

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) ННІТІ 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
_____	_____
(підпис)	(підпис)
<u>Сергій Блаженко</u>	<u>Олександр Гавва</u>
(ім'я та прізвище)	(ім'я та прізвище)
« ___ » _____ 2022р.	« ___ » _____ 2022р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

зі спеціальності 133 "Галузеве машинобудування"
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Інжиніринг харчових та біотехнологічних виробництв

на тему: Удосконалення зміщувально-бродильно-формуального агрегату для потреб міні-пекарні у виробництві багетів продуктивністю 100 кг/год

Виконав: здобувач 5 курсу, групи ЗОХ-5-4ск

Сидорак Микола Миколайович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) _____ (підпис)

Керівник Рачок Віталій Вікторович
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) _____ (підпис)

Консультанти Юрій Бойко
(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 - 2022р.

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ
ТЕХНОЛОГІЙ**

Інститут ННІТІ ім. акад. І.С. Гулоґо

Кафедра Машии і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв

Освітній ступінь _____ бакалавр

Спеціальність _____ 133 «Галузеве машинобудування»

(код і назва)

Освітньо-професійна програма Інжиніринг харчових та біотехнологічних виробництв

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Олександр Гавва

“ _____ ” _____ 2022 року

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА**

Сидорак Микола Миколайович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення змішувально-бродильно-формуального агрегату для потреб міні-пекарні у виробництві багетів продуктивністю 100 кг/год

керівник роботи Рачок Віталій Вікторович, доцент, к.т.н.

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

затверджені наказом закл. вищої осв. від “01” листопада 2021 року № 859-кв

2. Строк подання здобувачем роботи 01 лютого 2022 р.

3. Вихідні дані до роботи технічний паспорт обладнання; кресленики обладнання; навчальна нормативна та спеціальна

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) анотація, зміст; вступ, аналітичний огляд існуючих конструкцій обладнання, техніко-економічне обґрунтування, будова та принцип дії модернізованого обладнання, особливості підбору конструкційних матеріалів, розрахункова частина, правила монтажу, ремонту та експлуатації, технологія виготовлення деталі перемичка, Заходи з охорони праці, висновки, список використаної літератури, специфікація

5. Перелік графічного матеріалу

Загальний вигляд ЗБФА, збірне креслення, креслення технологічного процесу виготовлення кулачка.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Технологія машинобудування</i>	<i>Юрій Бойко, доц. кафедри МАХФВ</i>		

7. Дата видачі завдання 01 листопада 2021 р.**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Анотація, зміст</i>	<i>15.11.21</i>	<i>Виконано</i>
2	<i>Вступ</i>	<i>20.11.21</i>	<i>Виконано</i>
3	<i>Аналітичний огляд існуючих конструкцій обладнання</i>	<i>05.12.21</i>	<i>Виконано</i>
4	<i>Техніко – економічне обґрунтування</i>	<i>10.12.21</i>	<i>Виконано</i>
5	<i>будова та принцип дії модернізованого обладнання</i>	<i>20.12.21</i>	<i>Виконано</i>
6	<i>особливості підбору конструкційних матеріалів</i>	<i>25.12.21</i>	<i>Виконано</i>
7	<i>Розрахункова частина</i>	<i>10.01.22</i>	<i>Виконано</i>
8	<i>Технологія виготовлення деталі</i>	<i>15.01.22</i>	<i>Виконано</i>
9	<i>Правила монтажу, ремонту та експлуатації</i>	<i>18.01.22</i>	<i>Виконано</i>
10	<i>Заходи з охорони праці та навколишнього природного середовища</i>	<i>22.01.22</i>	<i>Виконано</i>
11	<i>Висновки</i>	<i>26.01.22</i>	<i>Виконано</i>
12	<i>Список використаної літератури</i>	<i>28.01.22</i>	<i>Виконано</i>
13	<i>Графічна частина: 5 аркушів</i>	<i>28.01.22</i>	<i>Виконано</i>
14	<i>Подача КР на кафедру</i>	<i>01.02.22</i>	<i>Виконано</i>

Здобувач

_____ (підпис)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Микола Сидорак
(ім'я та прізвище)*Віталій Рачок*
(ім'я та прізвище)

Анотація

В хлібопекарній галузі найбільш трудомістке виробництво мають спеціальні сорти хлібних виробів сухарні і бубличні вироби, багети, хлібні палички, соломка та інші. Це пов'язано з більш складною схемою виробництва і недостатнім рівнем її механізації. Тому під час реалізації дипломного проекту ми звернули увагу на механізацію виробництва цих видів хліба, а саме житньо-пшеничного багетів з борошна.

Нами створен машина змішувально-бродильноформуального агрегату (ЗБФА), для виробництва багетів. Цей агрегат дозволяє забезпечити одночасне перемішування компонентів, пластифікацію тіста, його виброджування та формування тістових джгутів на під печі з подальшим його нарізанням на заготовки. Таким чином, установка цього агрегату з ріжучим механізмом дозволяє замінити обладнання для інтенсивного замішування тіста.

В дипломному проекті представлено розділи по охороні праці та технологічний процес деталі «Кулачек».

Ключові слова: тісто, машина, замішування, виброджування, формування.

Annotation

In the bakery industry, the most labor-intensive production have special varieties of bread products, bread and bagels, baguettes, bread sticks, straws and others. This is due to a more complex production scheme and insufficient level of mechanization. Therefore, during the implementation of the diploma project, we paid attention to the mechanization of production of these types of bread, namely rye-wheat baguettes from flour .

We have created a machine of mixing-fermenting-molding aggregate (ZBFA) for the production of baguettes. This unit allows to provide simultaneous mixing of components, plasticization of the dough, its fermentation and formation of dough plaits on under the furnace with its subsequent cutting on preparations. Thus, the installation of this unit with a cutting mechanism allows you to replace the equipment for intensive kneading of the dough.

The diploma project presents sections on labor protection and technological process of the "Fist" part.

Key words: dough, machine, kneading, fermentation, forming.

ЗМІСТ

1. Огляд тістомісильних машин	8
1.1.Тістомісильні машини безперервної дії	8
1.2.Обладнання для формування тіста	18
1.3.Способи приготування тіста	22
1.4.Стадії процесу замішування тіста	23
2. Техніко-соціальне обґрунтування проекту змішувально- бродильноформувального агрегату.....	25
3. Будова та принцип дії агрегату що розробляється	27
4. Підбір конструкційних матеріалів	30
5. Розрахункова частина	32
5.1.Розрахунок продуктивності змішувально-бродильно-формувального агрегату	32
5.2.Розрахунок геометричних параметрів агрегату.....	36
5.3.Розрахунок апарату на міцність	37
5.4.Розрахунок шнека	38
5.5.Підбір мотор-редуктора та кінематичний розрахунок приводу машини.....	41
5.6.Розрахунок відкритої циліндричної прямозубої передачі	43
5.7.Розрахунок підшипників.....	45
5.8. Підбір пневмоциліндрів для формувального механізму	46
5.9.Вибір та перевірочний розрахунок шпонкових з'єднань	47
6. Монтаж, ремонт та експлуатація обладнання.....	54
6.1.Монтаж змішувально-бродильно-формувального агрегату.....	54
6.2.Експлуатація ЗБФА	55
6.3.Ремонт ЗБФА.....	56
6.4. Монтаж, експлуатація	58
7. Розробка технологічного процесу виготовлення кулачка	60
7.1.Вибір деталі та обґрунтування вибору матеріалів	60

7.2.Перевірка деталі «Кулачек» на відповідність умов взаємозамінності, надійності та довговічності.....	61
7.3.Розробка робочого креслення деталі «Кулачек.....	62
8. Охорона праці.....	68
ВИСНОВКИ.....	79
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	80

1.Огляд тістомісильних машин

1.1. Тістомісильні машини безперервної дії

Замішування тіста є однією з важливих технологічних операцій, яка багато в чому визначає подальший хід технологічного процесу та якість хліба. Замішуючи тісто з борошна, води, дріжджів, солі та інших інгредієнтів, отримують однорідну масу зі специфічною структурою та фізичними властивостями, завдяки чому в майбутньому під час бродіння, обробки та витримки тісто добре обробляється.

Для замішування хлібного тіста застосовуються різні типи машин, які залежно від виду борошна, складу рецептури та характеристик асортименту мають різну механічну дію на тісто. З технологічних причин тістомісильні машини повинні мати оптимальну конфігурацію для тіста що вимішує, і частоту його обертань, що забезпечується досить інтенсивна заміс за короткий час. Робоча швидкість повинна регулюватися залежно від виду матеріалу, що обробляється.

Машини для безперервного замішування увійшли в галузь порівняно недавно. У нашій країні перші подібні машини були запропоновані в 1947 році. Завдяки багатоетапному процесу замішування хлібного тіста, більшість тістомісильних машин мають кілька камер, що використовують різні типи місильних тіл. В одній місильній машині використовуються робочі органи, які належать до різних типів змішувальних елементів. Усі машини мають циліндричні замішувальні камери або їх компоненти. Розглянемо кілька конструкцій найпопулярніших машин для безперервного замішування вітчизняного та зарубіжного виробництва.

Тістомісильна машина ФТК-1000 (рис. 1.1.1.)

Створена у Венгрії. Вона призначена для інтенсивного замісу пшеничного і житнього тіста.

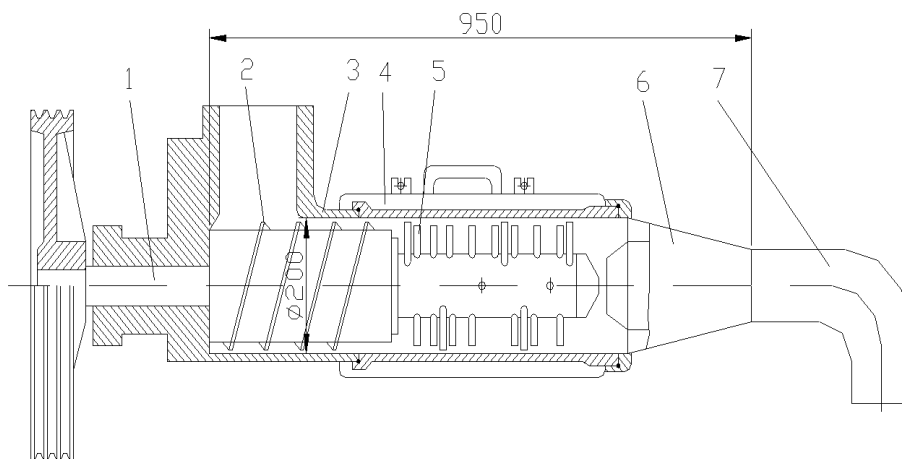


Рис. 1.1.1. Тістомісильна машина ФТК-1000.

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

Тістомісильна машина ФТК-1000 має циліндричну камеру 3 з порівняно не великим діаметром (200 мм), оснащена водоохолоджуючим кожухом. Шпильки прикріплені до внутрішньої поверхні камери. Камера відкривається для очищення на дві половини, повертаючи шарнір. На головному валу 1 закріплені змішувальний шнек і насадка з місильними лопатями 5. Місильна камера закінчується конічною насадкою 6, яка переходить в пластифікуючий патрубок 7. При обертанні місильного вала з частотою 200 об/хв машина забезпечує продуктивність до 1000 кг/год.

Машина компактна, надзвичайно надійна і легко перевіряється, чиститься та ремонтується.

Тістомісильна машина А.А. Хренова. (Рис.1.1.1)

Відноситься до високошвидкісних одновальних замішувальних машин. Призначений для змішування житнього та житньо-пшеничного тіста. В напівциліндричному корпусі 1 по центру розташований вал з трапецієвидними лопатями 2, закріпленими вздовж вала по гвинтовій твірній.

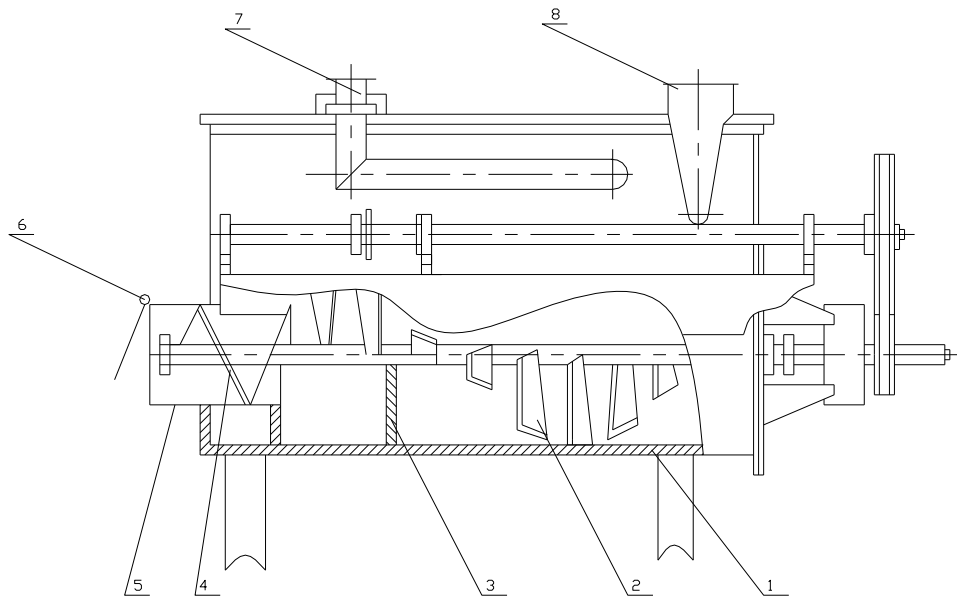


Рис. 1.1.2. Тістомісильна машина “Хренова”

На кінці вала встановлений шнек 4, поміщений в циліндричний патрубок 5, який закінчується шарнірним клапаном 6. В ємності від підтікання рідини встановлена перегородка 3. Для подачі борошна і рідких компонентів служать патрубки 7 і 8. Тісто замішують досить інтенсивно завдяки високій швидкості обертання замішуючих лез. Порівняно невелика площа місильних лопатей дозволяє керувати зарядом на високих швидкостях, не обтяжуючи всю вагу компонентів. У той же час перший етап змішування відбувається швидше і точніше - змішування інгредієнтів, а другий етап, який відбувається з однотипними лезами, дозволяє інтенсивно перемішувати при відносно низьких енерговитратах. Певним недоліком цього агрегату є те, що неможливо самостійно регулювати інтенсивну роботу місильних лопатей на

зонах. Крім того в машині ще не вирішені питання, пов'язані з очисткою робочої камери і шнека від тіста, та інше.

Тістомісильна машина Х-12 (рис. 1.1.3.)

Відноситься до тихохідних однокамерних машин. Призначена для замісу пшеничного і житнього тіста, продуктивність до 20 т/добу. Він широко використовується завдяки простоті його будови та обслуговування. Машина складається з напівциліндричної місильної ємкості 5, в центрі якої розміщений місильний вал 4 з лопатями 3. Зверху корито закривається відкидною кришкою.

Борошно подається в машину через прямокутну трубу 1, оснащену двома ємнісними індикаторами рівня. Борошно дозується обертовим живильником, який приводиться в рух від головного валу кривошипно-шатунним механізмом і клиновим фрикційним храповиком.

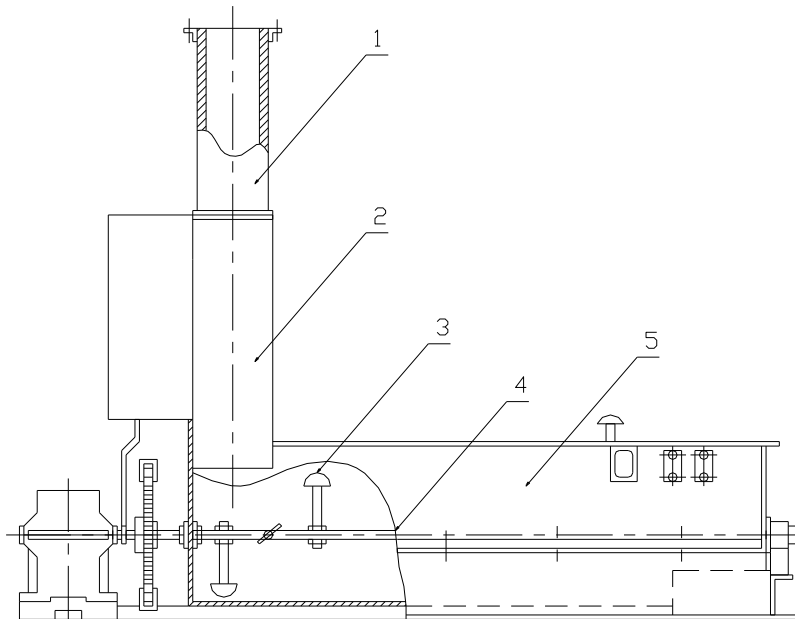


Рис. 1.1.3. Тістомісильна машина Х-12.

