

## НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет)            ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого           

Кафедра Машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв           

Освітній ступінь            Магістр           

Спеціальність            133 Галузеве машинобудування             
(код і назва)

Освітньо-професійна програма           

Інжиніринг харчових та біотехнологічних виробництв             
(назва)

### ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Олександр Гавва

“            ”            2022 року

## З А В Д А Н Н Я

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

           Шишу Сергію Миколайовичу             
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема „ Дослідження процесу бродіння пшеничного тіста в закритому об'ємі з метою створення змішувально-бродильно-формульованого агрегату продуктивністю 90 кг/год. „           

керівник роботи Теличкун Володимир Іванович           ,  
( прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “01” листопада 2021 року №860к

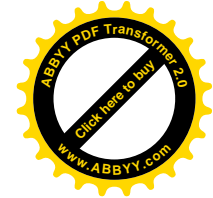
2. Строк подання здобувачем роботи           

3. Вихідні дані до роботи технічний паспорт обладнання; креслення обладнання; навчальна, наукова нормативна та спеціальна література           

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити ) Анотація; Вступ; Оброблення тістових заготовок із дріжджового тіста; Опис експериментальної установки для дослідження процесу екструзії газонаповненого тіста; Дослідження впливу геометрії формульованого каналу на екструдкування газонаповненого тіста; Практичне застосування результатів досліджень; Монтаж, експлуатація, ремонт обладнання; Технологія машинобудування; Охорона праці під час роботи на змішувально-бродильно-формульованому агрегаті; Техніко-економічні розрахунки; Захист навколишнього середовища; Висновки; Список використаної літератури; Додатки           

5. Перелік графічного матеріалу:

- Змішувально-бродильно формульованний агрегат; Формульована плита; Решітка; Змішувально-бродильноформульованний агрегат (розріз); Робочий орган.



## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Бойко Ю.І			

7. Дата видачі завдання 01.11.2021

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

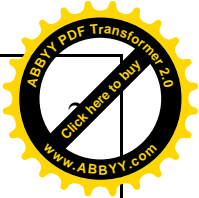
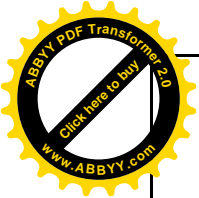
№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Анотація, зміст;	01.12.2021	Виконано
2	Вступ	03.12.2021	Виконано
3	Оброблення тістових заготовок із дріжджового тіста	4.12.2021-07.12.2021	Виконано
4	Опис експериментальної установки для дослідження процесу екструзії газонаповненого тіста	08.12.2021-11.12.2021	Виконано
5	Дослідження впливу геометрії формувального каналу на екструдкування газонаповненого тіста	11.12.2021-14.12.2021	Виконано
6	Практичне застосування результатів досліджень	14.12.2021-17.12.2021	Виконано
7	Технологія машинобудування	17.12.2021-20.12.2021	Виконано
8	Монтаж, експлуатація, ремонт обладнання	17.12.2021-20.12.2021	Виконано
9	Охорона праці під час роботи на змішувально-бродильно-формувальному агрегаті	20.12.2021-26.12.2021	Виконано
10	Техніко-економічні розрахунки	26.12.2021-04.01.2021	Виконано
11	Захист навколишнього середовища	12.01.2021-18.01.2021	Виконано
12	Охорона навколишнього середовища	21.01.2021-22.01.2021	Виконано
13	Висновок	21.01.2021-22.01.2021	Виконано
14	Графічна частина: 5 аркушів	22.01.2021-03.02.2021	Виконано
15	Подача ДП на кафедру	05.02.2021	Виконано

Здобувач \_\_\_\_\_  
(підпис)

Шиш С.М.  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

Теличкун В.І.  
(прізвище та ініціали)

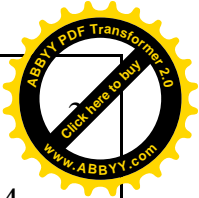
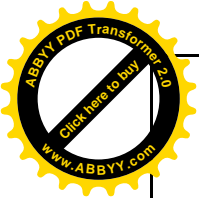


## ЗМІСТ

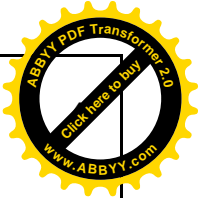
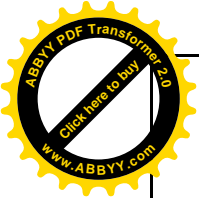
### АНОТАЦІЯ

