичну) для розрахунку 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 розвертки (табл. 46)

Розрахункова частота крутіння 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  $n_B=60\text{ об/хв.}$

Дійсна швидкість обробки:

$$V_d = \frac{\pi \cdot d_3 \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 40 \cdot 60}{1000} = 7,5 \text{ м/хв.}$$

Розрахункова довжина оброблювання

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

$l_{\text{ДЕТ}}$ - врізання глибина  $l_{\text{ДЕТ}} = 83$

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

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

Загальний час час

$$t_0 = \frac{L_3}{n_B \cdot S_B} = \frac{124}{60 \cdot 2,0} = 1,03_{XB}.$$

## **РОЗДІЛ 8. ОХОРОНА ПРАЦІ**

### **Вступ**

Відповідно до статті 1 Закону України «Про охорону праці», який введено в дію постановою Верховної Ради України № 2695-ХІІ від 14 жовтня 1992 року, з подальшими змінами, охорона праці включає широке коло правових, соціально - економічних, організаційно - технічних, санітарно - гігієнічних та медично - профілактичних заходів та засобів. Її завдання – збереження життя, здоров'я та працездатності людини у процесі трудової діяльності.

Система управління охороною праці (СУОП) виступає важливою складовою загальної системи управління виробництвом. Вона відповідає за контроль показників безпеки та охорони праці, проведення аналізу стану охорони праці, а також за забезпечення прийняття, підготовки та виконання рішень, спрямованих на збереження здоров'я та працездатності працівників під час їхньої праці.

Основні принципи, що лежать в основі функціонування системи управління охороною праці на підприємстві:

- а) Установлення тісного взаємозв'язку між виробничим процесом та забезпеченням безпечних і нешкідливих умов праці.
- б) Дотримання трудової та технологічної дисципліни всіма працівниками підприємства.

Для виявлення можливих загроз та шкідливих факторів, які можуть вплинути на працівників, здійснюється аналіз ключових технологічних процесів та використовуюваного обладнання. Розглянемо, приміром, детальний огляд функціонування обладнання в цеху, де виробляються багетти на підприємстві. Буде розроблена спрощена схема агрегату, на яку нанесуть умовні позначення, що відображатимуть різні компоненти та їхню взаємодію.

У робочій зоні може відбуватися вплив шкідливих та небезпечних виробничих факторів, таких як:

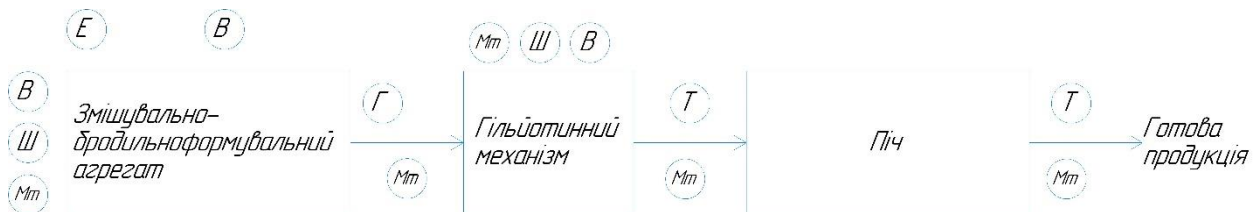
-Зростання температури повітря, яке може виникнути через неправильне використання обладнання чи проблеми з вентиляцією.

-Ймовірність контакту з рухомими частинами електро приводів, якщо захисні засоби відсутні або несправні.

Для гарантування належних умов праці необхідно впровадити такі заходи:

-Гарантувати надійну ізоляцію поверхонь обладнання.

-Забезпечити постачання свіжого повітря шляхом функціонування системи вентиляції.



**Рис.8.1. Небезпечні чинники на лінії виробництва багетів**

Для покращення усвідомлення наявних у цеху шкідливих і небезпечних чинників, було введено символи, які відображають різноманітні аспекти ризику:

- Ш – шум;
- В – вібрація;
- Мт – механічні травми;
- Е – електробезпека;
- Т – виділення тепла.

### Мікроклімат

Для підтримки оптимального мікроклімату та безпеки в виробничих зонах, важливо дотримуватися встановлених стандартів параметрів, до яких відносяться:

- Температура повітря в приміщенні, виміряна в градусах Цельсія (°C);
- Відносна вологість повітря, що визначається у відсотках (%);
- Швидкість руху повітря, що вимірюється в метрах за секунду (м/с);

-Теплове випромінювання, що визначається у ватах на квадратний метр ( $\text{Вт/м}^2$ ), згідно з положеннями ГОСТ 12.1.005-88 "Загальні санітарно-гігієнічні вимогидоповітря робочої зони".