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

Над живильником розміщена мішалка, яка здійснює коливальні рухи через систему важелів. Тісто виходить з машини через трубу 6. Машина

приводиться в рух від електродвигуна через редуктор 7 та шестерню. На передній панелі є чотири дозатори рідких компонентів. Машина працює таким чином. Всі компоненти малими дозами від дозаторів подаються безперервно у передню частину корита 5, відділеного порогом, перемішуються лопатями 3 (які закріплені під кутом до осі валу) і переміщуються вздовж корита. По мірі переміщення маси до патрубку вивантаження 6 вона перемішується і пластифікується.

Санітарна обробка машини проводиться без розбирання, що не зручно. Недоліком машини є слабкий вміст тіста, значні коливання у складі через ненадійну роботу дозуючих систем та відсутність пристроїв для регулювання швидкості обертання змішувального валу та тривалості перемішування.

Найвища швидкість перемішування валу обмежена 48 об / хв, а інтенсивність механічної дії - сила, що створюється тертям тіста про стінки змішувальної камери. Тому в цьому випадку неможливо збільшити інтенсивність суміші за рахунок збільшення швидкості обертання вала. Отже, для поліпшення суміші можна подовжити місильне тіло і збільшити кількість лопатей. Крім того, за рахунок зменшення робочої площі місильних лопатей або встановлення гальмових лопатей на стінках місильної канавки, можна збільшити швидкість обертання місильного вала та інтенсивність перемішування.

Тістомісильна машина И8-ХТА-12/1 (Рис. 1.1.4).

Являє собою однокамерну двовальну тихохідну машину з Т-образними лопатями 5, розміщеними на паралельних валах 3 так, що лопаті одного вала проходять поміж лопатей іншого. Робоча камера закривається кришкою 4.

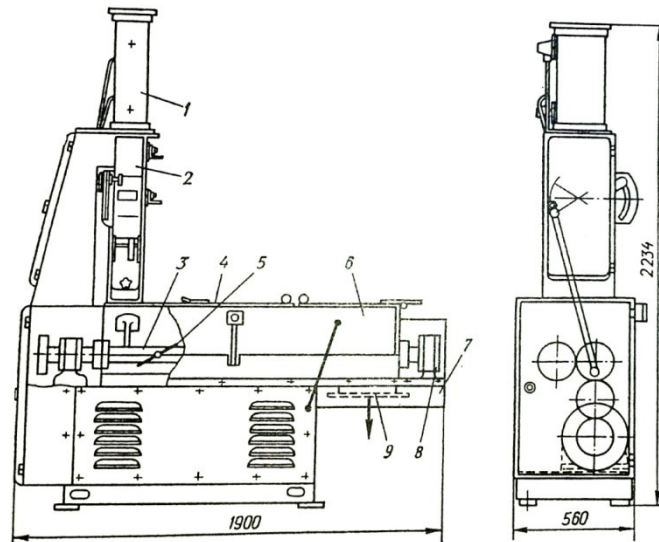


Рис. 1.1.4 Тістомісильна машина И8-ХТА-12/1

1 - борошняний патрубок; 2 - дозатор борошна; 3 - місильні вали; 4 - кришка робочої камери; 5 - місильна лопать; 6 - робоча камера; 7 - станина; 8 - підшипник; 9 - розвантажувальний патрубок.

Борошно надходить у машину через трубу 1 і роторний дозатор 2. Його подача регулюється храповим пристроєм. Замішене тісто виходить через трубу 9. Машина оснащена двошвидкісним приводом або варіатором швидкості, за допомогою якого можна змінювати швидкість перемішування ваїів. Принцип роботи машини повторює застарілі рішення, оскільки головний принцип не зберігається - підтримка різних (раціональних) частот тривалості та інтенсивності перемішування на різних стадіях процесу. Машина не пристосована для автоматичного управління та регулювання процесу.

Тістомісильна машина ТОПОС (Рис.1.1.5)

Двовальний верстат зі спіральними замішуючими лопатями, розміщеними в закритій камері. Призначений для замішування пшеничного тіста продуктивністю 25 тонн продуктів на добу.

Машина складається із закритої замішувальної камери, складеної з'єднаними роликками з двома геометричними кришками, встановленими на шарнірах камери шляхом розміщення двох паралельних роликів зі

спіральними лопатями. Патрубок має оглядове вікно Для візуального контролю надходження борошна. Рідкі компоненти подаються в місильну камеру за спеціальною трубою. На випускному вікні встановлені два закріплені на гвинті заслінки для регулювання ступеня наповнення камери тістом. Готове тісто виходить з камери у вигляді шару на конвеєрі. Місильна камера встановлена на рамі, на якій встановлений привід з панеллю управління. Принцип роботи машини складається в наступному . Борошно та рідкі інгредієнти подаються у камеру. Вимішування відбувається в горизонтальній камері з двома спіральними лопатями, які рухаються назустріч один одному. Борошно подається в машину з періодично працюючого зважувального пристрою через прозору пластикову втулку, яка підключена до труби. Усі рідкі інгредієнти дозуються ротаційними насосами, змішуються зі спеціально підготовленою водою і подаються в машину через спеціальну трубку. Замішене тісто виходить з машини через отвір, який має спеціальні клапани, що регулюють наповнення замішувальної камери та час перемішування.

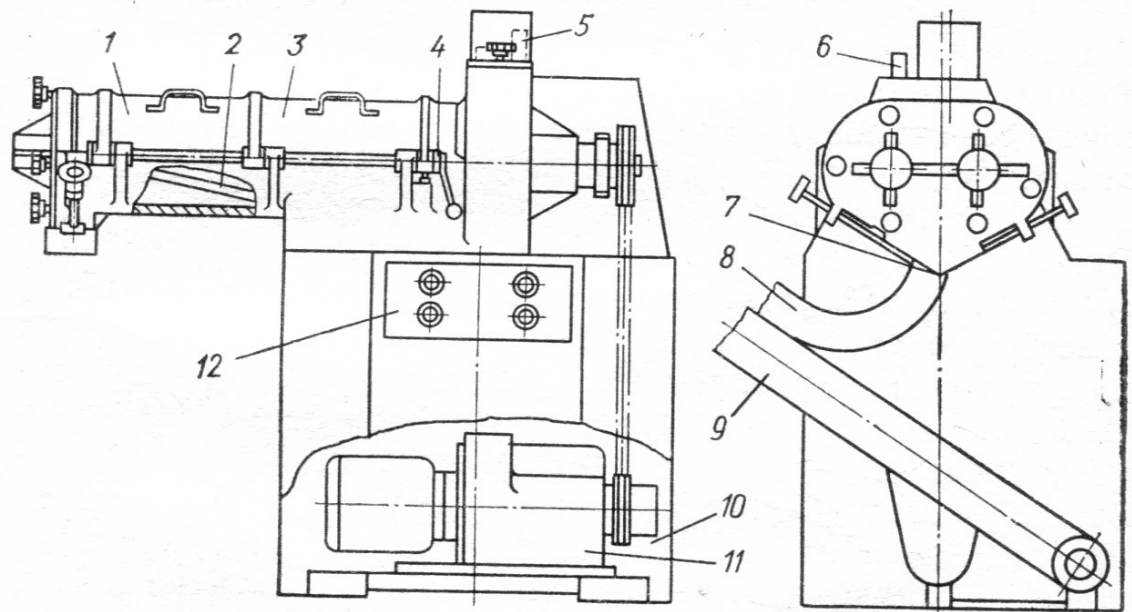


Рис.1.1.5. Тістомісильна машина ТОПОС

1 - Місильна камера, 2 - Місильна лопать, 3 - Кришка, 4 - Шарніри, 5 Патрубок подачі муки, 6 Патрубок для рідини, 7 Випускна заслінка, 8 Пласт тіста, 9 Транспортер, 10 Станина, 11 Мотор редуктор, 12 Пульт управління,

Тістомісильна машина –КОНПЕТУА (Рис. 1.1.6.)

Він являє собою високо механізований агрегат, що включає, але не обмежуючись цим, двокамерний тістоміс, плити, дозатори, що мають постійний контроль консистенції. Станція дозування заповнювачів оснащена трьома ємностями для сипучих інгредієнтів, борошна, крохмалю та спеціальних добавок. Рівень у бункерах підтримується ємнісними датчиками. Біля конвеєра встановлюються спеціальні обсяги, у яких можна регулярно відбирати зразки за допомогою трьох клапанів.

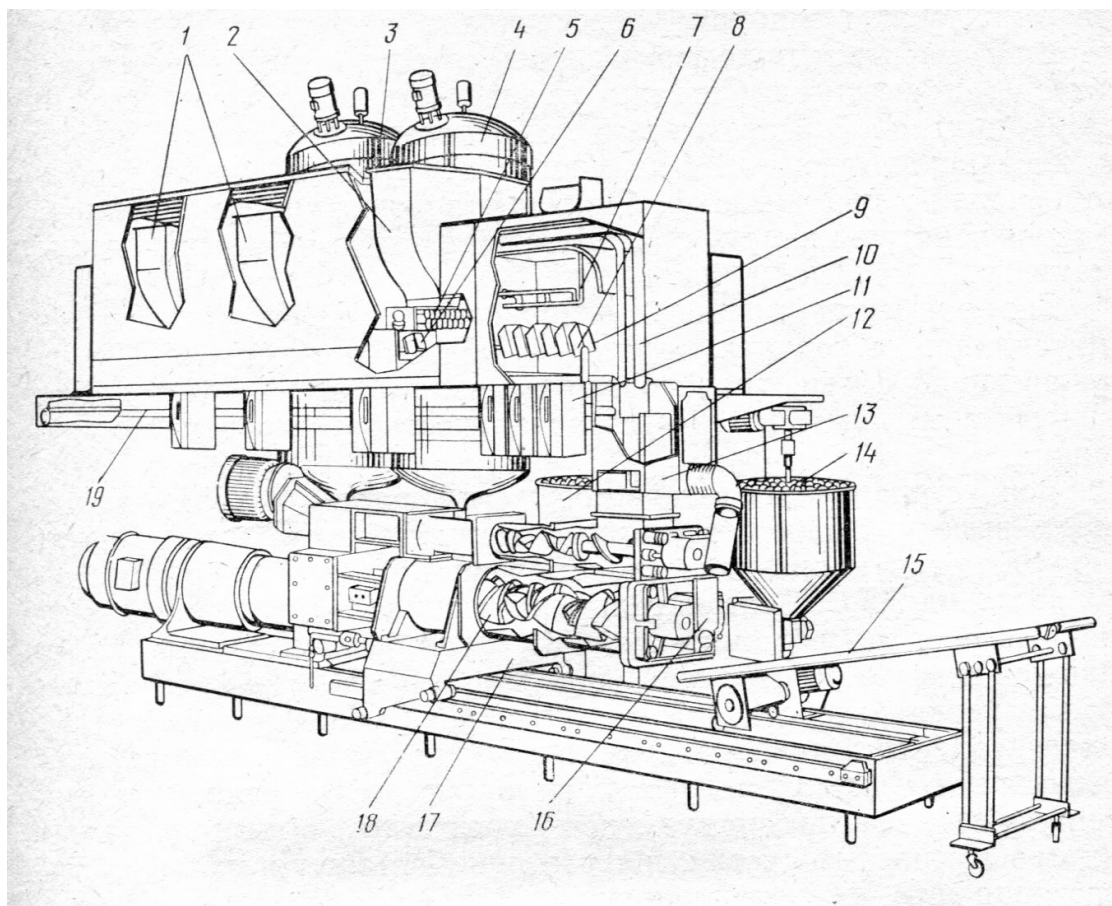


Рис. 1.1.6. Тістомісильна машина КОНПЕТУА

1,2-Бункери для сипучих компонентів.3,4-Змішувальні ємності.
5-Дозуючі шнеки. 6,8,9-Клапани. 7-Труби для подачі інших компонентів. 10 - Труба для подачі опари.11- Ємкість для відбору проб.12,14- Ємкість для опар

і жиру.13 Прийомна шахта змішувача.15 Транспортер для тіста.16 муштук.17 змішувач.18 Місильні вали.19 транспортер.

Змішувальні баки для струшування цукру або солі встановлені на нижній основі машини. Ємності з мішалками призначені для пастоподібних мас, які подаються по трубах до приймальної шахти.Змішані рідкі інгредієнти надходять у резервуар по трубах, а звідти до приймальної шахти змішувача. Від приймального валу елементів мішалки вони проходять через розподільник у двовальній мішалці, на якій є гвинтові катушки різного ступеня. Привід змішувача дозволяє змінювати дозу окремих інгредієнтів.

Після змішувальної камери суміш потрапляє в місильну камеру, де розміщені два місильні вали зі спеціальними кулачками. Змішане тісто виходить із машини через мундштук з регулятором. Готове тісто доставляється через конвеєрну стрічку. Машина легко демонтується для очищення місильних камер і шнеків. Корпус від'єднується від торцевих фланців приводу і розмотується уздовж напрямних рейок, щоб звільнити місильні кулачки. Для очищення корпусов замішувальної камери зовнішні фланці роз'ємні та відкидні. Всі деталі автомобіля виготовлені з антикорозійних матеріалів, корпус місильної камери та мішалки виготовлені з нержавіючої сталі, місильні затискачі та передні двері - з алюмінію.Прилад займає площу 7-4.5 м і висотою 3.5 м. Такі місильні машини випускаються шести типорозмірів продуктивністю від 400 до 4000 кг/год.

Тістомісильна машина безперервної дії "ZPM Mixer"

Розроблена компанією "Werner & Pfleiderer" . Гвинтові робочі органи дають можливість замісити тісто з різною інтенсивністю і, отже, машину використовується для замішування різних видів тіста. Привід машини має регулятор частоти, що дозволяє регулювати тривалість замішування і автоматизувати процес. Всі конструктивні елементи виготовлені з нержавіючої сталі і мають висока зносостійкість. На кузові машини знаходиться водяна сорочка, яка дозволяє регулювати температуру тіста.

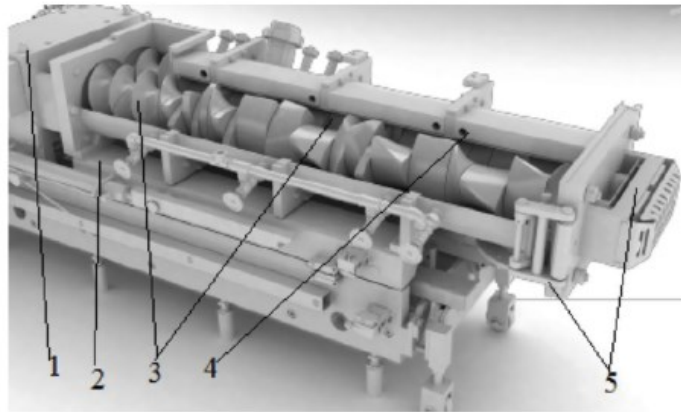


Рис.1.1.7. Тістомісильна машина "ZPM Mixer". 1 – привід, 2 – рама, 3 – робочі органи, 4 – водяна сорочка, 5 – механізм вивантаження.

В машині відбувається автоматичне регулювання процесу замішування тіста, а також моніторинг температури по всьому корпусу. Дана конструкція тістомісильної машини може забезпечувати продуктивність в діапазоні від 500 до 7000 кг/год.

Тістомісильна машина безперервної дії "MX Continuous Mixer"

Розроблена компанією "Markel Food Group" . Він має гвинтову робочу комбінацію з кулачками, що дозволяє інтенсивно замішувати тісто з високим вмістом вологи та жиру, які мають низьку в'язкість. Такі машини для замішування випускаються у шести розмірах продуктивністю від 50 до 2000 кг/год.



Рис.1.1.8 Тістомісильна машина безперервної дії "MX Continuous Mixer"

1.2. Обладнання для формування тіста

Для формування тіста застосовують такі способи :

- 1) шляхом штампування, з метою надання тісту певної форми (наприклад отримання тістових заготовок для печива);
- 2) шляхом округлення та розкочування (наприклад обробка батоноподібних тістових заготовок);
- 3) шляхом екструзії, тобто видавлюванням (наприклад отримання макаронних виробів);

Значна інтенсифікація промислових процесів може забезпечити вологову термічну обробку сировини з використанням методів екструзії.

Технологія приготування їжі з використанням екструзії з'явилася 50 років тому і сьогодні продовжує інтенсивно вдосконалюватися..

Екструзійне лиття - досить поширений спосіб формування у харчовій промисловості. Ковбаси, макарони, хлібні палички та соломка отримують методом екструзії, дозують і формують масло та сир..