ВСТУП	6
1. Оброблення тістових заготовок із дріжджового тіста	8
1.1. Важливість розпушення у формуванні об'єму і структури пористості готових виробів	8
1.2. Оброблення джгутоподібних продуктів із дріжджового тіста та обладнання що використовується	14
1.3. Процес екструзії в хлібопекарській промисловості	21
1.4. Вплив реологічних характеристик на плин процесу екструзії в'язкопружних середовищ	23
1.5. Висновки, мета та завдання досліджень	29
2. Опис експериментального обладнання для дослідження процесу екструзії газонаповненого тіста	32
3. Дослідження впливу геометричних параметрів формувального каналу на екструдкування газонаповненого тіста	35
3.1. Вплив кута входу до каналу	35
3.2. Вплив довжини формувального каналу	38
3.3. Вплив розширення каналу на виході на поведінку екструдату	40
4. Практичне застосування результатів досліджень	45
4.1. Розроблення змішувально-бродильно-формуального агрегату (ЗБФА)	45
4.2. Підбір конструктивних матеріалів	47
4.3. Розрахункова частина	48
5. Монтаж, експлуатація, ремонт обладнання	69

<i>Відповідальна організація</i>	<i>Технічне узгодження</i> <i>Теличкун В.І.</i>	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>	<i>Статус документа</i>			
<b>НУХТ</b>						
<i>Власник документа</i>	<i>Розробник документа</i> <i>Шил С.М.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>Зміст</b>	<b>202007.ДП.02.000.ПЗ</b>			
<b>НУХТ</b>	<i>Документ затверджено</i> <i>Гавва О.М.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i>



6. Технологія машинобудування	74
7. Охорона праці під час роботи на змішувально-бродильно-формуальному агрегаті	81
8. Техніко-економічні розрахунки	88
9. Захист навколишнього середовища	98
ВИСНОВКИ	105
Список використаної літератури	106
Додатки	



## АНОТАЦІЯ

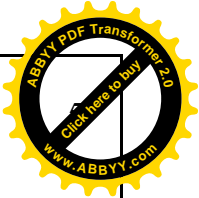
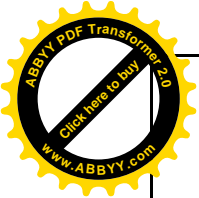
В дипломному проекті розглянуто теоретичний стан питання процесу оброблення заготовок із тіста, виконано дослідження впливу геометрії формувального каналу на процеси екструдювання газонаповнених пластичних тіл (тіста). Розроблено вимоги до конструкції формувальної головки.

На основі зроблених досліджень розроблено змішувально-бродильно-формульний агрегат з функцією механічного вивантаження камери бродіння. Операції приготування та оброблення тіста з'єднані в одному змішувально-бродильно-формульному агрегаті, що робить можливим створити компактну та високомеханізовану лінію з низькими енерговитратами. Суміщення технологічних операцій бродіння, замішування, формування і розпушення в одному агрегаті безперервної дії допомагає формувати вироби з дріжджевого тіста безпосередньо на під печі без додаткової операції оброблення, помітно скорочуються виробничі площі, знижуються витрати на користування обладнанням.

Таким чином змішувально-бродильно-формульний агрегат з механічним вивантаженням з камери для бродіння для тіста, має ряд переваг, що дає можливість впровадження його у виробництво.

**Ключові слова:** оброблення заготовок, тісто, геометрія формувального каналу, екструдювання, газонаповнене пластичне тіло, формувальна головка, змішувально-бродильно-формульний агрегат.

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Теличкун В.І.	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> Ший С.М.	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>Анотація</b>	<b>202007.ДП.02.000.ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> Гавва О.М.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i>



### Annotation

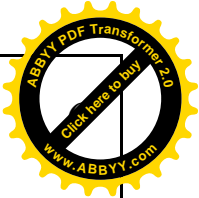
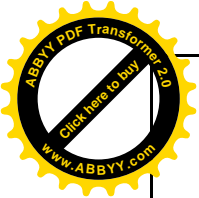
In the diploma project the theoretical state of the process of processing dough blanks is considered, the study of the influence of the geometry of the forming channel on the extrusion processes of gas-filled plastic bodies (dough) is performed. Requirements for the design of the molding head have been developed.

On the basis of the made researches the mixing-fermentation-forming unit with function of mechanical unloading of the fermentation chamber is developed. Dough preparation and processing operations are combined in one mixing and fermentation-forming unit, which makes it possible to create a compact and highly mechanized line with low energy consumption. Combining technological operations of fermentation, kneading, forming and loosening in one unit of continuous action helps to form products from yeast dough directly on the stove without additional processing operations, significantly reduces production space, reduces the cost of using equipment.

Thus, the mixing-fermentation-forming unit with mechanical unloading from the fermentation chamber for the dough has a number of advantages that allow its implementation in production.

**Key words: processing of blanks, dough, geometry of molding channel, extrusion, gas-filled plastic body, molding head, mixing-fermentation-molding unit**

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Теличкун В.І.	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> Шил С.М.	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>Анотація</b>	<b>202007.ДП.02.000.ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> Гавва О.М.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i>



## ВСТУП

Харчова промисловість є однією із провідних галузей народного господарства України. Вона посідає друге місце за обсягом продукції і об'єднує 22 спеціалізовані галузі, які включають більш 40 основних виробництв і випускає більш як 10 тисяч найменувань продукції.