Згідно з вимогами до мікрокліматичних умов у зоні випікання, система вентиляції повинна забезпечувати такі параметри:

-У зимовий період: температура повітря має бути в межах від 17 до 19°C;

- у теплу пору року: температура повітря від 21 до 23°C;

-швидкість повітря від 0,2 до 0,3 м/с.

Таблиця 8.1. Допустимі норми мікроклімату

№ пор.	Професія	Категорія робіт за важкістю	Температура, °C на робочих місцях				Відносна вологість ф, %	Швидкість руху повітря, м/с
			Верхня границя		Нижня границя			
			Постійних	непостійних	постійних	непостійних		
1	Оператор ЗБФА	Па	Холодна пора року				75	до 0,2
			25	26	22	20		
			Тепла пора року					
			26	28	25	22		
2	Оператор	Па	Холодна пора року				60(при 27 °C)	0,1-0,3

### Загазованість

Під час роботи змішувально – бродильно – формуючого агрегату, особливо при формуванні продукції крізь отвори матриці, виділяється певне число двоокису вуглецю. Але його кількість є мінімальною, отже рівень загазованості не переходить допустимих показників.

### Запиленість

У процесі роботи змішувально – бродильно – формуючого агрегату пил не потрапляє у повітря.

### Шум

У виробничому цеху по виробці багетів рівень шуму не перевищує встановлені норми. Вимірювання шуму та вібрації на робочих місцях виконується мінімум раз на рік. Рівень шуму на стаціонарних робочих місцях

та в робочих зонах у виробничих приміщеннях дорівнює 80 децибел.

Таблиця 8.2. Допустимі норми шуму

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

Найліпшим способом контролю за шумом є його зменшення безпосередньо в джерелах виникнення. З цією метою застосовуються такі заходи:

- Заміна ударної взаємодії деталей на без - ударну, якщо це можливо.
- Встановлення звукоізоляції на огорожувальних конструкціях.
- Регулярна, своєчасна заміна підшипників.
- Використання в'язких рідин для змащування деталей, що контактують ударним способом.

### Вібрація

Вібрація може виникати як локально, так і поширюватися на весь об'єкт. Під час функціонування обладнання на виробничих ділянках, виникає вібрація, яка передається на фундамент чи підлогу. Оскільки таке обладнання не потребує постійного керування або безпосереднього контакту з людиною, воно генерує загальну технологічну вібрацію. У нашому випадку ця вібрація виникає від БФА та іншого обладнання.

Рівні вібрації, які впливають на працівників у виробничих умовах, повинні відповідати встановленим нормам. Для постійних робочих місць і зон у виробничих приміщеннях допустимий рівень вібрації становить до 93 дБ, відповідно до Державного стандарту України ГОСТ 12.1.012:2008 "Система стандартів безпеки праці. Вібраційна безпека. Загальні норми".

## Освітлення

На робочих місцях освітлення забезпечується як природним світлом, що надходить у світлу пору доби, так і штучним освітленням у темряві. Природне освітлення здійснюється за допомогою великих вікон, але з часом ефективність природного світла може знижуватися через забруднення скла. Для підтримки оптимального рівня освітлення рекомендується проводити очищення скла не менше двох разів на рік. Крім того, важливу роль у природному освітленні відіграють чистота та колір стін і стелі приміщення.

Штучне освітлення формується за допомогою штучних джерел світла, що поділяються на робоче, аварійне та охоронне. Вибір типу світильників відповідає характеристикам і призначенню приміщень. Розміщення світильників рівномірне по всій площині цеху. Очищення світильників виконує електрик що місяця, а контроль за освітленістю – що найменше раз на три місяці. Увімкнення загальної системи освітлення здійснюється централізовано. Штучне освітлення реалізується люмінесцентними лампами, які розташовуються поблизу робочих місць. Люмінесцентне освітлення цеху становить 200лк.

На території бродильно - формувальної ділянки передбачено аварійне освітлення, яке необхідне для забезпечення безпечного перебування обслуговуючого персоналу в цеху та для організації евакуації людей у разі вимкнення робочого освітлення. Аварійне освітлення є критично важливим для безпеки працівників, оскільки дозволяє уникнути нещасних випадків і паніки в умовах недостатнього освітлення. На світильниках аварійного освітлення нанесено відповідний знак згідно з Правилами улаштування електроустановок (ПУЕ), що дозволяє швидко їх ідентифікувати в разі потреби. Норма аварійного освітлення становить 75 люкс, що забезпечує достатню видимість для безпечного пересування та виконання необхідних дій під час евакуації або аварійної ситуації. Крім того, аварійне освітлення підключено до резервного джерела живлення, що гарантує його роботу

навіть у випадку повного знеструмлення. Це створює додатковий рівень безпеки для всіх працівників дільниці, забезпечуючи стабільне освітлення в екстрених ситуаціях.