Існує три методи екструзії: холодне формування; термічна обробка та формування під низьким тиском; гаряча екструзія (термічна обробка та формування при високому тиску).

При застосуванні першого методу мають місце тільки механічні зміни в сировині внаслідок повільного її переміщення під тиском і формування продукту з утворенням заданих форм.

При другому способі сухі інгредієнти сировини змішують з певною кількістю води і подають у екструдер, де поряд з механічним впливом вони піддаються термічній обробці. Виріб нагрівається електричними, рідинними та паровими нагрівачами. Отриманий екструдат характеризується щільністю,

незначним збільшенням обсягу, пластичністю. Іноді екструдат вимагає додаткової обробки - сушіння.

Третій метод – гаряча екструзія, або екструзійне “варіння”, здійснюється при високих швидкостях і тиску, значному переході механічної енергії в теплову, що призводить до ізних за глибиною змін в якісних показниках матеріалу. Крім того, регульована подача тепла може здійснюватися як безпосередньо у виріб, так і через зовнішні стінки екструдера. Екструзійне приготування - відносно новий передовий технологічний процес термомеханічної обробки різних дисперсних, тістоподібних та пюреобразних продуктів.

В останні роки шнековий екструдер застосовується для видавлення крохмальсодержащих мас. Основним робочим органом шнекового екструдера є шнек спеціальної конструкції, який обертається в циліндрі. На одному кінці циліндра тангенціально або радіально розміщений отвір для завантаження сировини, а на протилежному боці закріплена матриця. При обертанні шнек захоплює завантажену сировину, штовхає її до матриці і пресує через отвори.

Зовнішній вигляд виробів та їх якість певною мірою визначаються розміром та формою отворів матриці. Матеріал матриці повинен мати високу міцність, достатню стійкість до експлуатації і мінімально можливу стійкість до переміщення виробу щодо поверхні отворів.

Конструктивні особливості екструдерів дозволяють у великих масштабах регулювати інтенсивність та тривалість переробки сировини, що змінює структуру та властивості готової продукції у заданому напрямку.

Підбір складу вихідного матеріалу, зміна умов переробки сприяють значному розширенню асортименту харчових та технічних продуктів.

У кондитерській промисловості екструдери використовують для формування пластикових кондитерських виробів. Вони призначені для безперервної екструзії (екструзії) профільованих виробів нескінченної або обмеженої довжини через формувальну матрицю певного перерізу. До

пластичних кондитерських мас належать переважно жирові маси в певному інтервалі температур.

На виході з екструдера вироби можна різати на дрібні частинки або додатковою обробкою (скління, нанесення малюнка).

В макаронній промисловості екструзія ще з 1947 р. застосовується для холодного формування макаронних виробів.

У деяких галузях харчової промисловості екструзійна техніка, використання якої дозволяє поєднувати процеси змішування, диспергування, кип'ятіння, пластифікації, формування продуктів в одній одиниці - екструдер застосовується останнім часом..

При екструзії при високій температурі, після пресування через матрицю, через падіння тиску волога негайно випаровується, тому немає необхідності виконувати складну операцію - сушіння продуктів. Завдяки цьому за мінімальний час виходить готовий продукт - локшина швидкого приготування з легкою структурою. Змінюючи режим роботи екструдера, можна отримати напівфабрикати зі специфічними властивостями, які потім використовуються для варіння макаронних виробів.

Метод екструзійного лиття має ряд переваг: безперервність процесу на високій швидкості, безвідходна технологія та висока виробнича культура, низька собівартість виробництва

. На відміну від екструзійного формування в екструдері відбувається інтенсивна механічна і високотемпературна обробка сировинних компонентів..

Метод екструзійного формування може бути використаний як при виробництві модифікованих крохмалів, так і при виробництві різних харчових продуктів з новими властивостями.

Застосування технології екструзії в харчовій промисловості дозволяє не тільки активізувати багато технологічних процесів, але і створити нові харчові

композиції, які використовуються не тільки для звичайної їжі, але і для дитячої та дієтичної їжі

В хлібопекарні промисловості екструдери являються основною частиною багатьох тістоподільників.

До екструдерів з поршнеvim нагнітанням відноситься тістоподільник РМК–60А, призначений для поділу пшеничного тіста із сортового борошна при виробленні виробів масою від 0.05 до 0.275 кг. Машина має дві змінні подільні головки: двокишенькову — для заготовок масою 0.275 – 0.11 кг, чотирикишенькову — для заготовок масою 0.05 – 0.11 кг.

Валково-шестеренний екструдер використовується в кондитерській промисловості для виробництва пралінових цукерок та батончиків.

Застосування методів екструзії в харчовій промисловості дозволило не тільки активізувати багато технологічних процесів, але і створити нові харчові композиції, які використовуються не тільки для звичайної їжі, але і для дитячої та дієтичної їжі. Екструдований крохмальний продукт широко використовується в кондитерській, хлібопекарській, харчовій концентратній промисловості, у виробництві молочних та інших кулінарних виробів.

Екструдери дозволяють поєднувати низку операцій в одній машині, виконувати їх швидко і безперервно, а також складати композиції з декількох компонентів, змішувати, стискати, нагрівати, варити, стерилізувати і формувати майже одночасно.

В порівнянні з іншим традиційним харчовим обладнанням, екструдери забезпечують безперервну обробку з відносно великою пропускною здатністю і можуть мати повне автоматичне управління.

Проаналізувавши всі типи екструдерів з різними нагнітачами та формуючими тілами, ми дійшли висновку, що для виробництва багетів буде найкращим шнековим впорскуванням, а для формування тіл використовувати форму, подібну до матриць для формування трубчастих макаронних виробів

Виробництво багетів - це дуже цікавий процес. Останнім часом виробництво обладнання для їх виробництва набуває дедалі більшого значення, оскільки різноманітність продукції та її асортимент щороку розширюється.

Завдяки специфічним умовам приготування тіста, формування заготовок, їх гіротермічної обробки та випікання, готові багети продукту набувають своїх форм з інтенсивно забарвленою глянсовою хрусткою поверхнею та м'якою крихтою.

1.3. Способи приготування тіста

Тісто готують однофазним або багатофазним методами. При однофазних методах тісто готується в один етап із загальної кількості борошна та іншої сировини, передбаченої рецептурою. У багатофазних, переважно двофазних, методах готують першу фазу борошна та дріжджів, після дозрівання до неї додають залишкове борошно та іншу сировину за рецептом і замішують другу фазу - тісто.

Метод приготування тіста застосовується залежно від виду та сорту борошна, а також виду виробів та їх рецептури.

Виходячи з біохімічних властивостей борошна, пшеничні сорти хлібних виробів готують на пресованих або рідких дріжджах, а також на дріжджових молочнокислих заквасках, а жито - на молочнокислих заквасках.

Тісто готують за виробничою рецептурою, яка розробляється для кожного виду продукту відповідно до уніфікованої рецептури. Уніфікований рецепт разом з технологічною інструкцією є складовою нормативної документації на певний вид продукції. Він передбачає склад сировини та його вартість на 100 кг борошна. Перелік і співвідношення сировини в тісті для різних видів хлібних виробів різні.

У виробничій рецептурі порційного способу приготування тіста вказується витрата сировини на порцію тіста, тобто на партію, залежно від місильної здатності. При безперервному способі приготування тіста у виробничій рецептурі вказується витрата сировини за 1 хв замішування напівфабрикату.

Поряд із виробничою рецептурою кожного виду продукції лабораторія відповідно до технологічних інструкцій з виготовлення цього виробу розробляє параметри технологічного режиму з урахуванням встановленого обладнання та якості сировини.

Основні параметри технологічного процесу включають вологість і температуру відповідно до фаз приготування тіста, тривалості бродіння, кислотності, тривалості та температури витримки та випікання заготовок тіста, а також деяких інших.

Сировина на замішування напівфабрикатів дозується спеціальними дозаторами або дозуючими станціями.

При порційному способі приготування тіста борошно дозують за вагою, інші компоненти - суспензію дріжджів, розчини солі та цукру, розплавлений жир - переважно за обсягом.

1.4 Стадії процесу замішування тіста

Тісто замішують протягом 1-20 хвилин у робочій камері машини, де відбувається тонке перемішування компонентів, їх механічна обробка, що суттєво впливає на структуру та якість тіста, інтенсивність його бродіння та якість кінцевий продукт - готовий хліб.

Для полегшення аналізу законів процесу перемішування та виявлення поетапних раціональних параметрів його забезпечення О. Т. Лісовенко запропонував триступеневу модель перемішування тіста.

Перший етап - механічне змішування та аерація компонентів, в результаті чого досягається рівномірний розподіл компонентів суміші. Він

супроводжується зволоженням сухих компонентів, їх диспергуванням, агрегацією та сорбцією вологи. Цей етап слід проводити якомога швидше з мінімальним споживанням енергії.

Зі збільшенням тривалості першої стадії процес ускладнюється набуханням частинок борошна та їх зчепленням, що ускладнює подальше перемішування та рівномірний розподіл компонентів.

Другий етап - фактична партія - характеризується вирівнюванням вологи різних компонентів, переходом до розчину розчинних частин борошна. Це збільшує напругу зсуву і, як наслідок, збільшує споживання енергії на привід машини для змішування.

Другий етап змішування не вимагає енергійної механічної обробки, а коли перший етап - перемішування - виконується якісно, другий може проходити в спокої без перемішування.

Третій етап - пластифікація - супроводжується структурними змінами в частинках крохмалю та створенням клейковинної решітки, яка покриває зерна крохмалю. Третя стадія вимагає як найкращого механічного впливу, а не просто перемішування, оскільки створення клейковинних плівок (подрібнення) відбувається разом з ржавінням молекул клейковини, на останню суттєво впливає активність деяких ферментів, а також вологість і температура тіста. Третій етап - подрібнення пористої структури, що на наступних стадіях призводить до створення тонкопористої однорідної структури крихти..

2. Техніко-соціальне обґрунтування проекту змішувально-бродильноформуваального агрегату

У хлібопекарській галузі найбільш трудомістке виробництво мають особливі сорти хлібних виробів: булочки та сухарі, соломка, хлібні палички, печиво та інші. Це пов'язано з більш складною технологічною схемою виробництва та недостатнім рівнем його механізації. Тому ми зосередилися на виробництві цих сортів хліба, тобто виробництві печива.

Впровадження новітніх технологій вимагає нових виробничих площ, масштабних будівельно-монтажних робіт, що збільшує вартість пасивної частини основних фондів. Реконструкція або переобладнання парку обладнання дозволяє максимально використовувати будівлі та споруди, звести до мінімуму будівництво нових будівель при одночасному збільшенні виробничих потужностей підприємства.

Впровадження в виробництво змішувально-бродильно-формуваального агрегату дозволить виконувати всі операції приготування, обробки тіста в одній одиниці; замінити всі машини для обробки заготовок тіста, а саме: стіл для витримки тіста, формувальну машину, підставку; повністю механізувати процес виробництва бісквітів; створити компактну лінію.

Завдяки використанню змішувально-бродильноформуваального агрегату, ми зменшуємо виробничі площі, кількість пристроїв, механізуємо виробничий процес та зменшуємо витрати на електроенергію.

Впровадження цієї лінії дає змогу раціонально використовувати виробничі площі, вилучати площі для обробки тіста і, як наслідок, зменшувати

площу, необхідну для нашої лінії, запропонована нами схема виробництва порівняно з іншими існуючими лініями виробництва печива дозволяє зменшити ручну працю, що призведе до підвищення загального рівня конкурентоспроможності підприємства в цілому, а також дає можливість створити механізовану багатопрофільну виробничу лінію.

3.Будова та принцип дії агрегату, що розробляється

Поєднання процесів замісу, бродіння, формування та розпушування в одному агрегаті дозволяє зменшити схему машинного обладнання, виробничі площі, скоротити час виробництва за рахунок виключення ряду операцій та витрат на обслуговування та експлуатацію обладнання, а отже, і виробничих витрат .

Коли тісто ферментується в закритій камері екструдера під тиском, утворений вуглекислий газ переходить у розчинений стан. Під час формування на виході з матриці внаслідок різкого падіння тиску екструдати набухають (збільшення лінійних розмірів виробів порівняно з розміром формувального каналу). Розпушені вироби безперервно видавлюються безпосередньо під піч у вигляді джгута.

Паралельно процесу екструдування відбувається механічна обробка виробу – нарізання

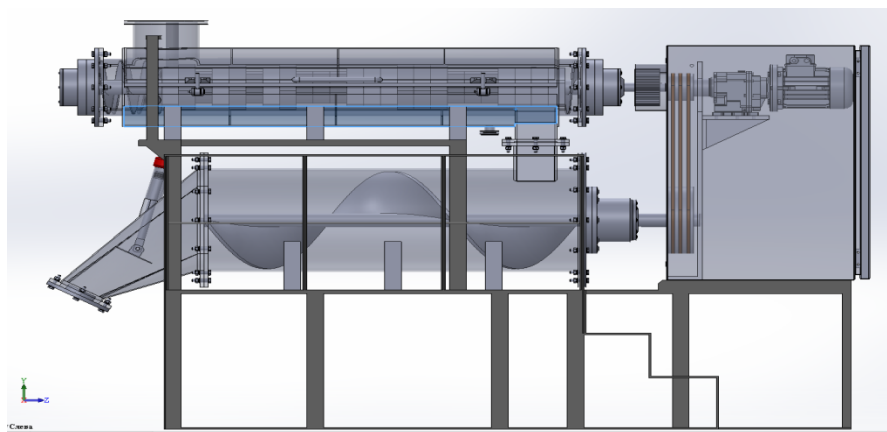


Рис.3.1 Змішувально-бродильноформувальний агрегат

Принцип його роботи полягає в тому, що компоненти подаються у приймальний бункер.

Рідкі інгредієнти дозуються через дозувальну станцію в бункері для змішування.

Встановлюється патрубок для подавання борошна, яке розпилюється за допомогою сили тяжіння і спеціальної конструкції дозатора.

Утворена маса тіста надходить у камеру замішування, де проходять три етапи замісу.

На першому етапі замішування тіста пухкі та рідкі компоненти змішуються і ця маса подається в робочий орган кулачка. Для цього використовують шнек.

Другий етап - власне замішування - вирівнювання вологи різних компонентів, що характеризується переходом у розчин розчинних частин борошна. На цьому етапі для перемішування використовуються кулачки зі змінним кроком.

Третій етап - пластифікація - вимагає посиленого механічного впливу, а не просто перемішування. Для цього використовуйте робочий орган кулачка з підвищеним кроком кулачка.

Далі тісто подають у посудину для бродіння, об'єм якої розраховується для тривалості тіста в ньому, необхідного для накопичення вуглекислого газу, достатнього для розпушування шматочків тіста перед випіканням.

Після бродіння тісто проходить через формовочні отвори матриці і видавлюється безпосередньо на під піч у вигляді суцільних пучків.

Розпушування заготовок тіста відбувається на виході з формового отвору за рахунок вуглекислого газу, накопиченого під час бродіння.

Після формування джгутів на під печі під час руху відбувається нарізка заготовок тіста заданої довжини за допомогою механізму різання гільйотини. Проведені дослідження поведінки тіста, насиченого вуглекислим газом свідчить про те, що для забезпечення дрібнопористої розрихленої структури м'якушки виробів, виготовлений екструзією вимагає відповідної конструкції матриці. На виході з формувального каналу матриці відновлюється структура в'язкопружного тіста, збільшуються поперечні розміри пучка. Для отримання добре розвиненої, тонкої, однорідної пористості, а також формування гладкої поверхні пучка тіста сформульовано вимоги до конструкції матриці при екструзії дріжджового тіста, насиченого вуглекислим газом. Формувальна частина каналу для забезпечення максимального розширення джгута повинна мати мінімальну довжину, виходячи з конструктивних міркувань. Використання зазначених вимог при проектуванні матриці дозволяє забезпечити високу якість тестової джгута при литті.

Технічним результатом є поєднання технологічних операцій замішування, бродіння, формування та розпушування в одній одиниці безперервної дії, що зменшує машинно-апаратну схему, виробничі площі, зменшує витрати на обладнання та дозволяє формувати вироби з дріжджового тіста з подальшим різанням безпосередньо на під. печі.