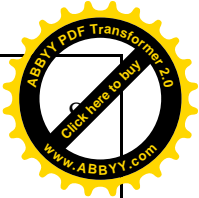
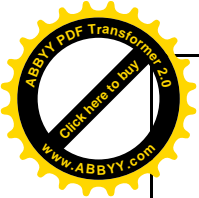
Забезпечення споживачів продуктами харчування високої якості є одним із основних завдань харчової промисловості є. Це завдання набуває ще більш важливого значення в умовах економічного спаду та політичної нестабільності, адже вихід із економічної кризи неможливий без розвитку харчової промисловості.

Розвиток харчової промисловості забезпечується використанням інтенсивних факторів: вдосконалення організації виробництва, прискорення науково-технічного прогресу; підвищення кваліфікації працівників. Інтенсифікація виробництва передбачає максимальне використання сучасної наукових досягнень, широке впровадження нових прогресивних технологій в практику виробництва.

Заміна застарілого обладнання більш продуктивним і економічним, впровадження нової техніки та прогресивної технології, постійне вдосконалення техніки, мінімізація витрат на виробництво продукції та зниження її собівартості є важливим напрямком технічного прогресу.

Використання екструзійної техніки в харчовій промисловості, а саме в хлібопекарській, дозволяє створити високо механізоване потокове виробництво, значно скоротити втрати сировини, зменшення відходів, витрати ручної праці та витрати енергії.

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Теличкун В.І.	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> Шил С.М.	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>Вступ</b>	<b>202007.ДП.02.000.ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> Гавва О.М.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i>



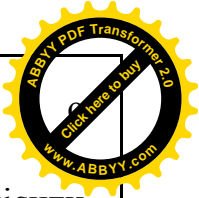
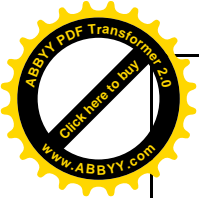
## 1. . Оброблення тістових заготовок із дріжджового тіста

Оброблення дріжджового тіста включає наступні операції технологічного процесу: поділ тіста на шматки заданої маси, надання тістовій заготовці відповідної форми шляхом округлення та заочування, попереднього та остаточного вистоювання сформованих тістових заготовок для накопичення вуглекислого газу за рахунок бродіння і розпушення. Всі перераховані стадії технологічного процесу потребують спеціального, різноманітного за призначенням технологічного обладнання. Виробництво виробів видовженої форми, які ще називають джгутоподібними, сигароподібними, які характеризуються невеликим діаметром по відношенню до довжини, включає всі стадії для отримання продукції високої якості. До таких виробів відносимо сухарні плити під час виробництва сухариків, хлібні палички, багети, та інш.

### 1.1. Важливість розпушення у формуванні об'єму і структури пористості готових виробів

До найбільш важливих якісних показників готового хліба відносяться: питомий об'єм, пористість, форма, зовнішній вигляд виробу, стан поверхні, які в значній мірі залежать від правильно організованих заключних стадій технологічного процесу вистоювання і випікання. Особливе місце в оцінці якості хліба належить його об'єму. Дослідженнями Л.Я.Ауермана і М.Г.Васієва встановлено [1], що питомий об'єм хліба може служити об'єктивним показником розрихленості виробів, що досить точно корелює з

Відповідальна організація	Технічне узгодження Теличкун В.І.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
НУХТ			202007.ДП.02.001.ПЗ			
Власник документа	Розробник документа Шил С.М.	Назва, додаткова назва Оброблення тістових заготовок із дріжджового тіста	Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш
НУХТ	Документ затверджено Гавва О.М.					



величиною деформації м'якушки. Цей показник має високі коефіцієнти кореляції зі смаком і ароматом хліба [2].

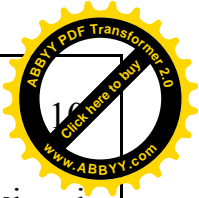
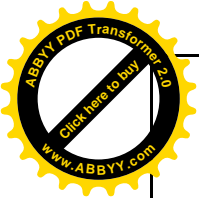
Багатьма дослідженнями встановлено, що якщо сформований шматок тіста відразу посадити у піч, то хліб вийде з щільним, дуже погано розрихленим м'якушем з розривами і тріщинами, невеликого об'єму, тому перед випіканням обов'язковою є стадія вистоювання тістових заготовок. Перед вистоюванням, як вказують автори [3], у сформованій заготовці залишається у вільному стані лише 8 – 14% тієї кількості вуглекислого газу, що повинна бути в тісті до початку випікання. Основна ж маса газу (86 – 92%) утвориться в тістовій заготовці під час бродіння при вистоюванні, при якій створюються сприятливі умови для газоутворення.

Таким чином, під час вистоювання відбувається формування пористості виробів, значне збільшення кількості газу в порах заготовки, що й визначає ріст об'єму при випіканні. Оптимальні умови вистоювання забезпечують більший об'єм виробів, м'яку ніжну м'якушку з добре розвиненою пористістю й високі показники ступеня свіжості [4].