Таблиця 8.3. Допустимі норми освітлення

№	Професія	Точність зорової роботи	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Освітленість, лк	
					Комбінована: Газорозрядні лампи.	Загальна: Газорозрядні лампи.
1	Оператор БФА	Малої точності	V	в	400	200/150
2	Оператор гільйотинного механізму	Малої точності	V	в	400	200/150
3	Пекар	Малої точності	V	в	400	200/150

Розташування та безпечна експлуатація технологічного обладнання.

#### Електробезпека

Бродильно – формувальна дільниця, згідно з вимогами "Правил улаштування електроустановок" (ПУЕ), визначена як зона з підвищеною небезпекою через ймовірність ураження електричним струмом та специфіку виробничого середовища.

Для забезпечення належного рівня електробезпеки, необхідно впровадити такі заходи:

- заземлення всіх металевих частин електрообладнання, які не проводять струм;
- швидкісне автоматичне відключення захисту у разі замикання на корпус електродвигунів, що приводять в дію машини, або при їх перевантаженні;
- розділення електричної мережі для забезпечення безпеки;
- встановлення блокувально – попереджувальної сигналізації з

відповідними написами та плакатами;

- використання спеціальних засобів та пристроїв захисту;
- проведення планово – попереджувального ремонту (ППР) та профілактичних випробувань електрообладнання виключно після відключення електроживлення;
- організація відповідних заходів (навчання, інструктажі, атестація персоналу);
- захист від ураження блискавкою, шляхом монтажу блискавковідводів на даху цеху.

### Пожежна безпека

Територія ділянки бродіння та формування, складової частини цеху галетного виробництва, класифікується як категорія "В" за вибухо – пожежною безпекою, що відповідає нормам технологічного проектування згідно з НАПБ Б.03.002-2007. Ця категорія характеризує потенційно небезпечні умови, можливі під час експлуатації цієї ділянки. З огляду на це, першочергово необхідно зосередити увагу на заходах безпеки, наприклад, на правильному зберіганні та обробці матеріалів, регулярних перевірках справності обладнання, дотриманні встановлених норм і правил, а також на проведенні навчань та інструктажів персоналу з питань пожежної безпеки. Крім того, важливо забезпечити наявність та справність пожежної сигналізації, систем пожежогасіння, а також достатню кількість пожежних виходів та евакуаційних шляхів. Систематичний моніторинг стану на ділянці сприятиме своєчасному виявленню та усуненню потенційних небезпек, зменшуючи вірогідність виникнення аварійних ситуацій.

Вогнестійкість будівлі для основних цехів повинна бути не менше III класу згідно з ДБН В 1.1-7-2002. Відповідно до ПУЕ, клас приміщення та зони вибухопожежної небезпеки відносяться до В–Па.З метою своєчасного сповіщення про пожежу, у цеху встановлено автоматичну пожежну сигналізацію з використанням теплових пожежних сповіщувачів АТП-3М.

Для гасіння пожеж у цеху передбачено первинні засоби пожежогасіння, до яких належать пожежні стволи з пожежними рукавами, внутрішні пожежні трубопроводи, вогнегасники, лопати, відра, сухий пісок, азбестові ковдри, а також інструменти для розбирання будівельних конструкцій.

У разі виникнення пожежі або інших надзвичайних обставин на території цеху, обов'язково передбачається наявність мінімум двох шляхів для евакуації персоналу. Виходи з приміщення розташовуються з різних сторін споруди або рознесені по різних секціях. За потреби, одним з шляхів може виступати вікно, обладнане пожежними сходами або драбинами, що ведуть на зовні.

1.Встановлення додаткових бар'єрів безпеки поблизу потенційно небезпечних рухомих частин обладнання.

2.Запровадження технічних засобів для унеможливлення ураження електричним струмом.

3.Впровадження централізованої системи управління та колективного захисту.

4.Забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату в робочому приміщенні.

## ВИСНОВКИ

Даний дипломний проект представляє собою пропозицію заміни морально та фізично зношеного обладнання для замішування та вистоювання тіста на сучасніше, ефективніше та економічно вигідніше.

Запропоноване в роботі обладнання є відповіддю на актуальну проблему, яка існує у сучасній промисловості, а саме – відсутність ефективних конструкцій безперервних змішувально – бродильно – формувальних агрегатів. Впровадження розробленого нами обладнання значно поліпшить виробничий процес. Воно дасть змогу впровадити прискорені методи приготування тіста, які охоплюють заміс, вистоювання та формування що сприятиме організації механізованого потокового виробництва. Це приведе до оптимізації виробничих процесів, зростання продуктивності, зменшення витрат на експлуатацію та електроенергію, зменшення необхідної кількості людської праці а також покращення якості кінцевої продукції. Таким чином, розроблений агрегат є реалізацією інноваційного підходу до виробництва тіста, і стане важливим елементом у процесі оновлення хлібопекарної промисловості.