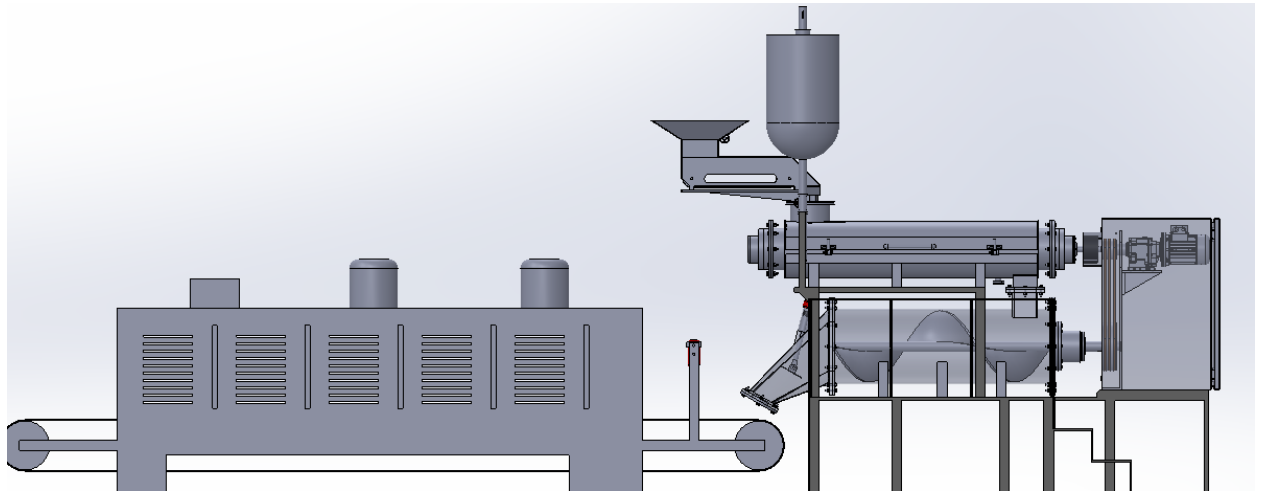


Рис.3.2 Загальний вигляд

4.Підбір конструкційних матеріалів

У харчовій інженерії встановлюються спеціальні вимоги до матеріалів до машин та пристроїв під час будівництва. Матеріал повинен мати особливі якості:

- допустимістю контакту з харчовими продуктами;
- економічною доцільністю застосування;
- вимогами до надійності та довговічності устаткування.

Основні вузли змішувально-бродильноформуального агрегату — це цілнозварні конструкції зі сталі.

Змішувально-бродильноформуальний агрегат складається з секційного металевого корпусу з кришкою та вбудованої водяної сорочки з нержавіючої сталі, робочих органів кулачка та шнеків із нагнітачем на кінці.

Основними вимогами до стінок змішувально-бродильно-формуального агрегату є корозійна стійкість, відповідальність за санітарно-гігієнічні вимоги та хороша зварюваність. Корпус змішувально-бродильно-формуального

агрегату піддається щоденній санітарній обробці, що включає промивання агресивними середовищами, тому для його вибору ми обираємо корозійно-стійку аустенітну сталь AISI 316L, яка є найпоширенішим матеріалом для виготовлення деталей для харчових машин та обладнання. Всі інші деталі, з якими тісто контактує (гвинти, , решітки), виготовлені з тієї ж марки сталі.

Кулачки та матриці, через які проходить тісто, повинні мати хімічну стійкість, низькі адгезивні властивості, стійкість до роботи, тому ми їх виготовляємо з фторопласту Ф-4.

Деталі, що не контактують з тістом, виготовляють з дешевої, вуглецевої, конструкційної сталі звичайної якості Ст 5.

Матеріал для виготовлення шестерень повинен мати достатню міцність, в'язкість, легкий в обробці, тому для їх виготовлення доцільно використовувати сталь 40Х13 з подальшою термічною обробкою - нормалізація.

Кулачок під час роботи піддається осьовому циклічному ударному навантаженню, тому ми вибираємо сталь із підвищеною пластичністю 25Х13Н2.

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	Розподільвач, решітки, шнек.	ГОСТ 1435-74
Сталь 40ХН	Зубчасті колеса.	ГОСТ 1050-88
Ст.5	Опори, рама.	ГОСТ 380-94
Ф-4	Матриця , кулачки	ГОСТ 10007-80

5. Розрахункова частина

5.1. Розрахунок продуктивності змішувально-бродильно-формуального агрегату

Розрахунок продуктивності розробленого змішувально-бродильно-формуального агрегату проводять у відповідності з отриманою величиною з величиною продуктивності печі, оскільки піч є провідним обладнанням на лінії для виробництва хлібобулочних виробів.

Тому для розрахунку ми вибираємо піч, яка відповідає заданим умовам, а саме для виробництва багетів шириною вогнища 0,6 м. Ми обираємо циклотермічну кондитерську піч польської фірми «Rem-Piek» WSL-8070, яка 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 – 5 мм;

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;

густина житньо – пшеничного тіста – $\rho = 1320$ кг/м³;



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

Таблиця 5.1.1 Характеристика печі WSL-8070

поверхня випікання м ²		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 багетів в ряду по довжині поду печі:

$$N = \frac{L - a}{l + a} = \frac{12000 - 15}{500 + 15} = 23 \text{ (шт);}$$

Де: L – довжина конвеєра в пекарній камері;

a – зазор між джгутами;

l – довжина багетів;

Кількість багетів в ряду по довжині поду печі:

$$n = \frac{B - a}{h + a} = \frac{600 - 20}{50 + 20} = 8 \text{ (шт);}$$

Де: B – ширина конвеєра, мм;

h – діаметр виробу, мм;

a – зазор між виробами;

Секундна продуктивність печі, кг/с:

$$P_{\text{сек}} = \frac{N \cdot n \cdot g \cdot 1000}{\tau} = \frac{23 \cdot 8 \cdot 0.200}{600} = 0,06 \text{ кг/с};$$

Де: g - маса виробу, кг; $g = 0,200$ кг.

годинна продуктивність печі, кг/год:

$$P_{\text{год}} = 3600 \cdot P_{\text{сек}} = 3600 \cdot 0,06 = 216.12 \text{ кг/год};$$

Швидкість руху транспортера, м/с:

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

Продуктивність ЗБФА відносно продуктивності печі, кг/год:

$$P_{\text{м}} = P_{\text{год}} \cdot k_0 \cdot (100 + y) \cdot 0.01; = 82,08 \cdot 1,1 \cdot (100 + 15) \cdot 0.01 = \\ = 87.437 \text{ кг/год};$$

Де: $P_{\text{год}}$ – годинна продуктивність печі по гарячому хлібу, кг/год;

y – коефіцієнт упікання, % до гарячого хліба; $y = 15$ %;

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

Секундна продуктивність ЗБФА визначається за формулою:

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

Де: k_1 – коефіцієнт подачі, залежить від форми лопатей та їх розміщення на валу; $k_1 = 0.2 - 0.5$;

k_2 – відношення сумарної поверхні лопатей до гвинтової поверхні того ж діаметру та кроку; $k_2 = 0.15 - 0.2$;

k_3 – коефіцієнт, який враховує площу перерізу, яка утворюється перетином траєкторій руху лопатей; Для двох вального агрегату –

$$k_3 = 0.55 - 0.7;$$

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

Секундна продуктивність ЗБФА в зоні замішування враховуючи геометричні параметри шнека, кг/с:

$$\begin{aligned} P_{c1} &= 2 \cdot \frac{3.14 \cdot (0.3^2 - 0.089^2)}{4} \cdot 0.0445 \cdot 0.75 \cdot 1320 \cdot 0.2 \cdot 0.15 \cdot 0.55 = \\ &= 0.046 \text{ кг/с}; \end{aligned}$$

Секундна продуктивність ЗБФА в зоні пластифікації враховуючи геометричні параметри шнека, кг/с:

$$\begin{aligned} P_{c2} &= 2 \cdot \frac{3.14 \cdot (0.22^2 - 0.089^2)}{4} \cdot 0.025 \cdot 0.75 \cdot 1320 \cdot 0.2 \cdot 0.15 \cdot 0.55 = \\ &= 0.026 \text{ кг/с}; \end{aligned}$$

Рахуємо годинну продуктивність ЗБФА по зоні пластифікації тіста:

$$P_{\text{ЗБФА}} = P_{c2} \cdot 3600 = 0.026 \cdot 3600 = 93.48 \text{ кг/год};$$

5.2. Розрахунок геометричних параметрів агрегату

Розраховуємо об'єм бродильної ємкості, виходячи із значення секундної продуктивності екструдера та часу, який тісто знаходиться у бункері:

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

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

$$V_{\text{б.є}} = \frac{0.026 \cdot 3600}{1320} = 0.071 \text{ м}^3;$$

Виходячи з того, що об'єм бродильної ємкості визначається за формулою $V = 1.6 \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot l$, задавшись діаметром поперечного перерізу можемо визначити довжину бродильного бункера.

$$l = \frac{V \cdot 4}{1.6 \cdot \pi \cdot D^2} = \frac{0.071 \cdot 4}{1.6 \cdot \pi \cdot 0.22^2} = 1.15 \text{ м};$$

Розраховуємо об'єм камери де відбувається замішування та пластифікація тіста:

$$V = \frac{P_{c2} \cdot \tau_{\text{заміш.}}}{\rho} = \frac{0.026 \cdot 1200}{1320} = 0,0236 \text{ м}^3;$$

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

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

$$L = \frac{4 \cdot 0.0236}{2 \cdot \pi \cdot (0.22^2 - 0.089^2) \cdot 0.5 \cdot 0,7} = 1.1 \text{ м};$$

5.3.Розрахунки апарату на міцність

Визначення товщини стінки змішувально-бродильно-формуального агрегату.

Тиск, що діє в апараті, Па; $P = 0.2 \cdot 10^6 \text{ Па};$

Внутрішній діаметр циліндричної оболонки, м; $D = 0.22 \text{ м};$

Допустиме напруження матеріалу AISI 316 стінки апарату:

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

Надбавка на корозію до товщини стінки б, м; $b = 0.002 \text{ м};$

Знаходимо допустиме напруження матеріалу стінки на розтяг:

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

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

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

Розраховуємо товщину стінки апарату $\delta_{\text{ст}}$, м:

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

$$\delta_{\text{ст}} = \frac{0,2 \cdot 10^6 \cdot 0,22}{(2 \cdot 0,85 \cdot 128,75 \cdot 10^6) - 0,2 \cdot 10^6} + 0,002 = 2,2 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

Приймаємо товщину стінки змішувально-бродильно-формуального агрегатуза стандартом більшу за розрахункову $\delta_1 = 0,004 \text{ м}$.

5.4.Розрахунок шнека

Розраховуємо і конструюємо шнек, якщо відомий максимальний тиск в робочій камері $P_{\text{МАХ}} = 0,2 \cdot 10^6 \text{ Па}$, коефіцієнт внутрішнього тертя продукту $f = 0,3$, щільність продукту $\rho = 1320 \text{ кг/м}^3$.

Зовнішній діаметр шнеку D приймаємо рівним 220 мм, внутрішній $d=89\text{мм}$ а крок шнеку приймаємо конструктивно 25 (мм).

Кут підйому гвинтових ліній на зовнішній стороні шнека і біля валу визначаємо за наступними формулами:

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

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

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

$$\alpha_d = \arctg\left(\frac{0,025}{\pi \cdot 0,089}\right) = \arctg 0,089 = 5.11^\circ;$$

Середнє значення кута підйому гвинтових ліній витку шнеку визначаємо за формулою:

$$\alpha_{cp} = \frac{\alpha_D + \alpha_d}{2} = \frac{2.072^\circ + 5.11^\circ}{2} = 3.591^\circ;$$

Допоміжні величини становлять:

$$\cos^2 \alpha_{cp} = \cos^2 3.591^\circ = 0,996,$$

$$\operatorname{tg} \alpha_{cp} = \operatorname{tg} 3.591^\circ = 0,063,$$

$$\sin(2 \cdot \alpha_{cp}) = \sin(2 \cdot 3.591^\circ) = 0,125;$$

Згинальний момент у витку шнека по внутрішньому контуру, тобто біля валу, визначаємо за формулою:

$$M_3 = \frac{P_{\max} \cdot D^2}{32} \cdot \frac{1.9 - 0.7 \cdot a^{-4} - 1.2 \cdot a^{-2} - 5.2 \cdot \ln a}{1.3 + 0.7 \cdot a^{-2}};$$

Де: $a = \frac{D}{d}$ - відношення діаметрів шнека і валу; $a = \frac{0.22}{0.089} = 2.472$;

$$M_3 = \frac{0.2 \cdot 10^6 \cdot 0.22^2}{32} \cdot \frac{1.9 - 0.7 \cdot 2.472^{-4} - 1.2 \cdot 2.472^{-2} - 5.2 \cdot \ln 2.472}{1.3 + 0.7 \cdot 2.472^{-2}} =$$

$$= 646 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Витки шнеку будуть виготовлені з матеріалу AISI 316l, для якої сталі допустиме напруження при згині можемо прийняти рівним допустимому напруженню при розтягу, тобто $125 \cdot 10^6$ (Па). Тоді товщину витка шнеку визначаємо за формулою:

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

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

Приймаємо $b = 6$ мм

Крутний момент при робочих витках шнеку визначаємо за наступною формулою:

$$M_{кр} = 0,131 \cdot m \cdot (1 - K_0) \cdot P_{max} \cdot (D^3 - d^3) \cdot tg \alpha_{cp}$$

Де: m - число максимально навантажених кроків шнека; K_0 - коефіцієнт відставання;

P_{max} - максимальний тиск, який розвиває шнек,

α - кут підйому гвинтової лінії витку шнеку.

Коефіцієнт відставання часток матеріалу у осьовому напрямку:

$$K_0 = 1 - (\cos^2 \alpha_{cp} - 0,5 \cdot f \cdot \sin 2\alpha_{cp})$$

Де: f - коефіцієнт тертя продукту по шнеку.

$$K_0 = 1 - (0,996 - 0,5 \cdot 0,3 \cdot 0,125) = 0,023$$

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

Осьове зусилля визначаємо по формулі:

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

Нормальні і дотичні напруження валу визначаємо по формулам:

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

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

Еквівалентне напруження визначаємо за формулою:

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

Як бачимо це напруження знаходиться в межах допустимої напруги для матеріалу валу шнека (Х12М). Тому для полегшення конструкції шнеку замість суцільного валу можна взяти порожній вал. Наприклад, в даному випадку можемо використати трубу.

Нормальні і дотичні напруження порожнього валу визначаємо по формулам:

1.Мотор-редуктор; 2.Муфта; 3. Зубчаста передача; 3.Вал; 4. Підшипникова опора.

Проаналізуємо процес замішування склавши баланс витрати енергії та визначимо долю кожної з робіт у загальному балансі.

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

Де: A_1 - робота, яка витрачається на перемішування маси;

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

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, що 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: δ – товщина шнеку, м.

A_3 - робота, яка витрачається на нагрів тіста та дотичних до них металевих частин машини;

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

Де: μ - динамічна в'язкість тіста, Па·с.

f – зазор між краями шнеку та стінками місильної камери, м.

A_4 - робота, яка витрачається на зміну структури тіста;

Отже:

$$A_1 = 2 \cdot 0.0655 \cdot 3.14 \cdot 1320 \cdot 0.75^2 \cdot \sin 45 \cdot (0.11^2 - 0.0445^2) \cdot [(1 - 0.108) \cdot 3.14^2 \cdot (0.11^2 + 0.0445^2) + 0.108 \cdot 0.025^2/2] = 0.271 \text{ Дж};$$

$$A_2 = \frac{2}{3} \cdot 2 \cdot 0.0655 \cdot 0.006 \cdot 1320 \cdot 3.14^2 \cdot 0.75^2 \cdot (0.11^3 - 0.0445^3) =$$

$$= 0.005 \text{ Дж};$$

$$A_3 = 124 \cdot 2 \cdot 10 \cdot 0.75 \cdot \left(\frac{0.11^4 - 0.0445^4}{0.001} + 2 \cdot \frac{0.11^3 \cdot 0.0655 \cdot \sin 45}{0.001} \right) =$$

$$= 494.352 \text{ Дж};$$

$$A_4 = 0,1 \cdot A_1 = 0.05 \cdot 0.271 = 0.027 \text{ Дж};$$

Розрахунок енергетичного балансу за один оберт шнека:

$$A = 0.271 + 0.005 + 494,352 + 0.027 = 494,655 \text{ Дж/об};$$

Питома робота замісу:

$$A_{\text{пит}} = A \cdot \frac{n \cdot \tau}{m_T} = 494.655 \cdot \frac{0,75 \cdot 1200}{31152} = 14.29 \text{ Дж/г};$$

Де: m_T - маса тіста

$$m_T = V \cdot \rho = 0.0236 \cdot 1320 = 31.152 \text{ кг}.$$

Крутний момент на вихідному валу :

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

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

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

Тоді:

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

Потужність двигуна розраховуємо за формулою :

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

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

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

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

Приймаємо мотор-редуктор NORD SK 672.1-100AP/4, який має такі характеристики:

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

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

Знаходимо загальне передаточне число привода:

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

Передаточне число привода складається з добутку передаточних чисел мотор-редуктора і прямозубої відкритої циліндричної передачі.