Удосконаленню процесу розрихлення тістових заготовок присвячені багато робіт, але через різноманітність рецептур, технологічних режимів, якості сировини, узагальнюючого показника поки немає [5,6,7, 8, 9].

Хоча в роботі [10] зроблена спроба охарактеризувати активність бродіння коефіцієнтом, що визначається як тангенс кута нахилу прямолінійних ділянок кривих залежності об'єму тіста від тривалості бродіння. Встановлено, що висока швидкість бродіння спостерігається при значенні даного коефіцієнту більше 0,8; задовільна - при 0,7 - 0,8; погана - нижче 0,7. В цій же роботі визначена залежність коефіцієнта інтенсивності бродіння в залежності від вмісту цукру і жиру.

Оскільки метою проведення вистоювання тістових заготовок є розрихлення за рахунок утворення, в основному, вуглекислого газу, великий

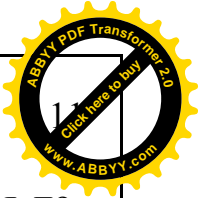
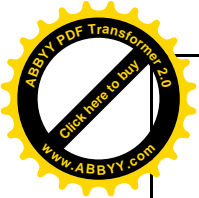


інтерес представляє вивчення його дії на структуру тіста і хліба. Відомі і механічні способи розрихлення, однак вони не отримали розповсюдження. Біологічний метод розрихлення, при якому має місце гармонійне сполучення біохімічних, мікробіологічних і на їх фоні процесів, по якості одержуваного хліба не має собі рівних. І сприйняття вуглекислого газу тільки як розпушувача без врахування його специфічних властивостей і впливу на структуру тіста є невірним [11,12] .

Розчинність вуглекислого газу в воді в значній мірі залежить від температури і тиску[ 13] .

В.В.Щербатенко, Л.Я.Ауерман, Н.І.Гогоберидзе [14] показали, що при випіканні хліба виділяється значно більша кількість газу, ніж можна було б очікувати, підсумовуючи об'єм пор випеченого хліба, і передбачуване утворення газу в тісті за рахунок бродіння в початковий період випікання. Це вказує на те, що значна частина діоксиду вуглецю розчинена в масі тіста або сорбована ним.

Широкі дослідження, по вивченню ролі, фізичного стану вуглекислого газу і повітря в тісті проведені І.М.Ройтером [15]. Встановлено, що формування структури м'якуша хліба обумовлена не тільки газоподібною фазою тіста, але й у значній мірі тими кількостями вуглекислого газу й повітря, які пов'язані з рідкою й твердою фазами тіста і поступово виділяються по мірі його нагрівання в процесі випікання. Автори штучно розрихляли тісто шляхом замішування в атмосфері вуглекислого газу й повітря, що перебувають під тиском. Отримане таким чином тісто було добре розпушене незалежно від того використовувалось повітря чи вуглекислий газ. Однак якість хліба була різною. Із тіста, розрихленого вуглекислим, газом хліб виходив правильної форми і з гарною пористістю, а хліб з тіста, розрихленого повітрям, мав малу і нерівномірну пористість, у ньому утворювалися пустоти, верхня скоринка й частина м'якушки були відірвані



від нижньої частини хліба. Це показало, що вуглекислий газ і повітря по-різному пов'язані з тістом і по-різному поводять себе в тісті-хлібі під час випікання.

Багатьма дослідженнями [16, 17, 18, 19] було встановлено, що для нормального бродіння кисень повітря не є необхідним, виходячи із фізіологічної ролі вуглекислоти.

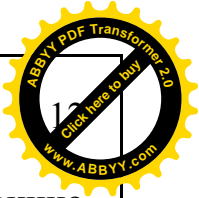
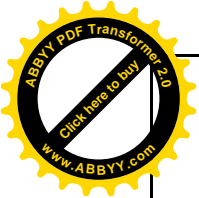
При прогріванні тістової заготовки завершується формування її об'єму та структури пористості. Значне збільшення об'єму тістової заготовки. Це обумовлюється збільшенням об'єму пор під дією термічного розширення в них газу. Збільшення об'єму пор відбувається за рахунок повітря, накопиченого під час замішування тіста, діоксиду вуглецю, що утворився до випікання і в початковий її період,  $CO_2$ , розчиненого в тісті, який при підвищенні температури переходить у газоподібний стан. При прогріванні тістової заготовки до  $79^\circ C$  і вище відбувається випаровування спирту, що утворився в процесі бродіння тіста, що також сприяє збільшенню його об'єму [20,21]

Як вказують автори [22,23] термічне розширення газу в порах є визначальним фактором, що впливає на збільшення об'єму хліба при випіканні. Припустивши, що стінки пор непроникні, тиск залежить від температури газу і об'єму пор. Це співвідношення вони наближено описують рівнянням стану газу:

$$\frac{P_1 \times \vartheta_1}{T_1} = \frac{P_2 \times \vartheta_2}{T_2}$$

де  $P_1, \vartheta_1, T_1$  - відповідно тиск, об'єм і температура газу в порах тіста в момент посадки в пекарну камеру;

$P_2, \vartheta_2$ ,- відповідно тиск й об'єм газу у порах при прогріванні до температури  $T_2$ .