Впровадження агрегату забезпечує суттєву механізацію та автоматизацію виробничого процесу. Це позитивно впливає на поліпшення кількісних і якісних показників готової продукції, а також зменшення собівартості готових виробів. Завдяки застосуванню розробленого обладнання фізична праця людини замінюється механічною, що підвищує культуру виробництва.

Впровадження подібного обладнання є ключовим завданням хлібопекарської промисловості. Розроблене обладнання вирізняється високим ступенем автоматизації та виготовляється з екологічно чистих матеріалів, що робить його не лише ефективним, а й безпечним для довкілля.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Патент на корисну модель №25943 Україна, МПК А21С11/08, А21С13/00. Бродильно-формуєчий агрегат / В. І. Теличкун, О. О. Чепелюк, С. В. Шкляр, Ю. С. Теличкун, О. О. Губеня ; НУХТ. – Заявл. 27.04.2007; опубл. 27.08.2007, Бюл. № 13.
2. Дробот В. І. Довідник з технології хлібопекарського виробництва : навч. посіб. – К. : Руслана, 1998. – 416 с.
3. Ковбаса В. М., Дорошевич А. М., Хіврич Б. І. Застосування екструзії у виробництві нових харчових продуктів. – Київ : УкрІНТЕІ, 1995. – 64 с.
4. Технологічне обладнання хлібопекарських і макаронних виробництв / за ред. О. Т. Лісовенка. – Київ : Наукова думка, 2000. – 282 с.
5. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з обладнання хлібопекарського, макаронного та кондитерського виробництва для студентів спец. 7.06 всіх форм навчання / уклад. І. М. Литовченко. – Київ: КТІХП, 1992. – 27 с.
6. Башта А. В. Опір матеріалів у розрахунках на міцність, жорсткість і стійкість. – Київ: НУХТ, 2008. – 215 с.
7. ZPM mixer continuous mixing system [Електронний ресурс] / WP Bakery Group, 2018. – Режим доступу: [http://www.wpib.de/fileadmin/downloads/broschueren/wpib/ZPM\\_Kneter-gb.pdf](http://www.wpib.de/fileadmin/downloads/broschueren/wpib/ZPM_Kneter-gb.pdf).
8. Exact mixing by Reading Bakery Systems [Електронний ресурс] / Markel Food Group, 2018. – Режим доступу: <http://www.exactmixing.com/models/mx-continuous-mixer.html>.
9. Camozzi [Електронний ресурс] / Camozzi, 2018. – Режим доступу: <http://catalog.camozzi.ua/#!d01d03s05p01>.

10. Обладнання підприємств переробної та харчової промисловості: підручник / за ред. В. Г. Мирончука. – Вінниця: Нова книга, 2007. – 648 с.
11. Теличкун В. І., Теличкун Ю. С., Губеня О. О., Стефанов С. В., Дамянова С. Т. Технологічне обладнання харчових виробництв : навч. посіб. – Київ : Видавництво «Сталь», 2023. – 634 с.
12. Мирончук В. Г., Орлов Л. О., Пушанко М. М. та ін. Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості: навч. посіб. – Вінниця: Нова книга, 2004. – 288 с.
13. Монтаж та технічний сервіс обладнання. Практикум: навч. посіб. / за ред. В. Г. Мирончука. – Київ: НУХТ, 2017. – 162 с.
14. Заплетніков І. М., Мирончук В. Г., Кудрявцев В. М. Експлуатація і обслуговування технологічного обладнання харчових виробництв : навч. посіб. – Київ: Кафедра; Центр учбової літератури, 2012. – 344 с.
15. Сухенко Ю. Г., Литвиненко О. А., Сухенко В. Ю. Надійність і довговічність устаткування харчових і переробних виробництв: підруч. для студентів ВНЗ. – Київ: НУХТ, 2010. – 547 с.
16. Домарецький В. А., Шиян П. Л., Калакура М. М., Романенко Л. Ф. Загальні технології харчових виробництв: підручник. – Київ: Університет «Україна»; НУХТ, 2010. – 814 с.
17. Берник П. С., Стоцько З. А., Паламарчук І. П., Яськов В. В. Механічні процеси і обладнання переробного та харчового виробництва: навч. посібник. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2004. – 336 с.
18. Рвачов В. В. Технологічне обладнання харчових виробництв. Механічне обладнання: навч. посібник для студентів механічних фахів. – Одеса: Астропринт, 2001. – 320 с.