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

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

Прямозуба передача необхідна для забезпечення сталої кількості обертів другого валу.

Розраховуємо потужності на окремих валах машини :

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

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

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

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

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

Розраховуємо частоту обертів окремих 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 окремих 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 окремих валах привода :

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

$$T_2 = 9550 \cdot \frac{N_2}{n_2} = 9550 \cdot \frac{1932,9}{45} = 418,6 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$T_3 = 9550 \cdot \frac{N_3}{n_3} = 9550 \cdot \frac{1818}{45} = 386 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$T_4 = 9550 \cdot \frac{N_4}{n_4} = 9550 \cdot \frac{1800}{45} = 382 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Заносимо всі отримані дані в таблицю для подальшої зручності їх використання.

Таблиця 5.5.1 Таблиця отриманих значень

№ вала	Потужність N, Вт	Частота обертання n, об/хв	Кутові швидкості, рад/с	Крутний момент Т, 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 загальну кількість часів роботи приводу

Строк служби передач:

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

$$= 25610,112 \text{ год};$$

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

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

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

Тривалість дії навантажень згідно гістограми

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

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

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

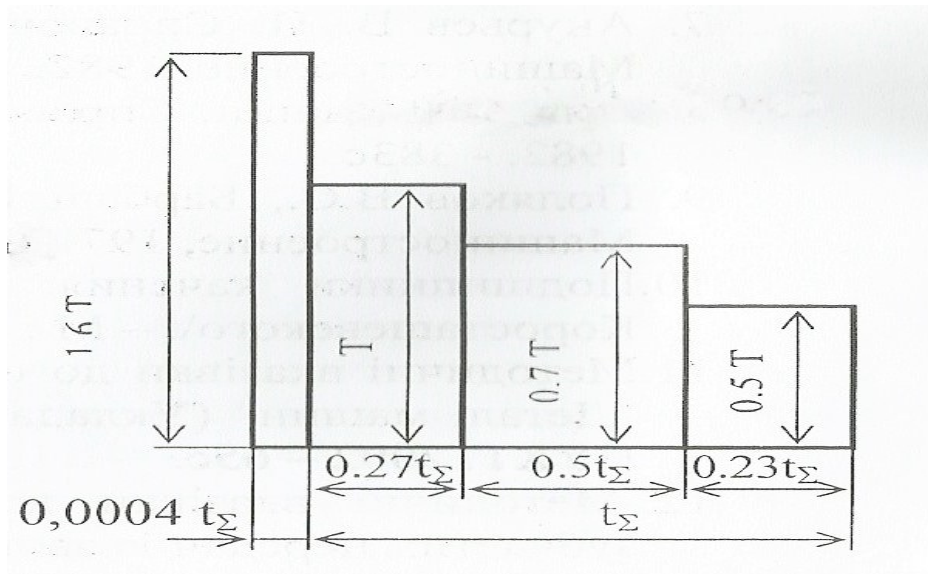


Рис.5.5.1 Графік навантаження приводу машини

5.6. Розрахунок відкритої циліндричної прямозубої передачі

За умовою:

Номинальна потужність, що передається шестернею $N_3 = 1818$ Вт;

Частота обертання шестерні $n_3 = 45$ об/хв;

Передаточне число $u = 1.0$;

Крутний момент на шестерні $T_3 = 386$ кН·м.

Вибір матеріалу і призначення термообробки:

Вибираємо матеріал шестерні і колеса – сталь 40ХН (поковка);

Термообробка – нормалізація

Для шестерні і зубчастого колеса радіусом заготовки до 300мм:

$\sigma_B = 800$ МПа; $\sigma_T = 580$ МПа; 241НВ;

Допустимі напруження згину:

$$[\sigma_F] = \frac{\sigma_{Flim}}{S_F} \cdot Y_S \cdot Y_R;$$

Попередньо визначаємо межу витривалості, що відповідає еквівалентному числу циклів зміни напруги:

$$\sigma_{\text{Flim}} = \sigma_{\text{Flimb}}^0 \cdot K_{\text{FC}} \cdot K_{\text{FL}};$$

Де: σ_{Flimb}^0 — границя витривалості зубців при згині, що відповідає базовому числу циклів зміни напружень :

$$\sigma_{\text{Flimb}}^0 = 1,8 \cdot \text{HB} = 1,8 \cdot 241 = 433,8 \text{ МПа};$$

K_{FC} — коефіцієнт, що враховує вплив прикладеного навантаження;

$$K_{\text{FC}} = 0,65;$$

K_{FL} — коефіцієнт довговічності; $K_{\text{FL}} = \sqrt[m_{\text{F}}]{\frac{N_{\text{FO}}}{N_{\text{FE}}}}$;

За твердості $\text{HB} < 350$ — $m_{\text{F}} = 6$;

Базове число циклів зміни напружень: $N_{\text{FO}} = 4 \cdot 10^6$;

Еквівалентне число циклів зміни напружень:

$$N_{\text{FE}} = 60 \cdot n \cdot t_{\Sigma} = 60 \cdot 45 \cdot 25610,112 = 69147302,4 \text{ циклів};$$

Так як $N_{\text{FE}} = 69147302,4 > N_{\text{FO}} = 4 \cdot 10^6$, то приймаємо $K_{\text{FL}} = 1,0$;

А отже :

$$\sigma_{\text{Flim}} = 433,8 \cdot 0,65 \cdot 1,0 = 281,97 \text{ МПа};$$

Коефіцієнт безпеки:

$$S_{\text{F}} = S'_{\text{F}} \cdot S''_{\text{F}} = 1,75 \cdot 1,5 = 2,625$$

Де: $S'_{\text{F}} = 1,75$;

S''_{F} — коефіцієнт, що враховує спосіб отримання заготовки і умови експлуатації передачі. $S''_{\text{F}} = 1,5$;

Y_S – коефіцієнт що враховує чутливість матеріалу до концентрації напружень. $Y_S = 1$;

Y_R – коефіцієнт що враховує шорсткість перехідної поверхні зуба.

$$Y_R = 1$$

Допустимі напруження згину дорівнюють:

$$[\sigma_F] = \frac{281,97}{2,625} \cdot 1 \cdot 1 = 107,42 \text{ МПа};$$

Допустимі граничні напруження згину при максимальних навантаженнях:

$$[\sigma_{FM}] = \frac{\sigma_{FlimM}}{S_{FM}} \cdot Y_S;$$

Знаходимо допустиме напруження що не викликає залишкових деформацій або крихкого злому зуба:

$$\sigma_{FlimM} = 4,8 \cdot HB = 4,8 \cdot 241 = 1156,8 \text{ МПа};$$

Коефіцієнт безпеки:

$$S_F = S'_F \cdot S''_F = 1,75 \cdot 1,5 = 2,625$$

Y_S – коефіцієнт що враховує чутливість матеріалу до концентрації напружень. $Y_S = 1$;

Отже:

$$[\sigma_{FM}] = \frac{1156,8}{2,625} \cdot 1,0 = 441 \text{ МПа};$$

Допустиме контактне напруження:

$$[\sigma_H] = \frac{\sigma_{Hlim}}{S_H} \cdot Z_R \cdot Z_V;$$

Де попередньо знаходимо межу контактної витривалості поверхні зубів ,що відповідає еквівалентному числу циклів зміни напруги:

$$\sigma_{Hlim} = \sigma_{Hlimb} \cdot K_{HL};$$

Де межа контактної витривалості відповідає базовому числу циклів зміни напруги:

$$\sigma_{Hlimb} = 2 \cdot HB + 70 = 2 \cdot 241 + 70 = 552 \text{ МПа};$$

Коефіцієнт довговічності розраховується за формулою :

$$K_{HL} = \sqrt[m_H]{\frac{N_{HO}}{N_{HE}}};$$

Де: $m_H = 24$;

Базове число циклів зміни напружень: $N_{HO} = 1,7 \cdot 10^7$;

Еквівалентне число циклів зміни напружень:

$$N_{FE} = 60 \cdot n \cdot t_{\Sigma} = 60 \cdot 45 \cdot 25610,112 = 69147302.4$$

А отже:

$$K_{HL} = \sqrt[24]{\frac{1,7 \cdot 10^7}{69147302.4}};$$

Але так як $N_{HE} > N_{HO}$ то $K_{HL} = 1$;

Межа контактної витривалості:

$$\sigma_{Hlim} = 552 \cdot 1 = 552 \text{ МПа};$$

Коефіцієнт безпеки для зубів з однорідною структурою матеріалу:

$$S_H = 1,1;$$

Коефіцієнт що враховує шорсткість поверхонь $Z_R = 0,95$;

Коефіцієнт що враховує колову швидкість $Z_v = 1$;

Допустиме контактне напруження для шестерні і зубчастого колеса:

$$[\sigma_H] = \frac{\sigma_{Hlim}}{S_H} \cdot Z_R \cdot Z_v = \frac{552}{1,1} \cdot 0,95 \cdot 1,0 = 477 \text{ МПа};$$

Допустиме контактне напруження при розрахунку на дійсне максимальне напруження для шестерні і зубчастого колеса:

$$[\sigma_{HM}] = 2,8 \cdot \sigma_T = 2,8 \cdot 270 = 756 \text{ МПа};$$

Розрахунок передачі на міцність при згині.

Орієнтовна колова швидкість:

$$v = 0.0125 \cdot \sqrt[3]{N_3 \cdot n_3^2} = 0.0125 \cdot \sqrt[3]{1.818 \cdot 45^2} = 0.193 \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

За даної швидкості потребується степінь точності зубчастих коліс – 9-й

Коефіцієнт ширини зубчастого вінця за симетричного розташування опор:

$$\psi_d = (0,7 \dots 0,9) \cdot \psi_{d \max} = 0,8 * 1,7 = 0.56;$$

Коефіцієнт, що враховує розподіл навантаження між зубцям $K_{F\alpha} = 1,0$

Коефіцієнт, що враховує розподіл навантаження по ширині вінця: $K_{F\beta} = 1,35$

Коефіцієнт, що враховує динамічне навантаження: $K_{Fv} = 1,13$

Попередньо приймаємо:

число зубів шестерні $z_1=26$

Тоді число зубів колеса $z_2 = z_1 \cdot u = 26 \cdot 1=26$ шт.

Коефіцієнти, що враховують форму зубців шестерні і колеса:

$$Y_F = Y_{F1} = Y_{F2} = 4.0;$$

Коефіцієнт, що враховує вплив нахилу зуба на його напружений стан:

$$Y_\beta = 1.0$$

Початковий модуль зачеплення:

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

$$m = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot 386000 \cdot 1.0 \cdot 1.35 \cdot 1.13 \cdot \cos^2 0}{26^2 \cdot 0.56 \cdot 107.42}} \cdot 4.0 \cdot 1.0 = 3.1 \text{ мм}$$

Приймаємо $m = 5$ мм Міжосьова відстань $a=195$ мм. Кількість зубців шестерні і колеса $z=39$ шт.

Ділильні діаметри колеса і шестерні:

$$d_{\omega 1} = d_{\omega 2} = m \cdot z = 5 \cdot 39 = 195 \text{ мм};$$

Розрахункова колова швидкість

$$v = \frac{\pi \cdot d_{\omega 1} \cdot n_1}{60 \cdot 1000} = \frac{3.14 \cdot 195 \cdot 45}{60 \cdot 1000} = 0.46 \text{ м/с};$$

Ступінь точності передачі 9-та, що співпадає зраніше прийнятою.

Перевірочний розрахунок зубців на міцність при згині під дією максимального навантаження

$$\sigma_{Fmax} = \sigma_F \cdot \frac{T_{max}}{T_H} \leq [\sigma_{Fmax}]$$

Розрахуємо напруження згину в зубцях шестерні:

$$\sigma_F = Y_F \cdot Y_{\beta} \cdot \frac{W_F}{m},$$

Де: $W_F = \frac{2 \cdot T_3}{d_{\omega 1} \cdot b_{\omega 1}} \cdot K_{F\alpha} \cdot K_{F\beta} \cdot K_{Fv};$

$$W_F = \frac{2 \cdot 386000}{195 \cdot 110} \cdot 1.0 \cdot 1.35 \cdot 1.13 = 36 \text{ МПа}$$

$$b_{\omega 1} = \psi_d \cdot d_{\omega 1} = 0.56 \cdot 195 = 109.2 \text{ мм}$$

Приймаємо $b_{\omega 1} = 110$ мм

$$\sigma_F = 4.0 \cdot 1.0 \cdot \frac{36}{5} = 28.8 \text{ МПа} < [\sigma_F] = 107.42 \text{ МПа};$$

Напруження згину від максимального навантаження:

$$\sigma_{Fmax} = 28.8 \cdot 2 = 57.6 \text{ МПа} < [\sigma_{FM}] = 441 \text{ МПа};$$

Перевірочний розрахунок зубців на контактну міцність дією максимального навантаження

Розрахункове напруження від максимального навантаження:

$$\sigma_{Hmax} = \sigma_H \cdot \sqrt{\frac{T_{пуск}}{T_H}} \leq [\sigma_{Hmax}]$$

Розрахуємо контактне напруження вад номінального навантаження:

$$\sigma_H = Z_H \cdot Z_M \cdot Z_\varepsilon \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot T_3 \cdot K_{H\alpha} \cdot K_{H\beta} \cdot K_{Hv} \cdot \frac{u+1}{u}}{b_\omega \cdot d_{\omega 1}^2}};$$

Коефіцієнт, що враховує розподіл навантаження між зубцям $K_{H\alpha} = 1,08$

Коефіцієнт, що враховує розподіл навантаження по ширині вінця:

$$K_{H\beta} = 1,075$$

Коефіцієнт, що враховує динамічне навантаження: $K_{Hv} = 1,02$

Коефіцієнт, що враховує форму спряжених поверхонь:

$$Z_H = 1.76 \cdot \cos\beta = 1.76 \cdot \cos 0^\circ = 1.76;$$

Коефіцієнт, що враховує механічні властивості спряжених коліс

$$Z_M = 275 \text{ МПа}$$

Коефіцієнт, що враховує сумарну довжину контактних ліній:

$$Z_\varepsilon = \sqrt{\frac{4 - \varepsilon_\alpha}{3}};$$

$$\varepsilon_\alpha = \left[1,88 - 3,2 \cdot \left(\frac{1}{z_1} + \frac{1}{z_2} \right) \right] \cdot \cos\beta;$$

$$\varepsilon_\alpha = \left[1,88 - 3,2 \cdot \left(\frac{1}{52} + \frac{1}{52} \right) \right] \cdot \cos 0^\circ = 1.757;$$

$$Z_\varepsilon = \sqrt{\frac{4 - 1,757}{3}} = 0,865$$

$$\sigma_H = 1,76 \cdot 275 \cdot 0,865 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 386000 \cdot 1,08 \cdot 1,075 \cdot 1,02 \cdot \frac{1+1}{1}}{110 \cdot 195^2}} = 276.8 \text{ МПа};$$

Напруження від максимального навантаження:

$$\sigma_H = 276.8 \cdot \sqrt{1.6} = 350.13 \text{ МПа} < [\sigma_{HM}] = 756 \text{ МПа}$$

Остаточно приймаємо розміри передачі:

$$m = 5 \text{ мм}, z_1 = 39, z_2 = 39, u = 1.0, b_{\omega 2} = 100 \text{ мм}, b_{\omega 1} = 110 \text{ мм}$$

Таблиця 5.6.1 Параметри зубчастої передачі

Кут нахилу зуба	$\beta = 0^\circ$
Кут зачеплення в нормальному перерізі	$\alpha_w = \alpha = 20^\circ$
Кут зачеплення в торцьовому перерізі	$\alpha_w = \alpha = 20^\circ$
Міжосьова відстань	$a_w = 0,5 \cdot m \cdot (z_1 + z_2) = 0,5 \cdot 5 \cdot (39 + 39) = 195 \text{ мм}$
Ділильний і початковий діаметри:	
Шестерні	$d_1 = d_{\omega 1} = m \cdot z_1 = 5 \cdot 39 = 195 \text{ мм}$
Зубчастого колеса	$d_2 = d_{\omega 2} = m \cdot z_2 = 5 \cdot 39 = 195 \text{ мм}$
Діаметри вершин зубців:	
Шестерні	$d_{a1} = d_1 + 2 \cdot m = 195 + 2 \cdot 5 = 205 \text{ мм}$
Зубчастого колеса	$d_{a2} = d_2 + 2 \cdot m = 195 + 2 \cdot 5 = 205 \text{ мм}$
Діаметри западин:	
Шестерні	$d_{f1} = d_1 - 2.5 \cdot m = 195 - 2.5 \cdot 5 = 182.5 \text{ мм}$
Зубчастого колеса	$d_{f2} = d_2 - 2.5 \cdot m = 195 - 2.5 \cdot 5 = 182.5 \text{ мм}$

5.7. Розрахунок підшипників

Підбір радіально-упорного роликотпідшипника відбувається за наступними даними: радіальне навантаження на підшипник $F_r = 3157.135 \text{ Н}$; осьове навантаження що прикладене до валу і сприймається підшипником

$F_{ab} = 9520.7 \text{ Н}$; частота обертання валу $n = 45 \text{ об/хв}$; посадочний діаметр валу під підшипник $d = 55 \text{ мм}$; коефіцієнт обертання кільця $V = 1$; коефіцієнт безпеки $K_s = 1,2$; температурний коефіцієнт $K_T = 1,05$; необхідна довговічність $L_h \geq 26000 \text{ год}$

Попередньо приймаємо підшипник середньої серії 7310 за ГОСТ 333-79, який має такі характеристики:

динамічна вантажопід'ємність $C = 96600$;

статична вантажопід'ємність $C_0 = 75900$;

кут контакту $\alpha = 12^\circ$

Осьова складова радіальних навантажень для підшипника

$$F_s = 0.83 \cdot e \cdot F_r = 0.83 \cdot 0.319 \cdot 3157.135 = 835,915 \text{ Н}$$

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

Розрахункове осьове навантаження

$$F_a = F_s + F_{ab} = 835,915 + 9520.7 = 10356,615 \text{ Н}$$

Вираховуємо співвідношення:

$$\frac{F_a}{V \cdot F_r} = \frac{10356,615}{1 \cdot 3157.135} = 3.28 > e = 0.31$$

Приймаємо коефіцієнти радіальної і осьової 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 на підшипник

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

$$P = (0.4 \cdot 3157.135 + 1,882 \cdot 10356.615) \cdot 1.2 \cdot 1.05 = 26150,5 \text{ Н};$$

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot \left(\frac{C}{P}\right)^m = \frac{10^6}{60 \cdot 45} \cdot \left(\frac{96600}{26150,5}\right)^{\frac{10}{3}} = 28861,48 \text{ год}$$

Де: $m = 10/3$

Номінальна довговічність вибраного підшипника більша за строк служби передачі. Отже даний вибір підшипника є вірним.