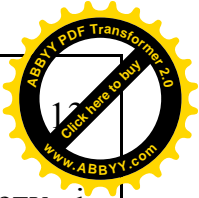
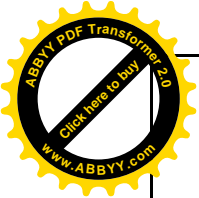
З рівняння випливає, що збільшення температури від  $T_1$  до  $T_2$  повинно спричинити зменшення параметрів  $P_2, \vartheta_2$ . При збільшенні тиску буде збільшуватися і об'єм пор, а отже й об'єм всієї тістової заготовки, що й спостерігається при випіканні.

А.С.Гинзбург [24] на основі експериментальних даних доводить, що зміна об'єму є характерним параметром, що ділить весь період випікання на два: період змінного об'єму й період постійного об'єму. Тривалість цих періодів залежить від маси тістових заготовок, їхньої форми, теплового режиму пекарної камери, способів підведення тепла до виробу, що випікається, та інших факторів.

Збільшення об'єму тістової заготовки, що випікається, визначається структурно-механічними властивостями тіста і їхньою зміною в процесі випікання. Автори [25] відмічають, що при підвищенні температури тіста показники його стабільності до еластичних і в'язких деформацій спочатку знижуються, проходять через мінімум, після чого швидко підвищуються, що обумовлено набуханням гранул крохмалю. При умовах випікання в'язкість тіста мінімальна при температурі близько  $60^\circ$ , при дослідженнях на амілографі в'язкість починає збільшуватись також при температурі близько  $60^\circ\text{C}$ . Дослідження [26] показують що консистенція тіста досягає мінімуму близько  $57^\circ\text{C}$ , а консистенція м'якушки при температурі  $80^\circ\text{C}$  більш ніж в 3 рази більша.

А.С.Гинзбург [24] розглядає тісто як пружно-еластично-в'язке (пластичне) тіло. Перевага тих або інших властивостей тіста змінюється за час випікання й залежить від температури прогрівання, На зв'язок між об'ємом тіста-хліба і його структурно-механічними властивостями вказується і у більш пізніх дослідженнях [26].

В першому періоді процесу випікання тісто має пружно-еластичні властивості. При цьому тиск, внаслідок термічного розширення газу в порах



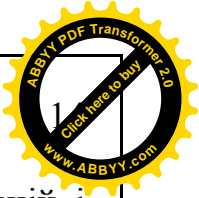
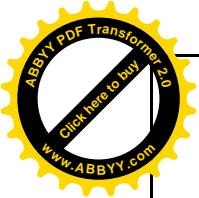
підвищується, що приводить до розтягування клейковинного скелету і збільшення об'єму пор. При подальшому збільшенні тиску напруження стінок пор досягає меж плинності – проявляються пластичні властивості тіста. Така зміна фізико-механічних властивостей тіста збігається з кінцем першого й початком другого періоду процесу випікання при якому тісто прогрівається до температури 60°C і відбувається закріплення структури поверхневих шарів тіста, що обумовлюється клейстеризацією крохмалю і денатурацією білків. Подальшого збільшення об'єму не спостерігається. В.І.Маклюковим зроблена спроба [21] теоретичного обґрунтування формоутворення подового хліба й аналіз різних факторів, що впливають на зміну форми хліба в першому періоді.

О.Т.Лисовенко [27] вважає за можливе виділити третій період процесу випікання, при якому проходить незначна усадка заготовки, внаслідок зневоднення скоринки, що утворилася.

Закріплення форми тістової заготовки, що випікається, відбувається при різній температурі центра й залежить, як показують дослідження Л.Я.Ауермана, від маси шматків тіста [28]. Як вказує автор, товщина шару м'якушки, при якій припиняється приріст об'єму хліба, тим більше, чим більша маса заготовки.

О.Т.Лисовенко [27] на підставі своїх досліджень показує, що закріплення форми виробу досягається при температурі поверхневих шарів 110-112 С, коли утвориться щільна нееластична скоринка й температура центра м'якуша 56° С.

На об'єм тістової заготовки впливає і зволоження середовища пекарної камери у початковий період випічки [24]. В зоні зволоження створюється, пароповітряне середовище з високою концентрацією пари. На холодній поверхні тістової заготовки відбувається її конденсація. При цьому за рахунок фазового переходу виділяється значна кількість теплоти, яка сприяє



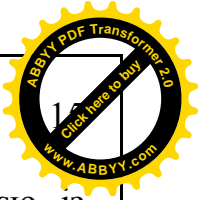
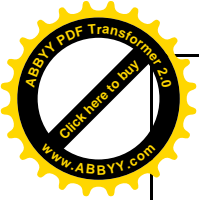
інтенсивному прогріванню тістової заготовки. Температура на її верхній і бічній поверхні швидко зростає і при досягненні температури точки роси процес конденсації пари припиняється й починається процес випаровування вологи з поверхні тістової заготовки при цьому може спостерігатися деяке зниження температури поверхневих шарів, якщо не підводиться достатня кількість тепла для випаровування сконденсованої вологи із середовища пекарної камери. Конденсація пари на поверхні тістової заготовки призводить до затримки процесу утворення скоринки, що позитивно впливає на збільшення об'єму тістової заготовки. Утворення рівномірної плівки клейстеризованого крохмалю запобігає втраті газу і також сприяє збільшенню об'єму.

Таким чином, проведений аналіз літературних джерел по дослідженню формування об'єму тістової заготовки, свідчать, що дослідження не носять комплексного характеру при вивченні зміни об'єму тістової заготовки при вистоюванні та випіканні, хоч і вказується на необхідність такого підходу [29], необхідність встановлення критерію, котрий би свідчив про характер протікання технологічного процесу, і який би враховував максимальну кількість параметрів.

До останнього часу відсутня математична модель росту об'єму тістової заготовки, яка могла б бути використана при автоматизації виробництва для прогнозування якості хліба і створила б можливості для оперативного впливу на режимні параметри технологічного процесу.

## **1.2 Оброблювання джгутоподібних продуктів із дріжджового тіста та обладнання що використовується**

Оброблення виробів видовженої форми пов'язане з деякими труднощами, оскільки, для забезпечення високої якості готових виробів необхідне виконання всіх стадій технологічного процесу.

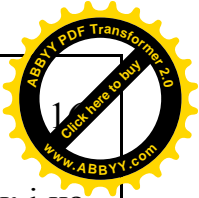
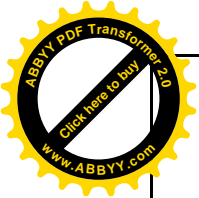


При виробництві сухарів формування сухарних плит є однією із трудомістких операцій [30] в зв'язку з формою та розмірами для кожного виду сухарів. Особливо це стосується виробництва сухариків невеликого діаметру, попит на які значно розширився останнім часом, а їх виробництво здійснюють на тому обладнанні що і для звичайних сухарів а, оскільки, вони мають невеликий діаметр, втрачається продуктивність обладнання і їх виробництво стає неефективним.

Вимоги до розмірів сухарних плит пред'являються в зв'язку з необхідністю точної відповідності живильникам пакувальних машин. Крім того, формування дозволяє отримати рівномірні і однакові по зовнішньому вигляду вироби, формування також забезпечує дрібнопористу структуру та рівномірне забарвлення зрізу сухаря..

На сучасних виробництвах для формування сухарних плит використовуються два типи машин: машини, які працюють за принципом поділу тіста на дольки, укладання їх в ряди (плити), що найбільш близьке до ручного формування сухарних плит. За таким принципом працює машина МПС-2. Тісто безперервно завантажується в приймальну воронку і рифленими валками подається в камеру стискання, випресовується через отвори в матриці, відрізається струнами відсікача і закидається ними в щілину між барабаном і фартухом. Тут тісто заочується в дольки, котрі лягають рівними рядами близько одна біля одної на хлібопекарський лист, який подається стрічковим транспортером. Укладання листів на транспортер відбувається вручну. Ряди шматочків на листі підправляють вручну для надання їм форми плити.

За другим принципом формування сухарних плит, що полягає в випресовуванні тіста через матриці, працює машина ФПЛ-2. Тістові джгути безперервно випресовуються через отвори в матриці і вручну відрізаються по довжині листа.

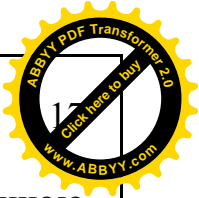
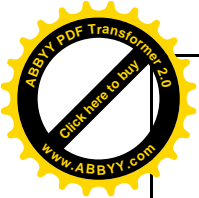


Безперервне формування тістових джгутів як на машині МПС-2 так і на машині ФПЛ-2 переривається для порційного укладання плит на листи для проведення вистоювання на колісках вистійної шафи. Цю ділянку обслуговує два працівники, із котрих один змащує листи та подає їх на транспортер, а другий відсікає ножем чи скребком джути тіста по довжині листа, надлишок тіста подається назад в приймальну воронку. Після формування листи вручну укладаються на коліски вистійної шафи, потім вручну пересаджуються на під печі. Вистоювання тістових джгутів відбувається на протязі 45-80 хв. в залежності від сорту сухарів. Вистоювання відбувається в вистійних шафах різної конструкції. Тривалість вистоювання для сухарних шпал невеликого діаметру в декілька разів перевищує тривалість випікання даного сорту сухарів, тобто для забезпечення продуктивності печі площа вистійної шафи має бути в декілька раз більше площі поду печі, а враховуючи невеликі геометричні розміри виробів можемо стверджувати, що об'єм вистійної шафи використовується дуже неефективно.