5.8. Підбір пневмоциліндрів для формувального механізму

Данні для розрахунку:

кут направлення штоку пневмоциліндрів; $\alpha = 270^\circ$;

маса об'єкту, кг; $m = 15$ кг;

корисне навантаження при здійсненні робочого ходу, Н; $F_{кор} = 300$ Н,

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

коефіцієнт тертя; $\mu = 0,2$;

коефіцієнт корисної дії механізму; $\eta = 0.9$

Використовуючи методику інженерного розрахунку пневмоциліндрів, за спрощеною формулою, отримаємо:

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

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

k_2 – коефіцієнт запасу по зусиллю $k_2 = 0,5 \dots 0,6$;

F – навантаження що діє на шток.

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

$$F = 300 + 15 \cdot 9.81 \cdot (\sin 270^\circ + 0.2 \cdot \cos 270^\circ) = 152,85 \text{ Н};$$

Діаметр поршня пневмоциліндра:

$$D = 1.13 \cdot 0.9 \cdot \sqrt{\frac{152,85}{0.8 \cdot 0.6 \cdot 3 \cdot 10^5}} = 0.033 \text{ м};$$

Приймаємо діаметр поршня пневмоциліндра $D = 40$ мм;

За отриманими даними обираємо пневмоциліндр фірми Samozzi 90M2A040A0050 з робочим ходом 50 мм.

5.9. Вибір та перевірочний розрахунок шпонкових з'єднань

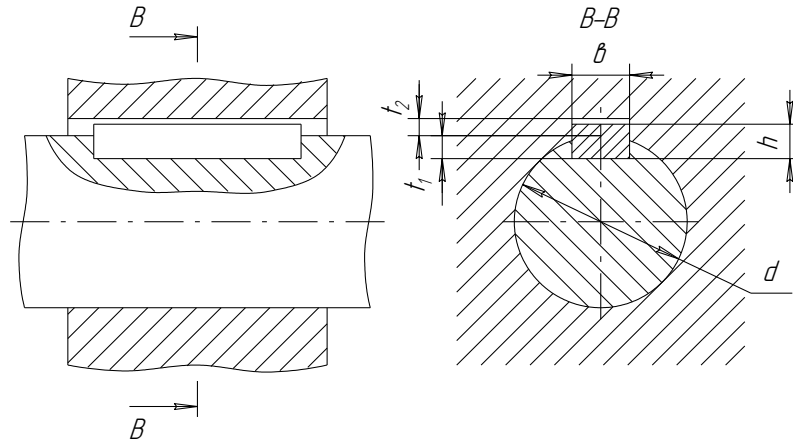


Рис. 5.9.1 Ескіз шпонкових з'єднань

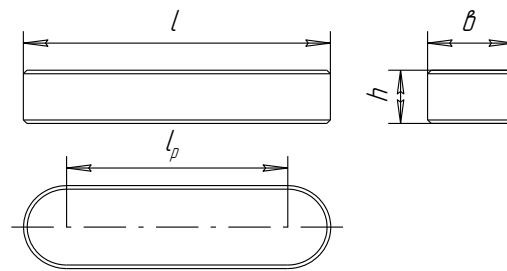


Рис. 5.9.2 Ескіз призматичної шпонки

Для вала діаметром 50мм:

Геометричні розміри шпонки:

$$b = 16 \text{ мм}; h = 10 \text{ мм}; l = 45 \dots 180 \text{ мм}; t_1 = 6 \text{ мм}; t_2 = 4,3 \text{ мм}$$

З умови міцності на зріз:

$$\tau_{зр} = \frac{P}{A_{зр}} \leq [\tau_{зр}];$$

Де: $A_{зр} = b \cdot l$ – площа зрізу;

$P = \frac{2 \cdot T}{d}$ – сила що діє в зоні зрізу

Для сталі 40ХН $[\tau_{зр}] = 100\text{МПа}$

Тоді:

$$l \geq \frac{2 \cdot 386000}{50 \cdot 16 \cdot 100} = 9,65\text{мм}$$

З конструкційних міркувань приймаємо $l = 90\text{мм}$

Перевіримо шпонку за умовою міцності на зминання:

$$\sigma_{зм} = \frac{P}{A_{зм}} \leq [\sigma_{зм}];$$

Для сталі 40ХМ $[\sigma_{зм}] = 60\text{МПа}$

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot 386000}{50 \cdot 90 \cdot 4,3} = 39,9\text{МПа} < [\sigma_{зм}] = 60\text{МПа}$$

Для вала діаметром 45мм:

Геометричні розміри шпонки:

$$b = 14 \text{ мм}; h = 9\text{мм}; l = 36 \dots 140\text{мм}; t_1 = 5,5\text{мм}; t_2 = 3,8\text{мм}$$

З умови міцності на зріз:

$$\tau_{зр} = \frac{P}{A_{зр}} \leq [\tau_{зр}];$$

Де: $A_{зр} = b \cdot l$ – площа зрізу;

$$P = \frac{2 \cdot T}{d} \text{ – сила що діє в зоні зрізу}$$

Для сталі 40ХН $[\tau_{зр}] = 100\text{МПа}$

Тоді:

$$l \geq \frac{2 \cdot 386000}{45 \cdot 14 \cdot 100} = 7,5 \text{ мм}$$

З конструкційних міркувань приймаємо $l = 80\text{мм}$

Перевіримо шпонку за умовою міцності на зминання:

$$\sigma_{зм} = \frac{P}{A_{зм}} \leq [\sigma_{зм}];$$

Для сталі 40ХМ $[\sigma_{зм}] = 60\text{МПа}$

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot 386000}{45 \cdot 80 \cdot 3,8} = 56,4\text{МПа} < [\sigma_{зм}] = 60\text{МПа}$$

5.10. Підбір форсунки для розпилення рідких компонентів

Для розпилення рідких компонентів потрібно підібрати форсунку. Я підібрав форсунку фірми «Lechler» серії 422. Форсунки цієї серії мають ряд особливостей. Вони мають тангенціальний підвід рідини, відсутність вбудованих елементів, нечутливість до забивання форсунки, стабільний кут конуса розпилу, рівномірне розпилення.

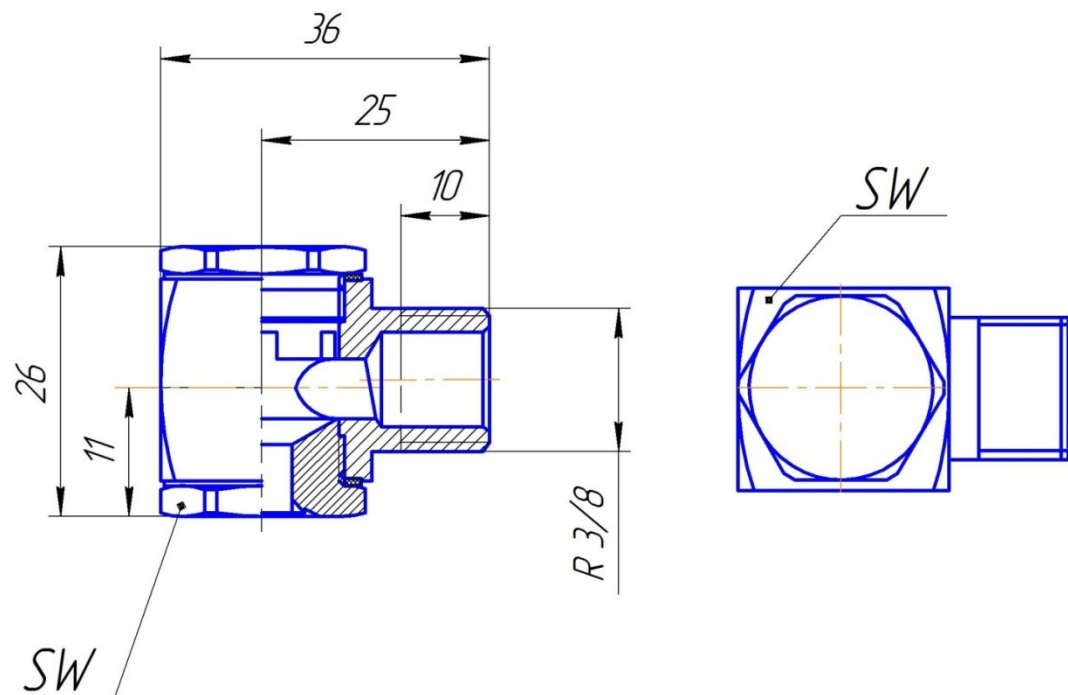


Рис. 5.10.1. Ескіз форсунки

SW=19

При тиску $P=1$ бар., буде розпилюватись $V=2.23$ л/хв. рідини.

$$S_{щ} = S_n + (S_m \cdot 4) = 14960 + (4080 \cdot 4) = 31280 \text{ мм}^2$$

$$S_n = 340 \cdot 44 = 14960 \text{ мм}^2$$

$$S_m = \frac{1}{2} \cdot 170 \cdot 48 = 4080 \text{ мм}^2$$

Розраховуємо площу формувальної плити:

$$S_{\phi} = 600 \cdot 60 = 36000 \text{ мм}^2$$

Отже:

$$\frac{S_{\phi}}{S_{\text{ц}}} = \frac{36000}{31280} = 1.151$$

5.12. Вибір та перевірочний розрахунок муфти

За умовою:

Крутний момент, Нм; $T_3 = 386 \text{ Нм}$;

Діаметр валу, мм; $d = 45 \text{ мм}$.

Згідно таблиць вибираємо пружну втулко-пальцеву муфту згідно ГОСТ 21424-75 для $T=500 \text{ Нм}$ і діаметра валу 45мм.

Муфта має такі геометричні розміри:

$D = 170 \text{ мм}$; $L = 200 \text{ мм}$; $D_1 = 130 \text{ мм}$; $l_1 = 18 \text{ мм}$; $l_2 = 32 \text{ мм}$; $d_2 = 80 \text{ мм}$;
 $d_3 = 28 \text{ мм}$; $B = 5 \text{ мм}$; $B_1 = 56 \text{ мм}$.

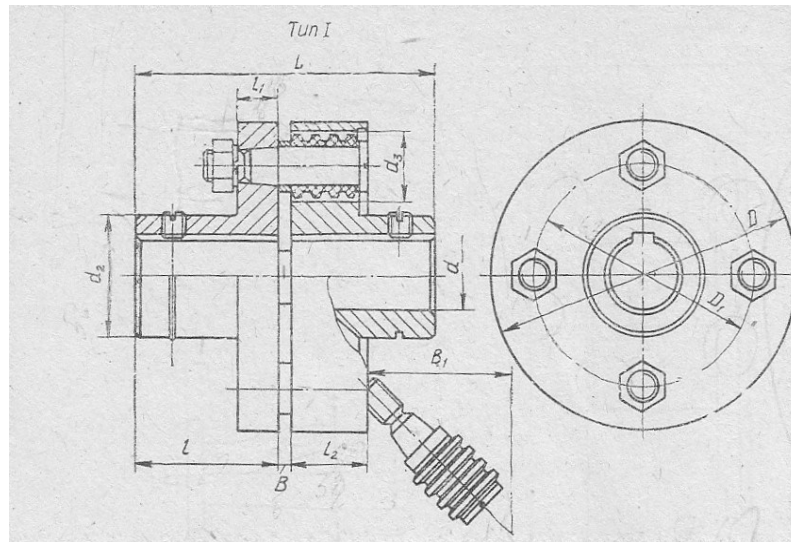


Рис. 5.12.1 Ескіз муфти

Пальці мають такі геометричні розміри:

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

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

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

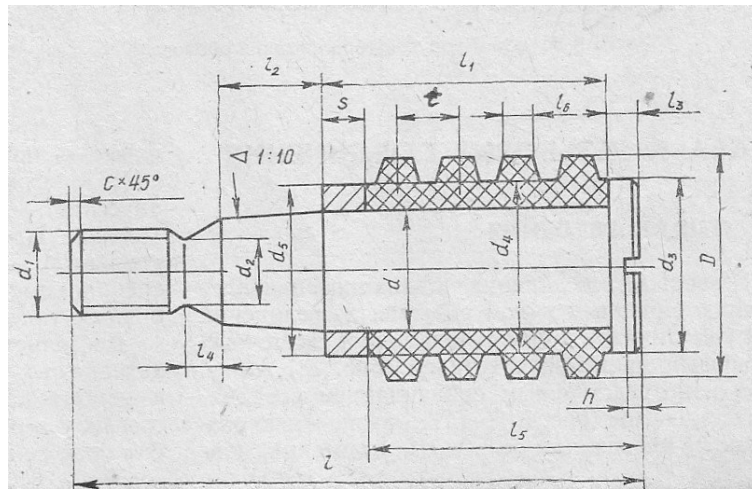


Рис. 5.12.2. Ескіз пальця

Момент опору пальця

Для вибраної муфти виконуємо перевірочний розрахунок для пальців на згин:

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

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 втулки пальця

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

Момент опору 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 вибраної муфти виконуємо перевірочний розрахунок втулки на зминання:

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

Де:

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

Сила що діє на втулку:

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

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

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

6.Монтаж, ремонт та експлуатація обладнання

6.1 Монтаж змішувально-бродильно-формуального агрегату

Правильне виконання деяких етапів монтажу обладнання забезпечує нормальну роботу агрегату.

Монтажні роботи виконуються за спеціально розробленим проектом монтажної організації. Особам, які вивчили матеріальну частину та пройшли інструктаж з техніки безпеки, дозволяється виконувати монтаж, налагодження, експлуатацію та обслуговування обладнання.

Змішувально-бродильно-формуальний агрегат (ЗБФА) надходить на монтаж в зібраному вигляді.

Встановлення ЗБФА починається з маркувальних робіт, потім встановлюється блок на зроблену розмітку на попередньо підготовленій основі і кріпиться гайками з шайбою до анкерних болтів. Потім на спеціальній основі встановить мотор-редуктор.

Після установки пристрій очищається від бруду, масла. Перед запуском машини перевірити герметичність болтових з'єднань: приводний двигун-редуктор, що заміщує корпуси, контролювати міцність підшипників; змастити всі необхідні деталі машини; встановить захист накопичувача та надійно закріпіть його.

Потім вручну перевірте, чи вільно обертаються органи тіста для замішування тіста. Потім увімкніть машину на холостому ході, короткочасно натискаючи кнопку "Пуск".

Коли машина працює, не повинно бути стуку та вібрації. При підключенні двигуна редуктора перевірте напрямок обертання місильних тіл.