Після випікання сухарні плити охолоджуються і витримуються протягом 8-24 год. перед нарізанням. Під час вистоювання сухарні плити фактично черствіють, знижується поглинання ними вологи, зменшується хрупкість виробів.

При нарізанні сухарних плит відходи становлять за дослідними даними [30] до 4 % у вигляді крайців, обрізків і крихт, причому відходи у вигляді крихт складають всього 0,5 %. При нарізанні безперервного джгута відходів у вигляді крайців, обрізків можна було б уникнути, що складає 3,5 % економії.

За своїми фізичними властивостями і можливістю тривалого зберігання до сухарних виробів можливо віднести і хлібні палички. За своїми органоліптичними показниками - це хрумкі сухі вироби округлої форми,



вони виготовляються із пшеничного борошна 1 і вищого ґатунку товщиною 8-12 мм, довжиною 150-200мм [30, 31].

Тісто для хлібних паличок готується безопарним способом без бродіння, після витримування 15-20 хв. прокочується між валками і формується в стрічку, яка безперервно надходить в спеціальну машину для формування. Тривалість вистоювання тістових заготовок 50 хв. Вироби випікаються протягом 10-12 хв. при температурі 200 – 250 °С . Оскільки, тривалість вистоювання в 4-5 разів перевищує тривалість випікання, внаслідок специфіки даного виду продукції проведення процесу вистоювання викликає деякі труднощі, обладнання досить громіздке і займає великі виробничі площі.

Хлібні палички виготовляються на потоково-механізованих лініях італ'янських фірм "Полін " , "Пагані і Сакко " а також створені вітчизняні лінії Г4-ХЛП, Ш24-ХЛА. Лінія для виробництва хлібних паличок Г4-ХЛП рис.1.1 складається із тістомісильної машини ТМ-63М, приймального стола, стола для витримування тіста , натиральної машини, Н-4М, тістоформувальної машини ХФБ, печі ПІК-8 [ 31].

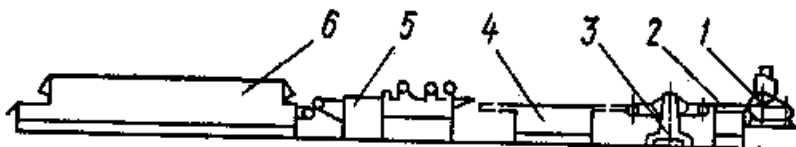


Рис. 1.1. Схема виробництва хлібних паличок на лінії Г4-ХЛП: 1- тістомісильна машина ТМ-63; 2- приймальний стіл; 3 – натиральна машина Н-4М; 4 – стіл для витримування тіста; 5 – тістоформувальна машина ХФБ; 6–піч ПІК-8 .

Оброблення на даній лінії зводиться тільки до формування тістових джгутів. Спеціально розроблена машина ХБФ рис.1.2 досить складна і послідовно виконує значну кількість операцій, а саме: розкочування тіста на полосу встановленого по ширині розміру; посипання тіста маком сіллю,

кмином і іншими продуктами; розрізання тістової стрічки по довжині з одночасним формуванням тістових джгутів; розведення тістових джгутів; нарізання по довжині; пересаджування відформованих заготовок в піч.