Потім машину ненадовго прокручують і в разі її нормальної роботи вводять обкатку без завантаження протягом 2-3 годин. Після пробного пуску та усунення помічених недоліків приступають до експлуатації.

6.2 Експлуатація ЗБФА

Правила технічної експлуатації ЗБФА включають: підтримання зовнішніх умов її роботи (відповідність приміщень, чистота, температура, вологість, чистота повітря та інші).

Основні правила експлуатації ЗБФА:

- забезпечення належного стану робочого місця;
- підтримка обладнання в чистоті, своєчасне і правильне змащування;
- дотримання допустимих режимів роботи механізмів (навантаження силові, швидкісні, теплові та інші);
- виконання правил управління машиною (пуск, експлуатація, зупинка);
- виконання заходів обумовлених системою планового технічного обслуговування та ремонту обладнання.

Нагляд за технічним станом обладнання на підприємстві здійснює відділ головного механіка, який не тільки контролює умови експлуатації, а й готує пропозиції та технічну документацію щодо поліпшення стану обладнання. Інспекційна служба цього відділу має право зупиняти машини та агрегати у

разі їх незадовільного стану, неправильної експлуатації або порушення графіків планового технічного обслуговування.

Робітник (оператор) повинен знати конструкцію і взаємодію основних механізмів машин, вміти їх регулювати, виконувати дрібний ремонт, підтримувати в належному стані робоче місце. Від знання і виконання правил експлуатації обладнання кожним робітником, залежить технічний стан ЗБФА. Догляд за ЗБФА необхідний для підтримки його ефективності. При належному догляді ви можете значно збільшити термін служби агрегату перед наступним ремонтом. Перед початком роботи робітник повинен оглянути агрегат і перевірити його робочий стан, перевірити місця змащення, наявність в них масла. У разі виявлення будь-яких пошкоджень або несправностей робітник повідомляє про це майстру. Під час робочої зміни необхідно проводити змащення всіх зазначених місць карта змащення даного пристрою та масло, зазначене в інструкції. Завдяки централізованому змащуванню переконайтесь, що масляний бак завжди наповнений маслом.

6.3 Ремонт ЗБФА

Під час роботи ЗБФА необхідно стежити за природою агрегату. Потрібно стежити за температурою підшипників. Якщо в робочому механізмі є сторонні шуми, необхідно зупинити машину та зробити необхідні регулювання. Для незначних пошкоджень, які не спричиняють простою, потрібно швидко замінити пошкоджену деталь.

Ремонт і технічне обслуговування - це сукупність операцій з підтримання ефективності або справності обладнання під час його експлуатації за прямим призначенням, зберігання та транспортування. Технічне обслуговування обладнання під час використання за призначенням виконується відповідно до інструкцій з експлуатації, розроблених виробником. Комплекс робіт з ремонту та обслуговування ZBFA, що експлуатується, включає: технічний огляд та у разі виявлення несправності, його ремонт. Технічне обслуговування, що включає роботи з дотримання правил пуску, експлуатації та відключення

обладнання, своєчасне змащення окремих вузлів, підтримання належної санітарної обробки робочого місця і т. Д. На кожному робочому місці повинні бути інструкції з технічного обслуговування агрегату. Технічне обслуговування виконують оператори та інші працівники, які працюють безпосередньо на агрегаті. Технічний нагляд виконується бригадою ремонтників у складі чергових слюсарів, електриків, мастильників та інших. При технічному нагляді виконуються роботи, без яких неможлива нормальна експлуатація обладнання між плановими ремонтами.

До таких робіт відносяться: регулювання окремих механізмів, підтягування різьбових з'єднань, догляд за арматурою.

Більшу частину цієї роботи виконують у міру необхідності згідно з інструкцією з експлуатації. Поліпшення якості обслуговування, постійний контроль за роботою обладнання може зменшити кількість позапланових ремонтів.

Виробничий процес ремонту ZBFA включає основні технологічні процеси: очищення, розбирання, промивання, контрольньо-сортування, ремонт і відновлення деталей і муфт, складання, складання, обкатка тощо, а також підготовчі та супутні процеси: матеріал і технічну доставку, забезпечення експлуатації машини та іншого обладнання, доставку та відправлення відремонтованих об'єктів (за умови транспортування об'єктів ремонтною компанією) тощо..

Перед ремонтом ЗБФА необхідно провести огляд обладнання і виявити всі дефекти. Дефекти виявляють під час огляду, а також на основі аналізу записів в журналі механіка та слюсарів-ремонтників. До початку ремонту заготовляють змінні деталі та інструменти.

Перед ремонтом агрегату та його демонтажем обладнання відключають від мережі електроживлення, мереж технологічних комунікацій, відключають привід, від'єднують напівмуфти вала двигуна, зливають масло з баків системи

змащення. На стібці електромережі вивішено табличку: "Не вмикати - люди працюють".

Основні правила розбирання ЗБФА:

- розбиранню підлягає лише той вузол або той механізм, який підлягає ремонту (повне розбирання виконується лише при капітальному ремонті);
- перед розбиранням необхідно ознайомитись з технічним паспортом, кінематичною схемою, кресленнями основних деталей і визначити порядок розбирання. Рекомендується також попередньо скласти план розбирання по одному із методів: послідовному чи паралельно-послідовному;
- в процесі розбирання проводиться та складається відомість дефектів;
- починають розбирати агрегат із зняття кожухів, кришок, запобіжних щитків, щоб відкрити доступ до вузла, що підлягає розбиранню;
- в разі розбирання декількох вузлів, деталі кожного з них складаються при зніманні громіздких деталей і вузлів необхідно користуватися вантажопідйомними механізмами;
- для полегшення розбирання спряжень, потрібно користуватись спеціальними пристроями, знімачами, інструментами та спеціальними механізмами.

7. Розробка технологічного процесу виготовлення

кулачка

7.1. Вибір деталі та обґрунтування вибору матеріала

Під час розроблення проекту змішувально–бродильноформуального агрегату для було розглянуто конструкцію пневматичного виштовхування тіста .

Розроблюємо технологічний процес виготовлення відповідальної деталі кулачка робочого органу.

Ця частина відноситься до таких частин, як шнек, являє собою тіло обертання, що складається з декількох циліндричних поверхонь, обмежених торцями. На кінці - отвір $\varnothing 26$, через який він кріпиться до валу. Деталь не піддається різним агресивним середовищам, розташована у нерухомому валу, що має безпосередній контакт з тістом, з якого виготовлені багети, тому матеріал повинен мати особливі якості, такі як стійкість до корозії та відповідати санітарно-гігієнічним вимогам. Враховуючи економічний аспект цього питання, матеріал повинен бути порівняно недорогим, як для виготовлення цього виробу.

Виходячи з аналізу характеристик середовища в якому працює кулачек та усіх факторів які впливають на роботоздатність деталі, та враховуючи властивості тих чи інших матеріалів для виготовлення даної деталі найкраще підходить Фторопласт Ф-4

Зі фторопласту виготовляють багато деталей з підвищеною пластичністю, що піддаються ударним навантаженням, вібрації, через те фторопласт добре працює. Для деталей з фторопласту характерні мала чутливість до впливу агресивних середовищ при циклічних навантаженнях.

Таким чином провівши необхідний аналіз можна зробити висновок що саме фторопласт Ф-4 є найбільш підходящим матеріалом для виготовлення даної деталі .

Свойство полимера		Фторопласт 4
Плотность, кг/м³		2150–2240
Разрушающее напряжение, МПа	Растяжение	16–35
	Сжатие	10–12
	Изгиб	14–18
Температура, °С	Плавления	270–327
	Стеклования	127
	Разложения	425
	Эксплуатации	-260...+260
Удельное сопротивление, Ом·м		10^{17} – 10^{18}

7.2. Перевірка кулачка на відповідність умовам взаємозамінності, надійності та довговічності

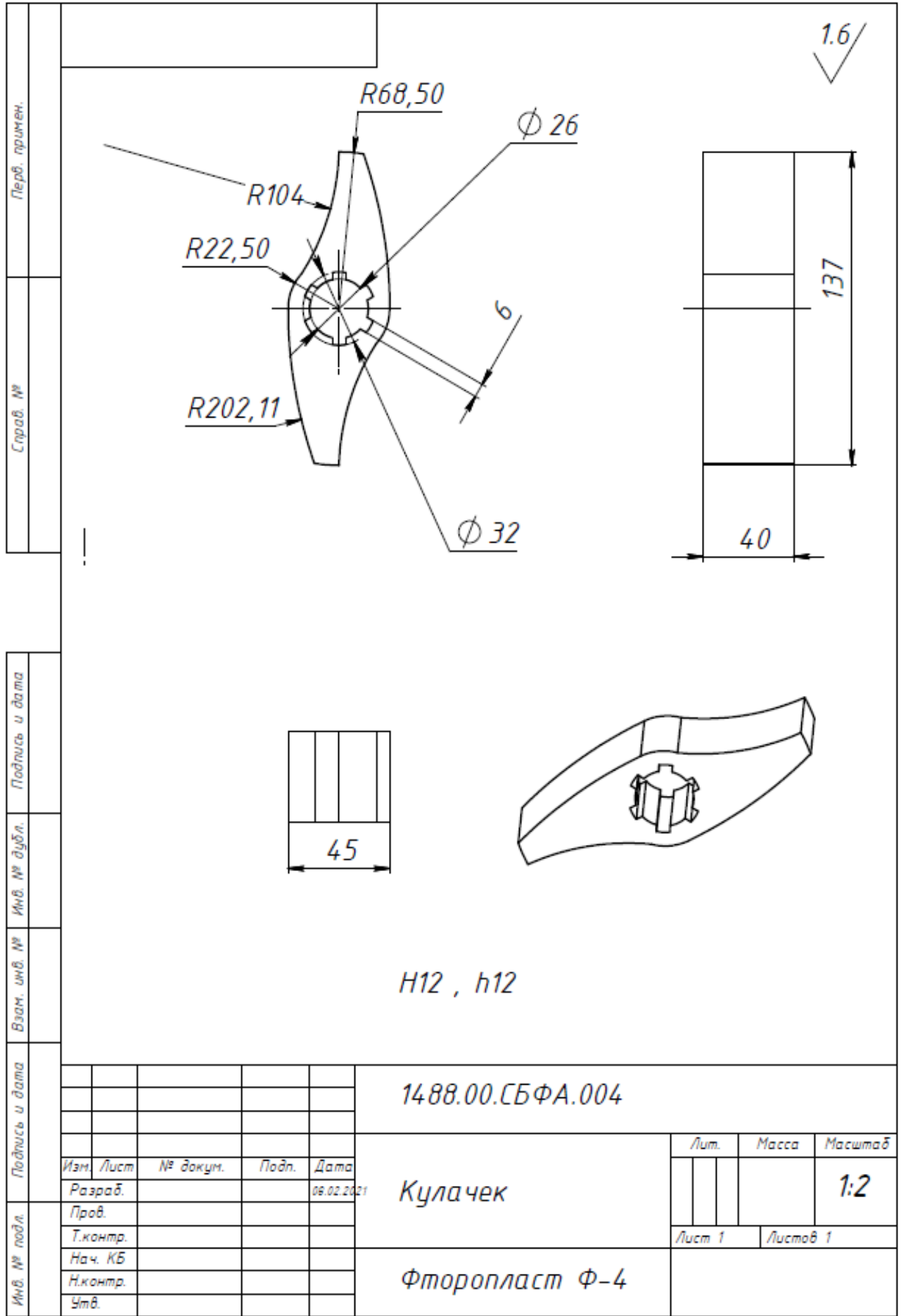
Аналізуючи роботу механізму, частини можна згрупувати за призначенням, характером і формою та іншими властивостями. Такий підхід дозволяє систематизувати компоненти та запасні частини.

Враховуючи потоковий метод виготовлення є сенс замовити готові заготовки на заводі виробника. Так як приведена система досить розповсюджена, а кулачек - деталь достатньо розповсюджена у харчовій голузи

Проаналізувавши умови роботи кулачка з точки зору надійності і зносостійкості, можна зробити висновки, що факторами які впливатимуть на його роботу будуть осьове циклічне навантаження від ударів у тісто та дотичні напруження, що виникатимуть в місцях кріплення. Матеріал з якого виготовлений шток, а саме Фторопласт Ф-4, не реагує на температурні коливання, має малу чутливість до впливу зовнішніх концентраторів напружень при циклічних навантаженнях та прийнятне відношення межі текучості до межі міцності на розтяг.

7.3. Розроблення робочого креслення кулачка

7.4. Розроблення технологічного процесу виготовлення кулачка



H12 , h12

1488.00.СБФА.004

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.				06.02.2021
Пров.				
Т.контр.				
Нач. КБ				
Н.контр.				
Чтв.				

Кулачек

Фторопласт Ф-4

Лит.	Масса	Масштаб
		1:2
Лист 1	Листов 1	

Перв. примен.	
Справ. №	
Подпись и дата	
Имб. № дубл.	
Взам. имб. №	
Подпись и дата	
Имб. № подл.	

Дубл.	Взам.	Подл.											2			
Д	Цех	Уч. РМ	Опер.	Код, наименование операции	СМ	Проф.	Р	УГ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.	
Б	Код, наименование оборудования				Обозначение документа											
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала				Обозначение, код											
01	А	Встановити та закріпити заготовку центруючись отвором \varnothing 26														
02	1	Підрізати правий торець на пл. 2мм (чист.)														
03	2	Точити заготовку до \varnothing 138мм на 50мм (чирн.)														
04	3	Точити заготовку до \varnothing 137мм на 50мм (чист.)														
05	4	Відрізати заготовку шириною 42мм														
06	Б	Встановити та закріпити заготовку														
07	1	Підрізати торець на пл. 2мм (чист.)														
08		003 Протяжка УЗ5														
09		Верстат горизонтально протяжний														
10		7A510 Протяжка 6F8														
11		Ділильна головка Штангенциркуль														
12	А	Встановити та закріпити заготовку на ділильний головці														
13	1	Проточити паз на глибину 3мм (чист.)														
14	2	Повернути ділильну головку на 30 градусів														
15	3	Проточити паз на глибину 3мм (чист.)														
16	4	Повернути ділильну головку на 30 градусів														
17	5	Проточити паз на глибину 3мм (чист.)														
МК/КТП																

Лубл.	Взам.	Подл.											3		
А	Цех	Уч. РМ	Опер.	Код, наименование операции	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИЦ	ЕН	ОП	Клт.	Тпз	Тшт.
Б	Код, наименование оборудования				Обозначение документа										
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала				Обозначение, код										
01	6	Повернути	дільнну	головку на 30 градусів											
02	7	Проточити	паз на	глибину 3мм (чист.)											
03	8	Повернути	дільнну	головку на 30 градусів											
04	9	Проточити	паз на	глибину 3мм (чист.)											
05	10	Повернути	дільнну	головку на 30 градусів											
06	11	Проточити	паз на	глибину 3мм (чист.)											
07			004	фрезерна УЗЗ											
08				Токарно фрезерний верстат ЧПУ											
09				СМ-ДХ 50-1500											
10				Кінцева фреза 60 T15K6											
11				Штангенциркуль Пешага											
12	А	Встановити	та закріпити	заготовку на дільнийний головці											
13	1	фрезерувати	поверхню	до R 104 (чист.)											
14	2	фрезерувати	поверхню	до R 202 (чист.)											
15	3	фрезерувати	поверхню	до R 104 (чист.)											
16	4	фрезерувати	поверхню	до R 202 (чист.)											
17	Активация Windows														
МКР/КТП	Чтобы активировать Windows, перейдите раздел "Параметры".														

8. Охорона праці

Вступ

Згідно зі статтею 1 закону України «Про охорону праці», що прийнятий в дію постановою Верховної Ради України № 2695-ХІІ від 14.10.92 з всіма подальшими змінами охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності.

Система управління охороною праці (СУОП) – підсистема єдиної системи управління виробництвом, яка контролює показники безпеки та охорони праці, аналізує стан охорони праці, забезпечує прийняття, підготовку і реалізацію рішень, які спрямовані на збереження здоров'я та працездатності людини в процесі праці.

Основні принципи функціонування СУОП підприємства :

а) зв'язок процесу виробництва з рівнем забезпечення безпечних і нешкідливих умов праці;

б) виконання трудової і технологічної дисципліни працівниками підприємства;

в) діяльність органів управління охороною праці підприємства спільна з метою виконання заходів по створенню безпечних і здорових умов праці;

г) обов'язкова економічна зацікавленість роботодавця і працівника у поліпшенні безпечних і нешкідливих умов праці.

Мета СУОП – забезпечити безпеку праці, зберегти здоров'я та працездатність працівників

Аналіз основних технологічних процесів і обладнання з метою виявлення небезпечних і шкідливих чинників для працівників

Для виявлення наявності шкідливих і небезпечних чинників проаналізуємо роботу обладнання цеху по виробництву багетів на підприємстві. Умовні позначення нанесені на спрощену схему агрегату.

У робочій зоні можливий вплив таких шкідливих та небезпечних виробничих факторів:

- підвищення температури повітря (при порушенні експлуатації устаткування і несправності вентиляції);
- обертові частини електроприводів при відсутності або несправності захисних засобів;

Для дотримання нормальних умов праці необхідно забезпечити надійну ізоляцію поверхонь устаткування та забезпечити подачу свіжого повітря за допомогою вентиляційної системи.



Рис.8.1. Небезпечні чинники на лінії виробництва багетів

Для зручності наявним у цеху шкідливим і небезпечним чинникам присвоїли символи: Ш – шум, В – вібрація, Мт – механічні травми, Е – електробезпека, Т – виділення тепла.

Мікроклімат

Мікроклімат виробничих приміщень визначаються допустимими нормами таких параметрів як: температурою повітря в приміщенні, С; відносною вологістю повітря, %; рухливістю повітря, м/с; тепловим випромінюванням Вт/м², згідно з ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».

Відповідно вимогам до умов мікроклімату ділянки випікання вентиляція повинна забезпечити температуру повітря 17...19°C у зимовий час і 21...23°C в теплу пору року, при швидкості повітря 0,2...0,3м/с. Вологість в приміщенні підвищена і тому непотрібне зволоження повітря в системі вентиляції.

Допустимі норми мікроклімату подані в таблиці.

Таблица 8.1. Допустимі норми мікроклімату

№ пор.	Професія	Категорія робіт за важкістю	Температура, °С на робочих місцях				Відносна вологість ф, %	Швидкість руху повітря, м/с
			Верхня границя		Нижня границя			
			Постійних	непостійних	постійних	непостійних		
1	Оператор ЗБФА	Іа	Холодна пора року				75	до 0,2
			25	26	22	20		
			Тепла пора року				60(при 27 °С)	0,1-0,3
			26	28	25	22		
2	Оператор гільйотинного механізму	Іа	Холодна пора року				75	до 0,3
			25	26	22	20		
			Тепла пора року				65(при 26°С)	0,2-0,4
			26	28	25	22		
3	Пекар	Іб	Холодна пора року				75	до 0,3
			30	32	25	23		
			Тепла пора року				65(при 26°С)	0,2-0,4
			35	40	27	28		

Загазованість

Під час роботи змішувально-бродильноформуального агрегату, а саме під час виформовування виробів крізь отвори матриці виділяється деяка кількість двоокису вуглецю, але його концентрація незначна, тому загазованість не нормується.

Запиленість

Під час роботи змішувально-бродильноформуального агрегату в повітря пил не потрапляє.

Шум

Шум в на ділянці виробництва багетів не перевищує нормативний.

Перевірка шуму та вібрації на робочих місцях повинна проводитись не рідше одного разу на рік, постійних робочих місць і робочих зон у виробничих приміщеннях становить 80 дБ

Допустимі норми шуму для вибраних професій подано в таблиці.

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 ЗБФА	100	95	90	84	79	78	75	74	72	80
2	Оператор гільйотинного механізму	100	95	90	84	79	78	75	74	72	80
3	Пекар	100	95	90	84	79	78	75	74	72	80

Найбільш раціональним методом боротьби з шумом є зменшення його в джерелах виникнення. З цією метою приймаються наступні заходи:

- по можливості замінюються ударні взаємодії деталей на без ударні;
- звукоізоляція огорожувальних конструкцій;
- своєчасна заміна підшипників;
- змазка ударних деталей в'язкими рідинами.
- своєчасні виявлення та усунення несправностей пневматичної системи

гільйотинного механізму

Вібрація

Вібрація буває локальна і загальна. Обладнання діляниць при роботі викликає вібрацію, але воно не потребує постійного ручного керування або безпосереднього контакту з людиною тому воно створює загальну технологічну вібрацію, що передається на фундамент або підлогу, а через підлогу діє на людину. В нашому випадку загальну технологічну вібрацію, що передається на фундамент тобто на підлогу створює ЗБФА та .

Рівні вібрації, що впливають на людину по вертикальній та горизонтальній осям у виробничих умовах, не повинні перевищувати певних значень. Допустимий рівень вібрації для постійних робочих місць і робочих зон у виробничих приміщеннях становить до 93 дБ, згідно з ДСТУ ГОСТ 12.1.012:2008 «Система стандартів безпеки праці. Вібраційна безпека. Загальні норми».

Випромінювання

Змішувально-бродильноформульний агрегат не являється джерелом будь-якого випромінювання.

Освітлення

Освітленість робочих місць здійснюється природним світлом – у світлі години доби і штучним – у темні.

Природне освітлення забезпечується через великі вікна. З часом через забрудненість скла ефективність природного освітлення знижується. необхідно не рідше, як два рази на рік очищати скло. Також велике значення для природного освітлення мають чистота і колір стін та стелі приміщення.

Штучне освітлення утворюється штучними джерелами світла і розподіляється на робоче, аварійне та охоронне. Типи світильників вибрані у відповідності з характеристикою і призначенням приміщень. Розміщення світильників рівномірне по всій площині цеху. Очищення світильників повинен робити електрик 1 раз на місяць. Контроль за освітленістю потрібно проводити не рідше ніж один раз на три місяці. Включення загальної системи - централізоване. Штучне освітлення представлене люмінесцентними лампами, які встановлені поблизу робочих місць.

Люмінесцентне освітлення цеху 200 лк.

На території бродильно-формуальної дільниці передбачено аварійне освітлення. Воно виконується для забезпечення безпечного перебування обслуговуючого персоналу в цеху, а також для евакуації людей, у випадку вимикання робочого освітлення. На світильниках аварійного освітлення нанесено відрізняючий знак ПУЕ. Норма аварійного освітлення 75 лк.

Для проведення ремонтних робіт проведено мережу ремонтного освітлення. Мережа ремонтного освітлення працює при напрузі 36 В. Живлення здійснюється від понижуючих трансформаторів.

Для вибраних професій цеху наводимо норми штучного освітлення робочих місць.

Таблиця 8.3. Допустимі норми освітлення

	Професія	Точність	Розряд	Підрозряд	Освітленість, лк
--	----------	----------	--------	-----------	------------------

№		зорової роботи	зорової роботи	зорової роботи	Комбінована: Газорозрядні лампи.	Загальна: Газорозрядні лампи.
1	Оператор ЗБФА	Малої точності	V	в	400	200/150
2	Оператор гільйотиного механізму	Малої точності	V	в	400	200/150
3	Пекар	Малої точності	V	в	400	200/150

Розміщення та безпечна експлуатація технологічного обладнання.

При розміщенні обладнання дотримані вимоги СНиП 2.09.02-85* «Виробничі будівлі» Зміна № 1 від 21.10. 2004 року, по ширині проходів між обладнанням, що має електропривід, та будівельними конструкціями повинен бути вільний підхід з усіх сторін шириною не менше 1м.

Всі рухомі та струмоведучі частини та частини обладнання, що обертаються – огорожені. Передбачено блокування огорожуючих частин з приводом та гільйотинним механізмом. Блокування забезпечує відключення електродвигуна та пневмопривода відповідно при знятті огороження.

Забезпечення санітарно-побутовими приміщеннями

Територія цеху по виробництву галет, що знаходиться в складі хлібзаводу, відповідає ДБН В.2.2-28-2010. На хлібзаводі для забезпечення санітарно-гігієнічних норм передбачені такі побутові приміщення: роздягальні, душові, санвузли, кімната відпочинку, приміщення для прання

спецодягу.

Побутові приміщення розміщуються в одній будівлі з виробничим і забезпечуються припливно-витяжною вентиляцією. В адміністративному приміщенні хлібзаводу розміщені медпункт та пункт громадського харчування.

Виходячи з нормативних даних потрібно передбачити: гардеробну з індивідуальною шафою для кожного працівника. До гардеробних мають примикати душові. У гардеробних мають бути встановленні по одному умивальнику. Вбиральня може бути одна для чоловіків і жінок, але з тамбуром, що закривається, та умивальником.

Електробезпека

Бродильно-формувальна дільниця по небезпеці ураження людини електричним струмом та залежно від стану виробничого середовища за "Правилами улаштування електроустановок" (ПУЕ) відноситься до категорії з підвищеною небезпекою.

Задля забезпечення електробезпеки потрібно проводити такі заходи:

- заземлення всіх металевих не струмоведучих конструкцій елементів електрообладнання;
- швидкодіюче автоматично-захисне відключення у разі замикання на корпус електродвигунів приводу машини, або їх перевантаження;
- захисне розділення мережі;
- блокувально-попереджувальна сигналізація з написами і плакатами;
- використання захисних засобів і пристроїв;
- проведення ППР та профілактичних випробувань електричного обладнання тільки за відімкненого електричного живлення;
- проведення організаційних міроприємств (навчання, інструктажі,

атестація);

- захист від блискавки – блискавковідводи розташовані на даху цеху.

Пожежна безпека

Територія бродильно-формульної ділянки, що входить до складу цеху по виробництву галет, по вибухо-пожежній безпеці відноситься до категорії “В” згідно з нормами технологічного проектування НАПБ Б.03.002-2007.

Ступінь вогнестійкості будівлі для основних цехів не повинен бути нижче III згідно зі ДБН В 1.1-7-2002.

Згідно з ПУЕ клас приміщення та зони вибухопожежної небезпеки – В-Па.

Для своєчасного оповіщення про пожежу в цеху передбачена автоматична пожежна сигналізація. В якості автоматичних оповіщувачів прийняті теплові пожежні оповіщувачі АТП-ЗМ. Для ліквідації пожежі в цеху є первинні засоби первинного пожежогасіння. Це пожежні стволи разом з пожежними рукавами, внутрішні пожежні трубопроводи, вогнегасники, лопати, відра, сухий пісок, азбестові ковдри, а також інструменти для розбирання будівельних конструкцій.

Розрахунок необхідної кількості води для трьох часового пожежогасіння.

$$G = \frac{3 \cdot 3600 \cdot (n_1 + n_2)}{1000}, (\text{м}^3);$$

де: 3 – розрахунковий час гасіння пожежі, год;

3600 та 1000 – перевідні коефіцієнти відповідно години в секунди і літрів в м³.

n_1 – витрата води на внутрішнє пожежогасіння, л/с ; $n_1 = 5$ л/с ;

n_2 – витрата води на зовнішнє пожежогасіння, л/с, виходячи з того що відділення пожежонебезпекою відноситься до категорії “В”, ступінь вогнестійкості - “III”, та об`єм приміщення рівний:

$$V_{\text{пр}} = L \times S \times H$$

де L- довжина; S- ширина; H- висота цеху;

$$V_{\text{пр}} = 101 \times 60 \times 6 = 36360 \text{ м}^3, \text{ то } n_2 = 15 \text{ л/с.}$$

$$G = \frac{3 \cdot 3600 \cdot (5 + 15)}{1000} = 216 \text{ м}^3;$$

Для пожежогасіння потрібно мати резервуар місткістю не менше 216 м³.

У разі пожежі або інших нестандартних ситуацій у цеху має бути не менше двох шляхів евакуації людей. Розташовують виходи з протилежних сторін будівлі або розосереджено. У разі потреби одним з шляхів евакуації може бут вікно з пожежною драбиною або сходами, що ведуть на подвір'я.

Пропозиції щодо покращення умов праці

1. Передбачити додаткові огорожі біля небезпечних рухомих частин обладнання.
2. Впровадження технічних засобів захисту від ураження електрострумом.
3. Впровадження централізованого контролю, систем колективного захисту.
4. Забезпечення оптимального мікроклімату приміщення.
5. Організація кабінетів по техніці безпеки, лабораторій.

Висновки

У даному дипломному проекті спроектовано та розроблено змішувально-бродильноформувальний агрегат.

Серед основних переваг даного агрегату є:

- За рахунок суміщенні технологічних операцій змішування, бродіння, формування і розрихлення в одному агрегаті безперервної дії значно знижуються витрати на експлуатацію обладнання та електроенергію, дозволяє формувати вироби з дріжджового тіста з наступною кінцевою обробкою різання безпосередньо на під печі.
- За рахунок зменшення габаритів виробничої лінії зменшити та раціонально використовувати виробничі площі.
- За рахунок того що заміс тіста проходить в 3 стадії: змішування компонентів, власне заміс та пластифікація, процес змішування інтенсифікується, що в свою чергу покращує якість тіста та відповідно і готової продукції,
- Скорочується тривалість процесу виробництва тіста та можливість застосування прискореного тістоготування.

У дипломному проекті виконані розрахунки, які підтверджують доцільність та працездатність змішувально-бродильноформувального агрегату.

Таким чином змішувально-бродильно-формувальний агрегат з формувальною камерою має ряд переваг, що дає можливість впровадження його в виробництво.

Список використаної літератури

1. Смесительные машины в хлебопекарной и кондитерской промышленности / А.Т. Лисовенко, И.Н. Литовченко, И.В. Зирнис и др.; Под ред. А.Т. Лисовенко. – К.: Урожай, 1990. – 192 с.
2. Остриков А.Н. Экструзия в пищевой технологии/ А.Н. Остриков, О.В. Абрамов, А.С. Рудометкин. – СПб.: ГИОРД, 2004. – 288с.
3. Берман Г.К., Мачихин Ю.А., Лунин Л.Н. Течение вязко-пластичных пищевых масс в предматричной камере шнекового прессы // Хлебопекарная и кондитерская промышленность. – 1972. – №3. – С.18–20.
4. Тульский Н.В., Чернышев Н.Н. Действие давления на процесс брожения теста // Хлебопекарная и кондитерская промышленность. – 1972. – №5. – С.7 – 9
5. Лисовенко А.Т. Технологическое оборудование хлебозаводов и пути его совершенствования. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 208 с.
6. Патент на корисну модель 25943 Україна, МПК А21С11/08, А21С/13/00; Бродильно-формуєчий агрегат / Теличкун В.І., Чепелюк О.О., Шкляр С.В., Теличкун Ю.С., Губеня О.О.; НУХТ. - Заявл.27.04.2007 ; Опубл. 27.08.2007, Бюл. №13.
7. *Дробот В.І.* Довідник з технології хлібопекарського виробництва: Навч. посіб. — К.: Руслана, 1998. — 416 с.
8. Ковбаса В.М., Дорошевич А.М., Хіврич Б.І. Застосування екструзії у виробництві нових харчових продуктів. – К.: Укр.ІНТЕІ., 1995. – 64с
9. Гальперин Д.М., Горбатов В.М., Монтаж, наладка, експлуатація і ремонт обладнання.- М.: Пищевая промышленность, 1975-576с.

10. Ким В.С. Теория и практика экструзии полимеров. –М.: Химия, Колос, 2005.- 562 с.
11. Киркач Н.Ф., Баласанян Р.А. Расчет и проектирование деталей машин.-Х.: Высшая школа . Из-во при ХГУ, 1988.-142с.
12. *Маршалкин Г.А.* Технологическое оборудование кондитерских фабрик. — М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1984. — 448 с.
13. *Отраслевой* каталог "Оборудование технологическое для хлебопекарной промышленности". — М.: Пищ. пром-сть, 1982. — 353 с.
14. *Російсько-український* словник технічних термінів у хлібопекарському, кондитерському та макаронному виробництвах / Уклад. О.А. Руденко-Грицюк. — К.: УДУХТ, 1998. — 26 с.
15. *Технологічне* обладнання хлібопекарських і макаронних виробництв / За ред. О.Т. Лісовенка. — К.: Наук, думка, 2000. — 282 с.
16. *Технологическое* оборудование хлебопекарных и макаронных предприятий / Под ред. С.А. Мачихина. — М.: Агропромиздат, 1986. — 263 с.
17. *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 / — К.: КТ1ХП, 1992. — 27 с.
18. Башта А.В. Опір матеріалів у розрахунках на міцність, жорсткість і стійкість / — К.: НУХТ, 2008. — 215с.
19. Валентас К. Д. Пищевая инженерия: Справочник с примерами расчетов / К. Д. Валентас, Є. Ротштейн, Р. П. Сингх; пер. с англ. А. Л. Ишевского. — СПб.: Профессия, 2004. — 848 с.
20. 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

21. Exact mixing by reading bakery systems [Електронний ресурс]/ Markel food group, 2018 – Режим доступу: <http://www.exactmixing.com/models/mx-continuous-mixer.html>
22. Camozzi [Електронний ресурс]/ Camozzi , 2018 – Режим доступу: <http://catalog.camozzi.ua/#!/d01d03s05p01>
23. Обладнання підприємств переробної та харчової промисловості /за ред. Мирончука В. Г./ Підручник – Вінниця :Нова книга , 2007.- 648с.