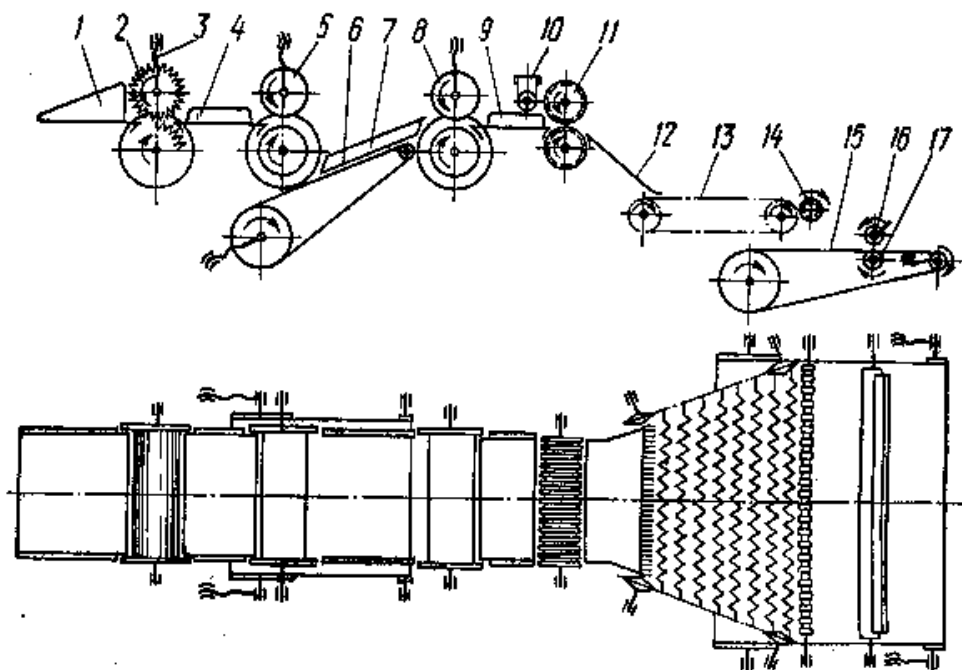


Рис. 1.2. Схема формувальної машини ХФБ для виробництва хлібних паличок: 1 – приймальний лоток з боковими обмежувачами; 2 – приймальні рифлені валки з ребордами для натирання тіста; 3- механізм регулювання зазору між валками; 4,9 – напрямний лоток з боковими обмежувачами; 5 – перша пара розкочувальних валків з ребордами; 6 – проміжний транспортер; 7 – бокові обмежувачі; 8 – друга пара розкочувальних валків; 10 – механізм посипання; 11 – різальні валки з профільними канавками; 12 – гребінка; 13 – ланцюговий опахалоподібний розвідний конвеєр; 14 – калібрувальний валок вирівнювач кроку; 15 – стрічковий передавальний конвеєр; 16 – ніж для відрізання; 17 – підпірний валок.

Приготування хлібних паличок на даній лінії відбувається без вистоювання тістових джгутів, внаслідок необхідності застосування складного і громіздкого обладнання для вистоювання. Однак дослідженнями Неделіної Л.М. [32, 33, 35] встановлено, що при вистоюванні значно покращується

якість виробів, збільшується їх об'єм, більш рівномірним стає забарвлення, найбільш раціональним є режим вистоювання при температурі середовища 35 °С відносній вологості 80 % на протязі 45 хв., тому авторами [34] рекомендовано для значного покращення якості проводити процес вистоювання при режимі, представленому вище, а для організації безперервності процесу здійснювати вистоювання нерозрізаних тістових джгутів на стрічковому транспортері в горизонтальному і похилому напрямках під кутом не більше 45°.

Найкращої якості хлібні палички отримуємо на італ'янських лініях "Polin", "Paqani and Sacco", які відрізняються лише своєю продуктивністю рис. 1.3.

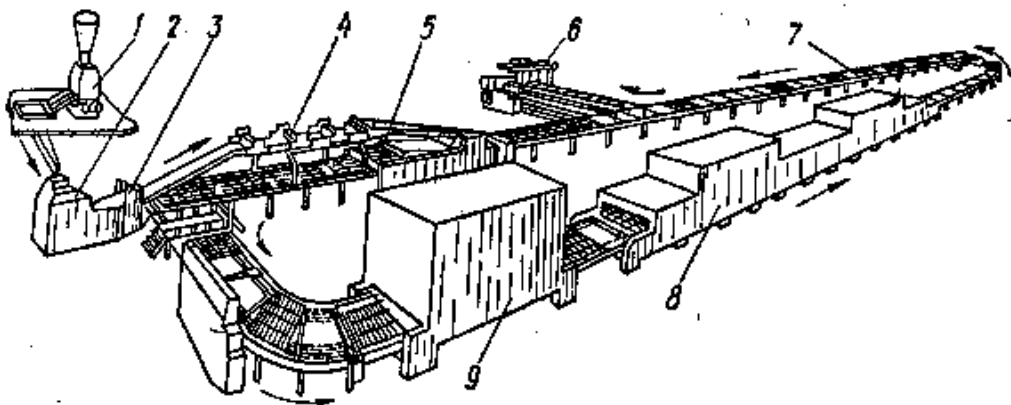


Рис. 1.3. Лінія виробництва хлібних паличок італ'янської фірми "Paqani and Sacco": 1 - тістомісильна машина; 2 – машина для попереднього вальцювання тіста; 3 - пристрій для згортання тістової стрічки; 4 – машина для розкочування тістової стрічки; 5 – формувальна машина; 6 – пакувальний автомат; 7 – ланцюговий конвеєр; 8 – тунельна піч; 9 – конвеєрна шафа для вистоювання тістових заготовок.

Готове тісто розкочується на тістовальцювальній машині, після чого подається на формувальну машину. В цій машині між двома рифленими валками тістовий пласт розрізається на тонкі джгути, котрі розводяться транспортером – розподільником по ширині і укладаються на листи з жолобками. Для вистоювання паличок в лінії передбачена шафа з

вертикальним конвеєром, на колиски якої листи завантажуються механічно. Кількість листів в вистійній шафі 224, в печі – 44.

На комплексно-механізованій лінії Ш24-ХЛА рис.1.4. [31] виробництво хлібних паличок здійснюється безперервним способом без застосування пекарських листів, вистоювання суцільних джгутів проводять в шафі на похилих конвеєрах, які встановлені під кутом 28 °.

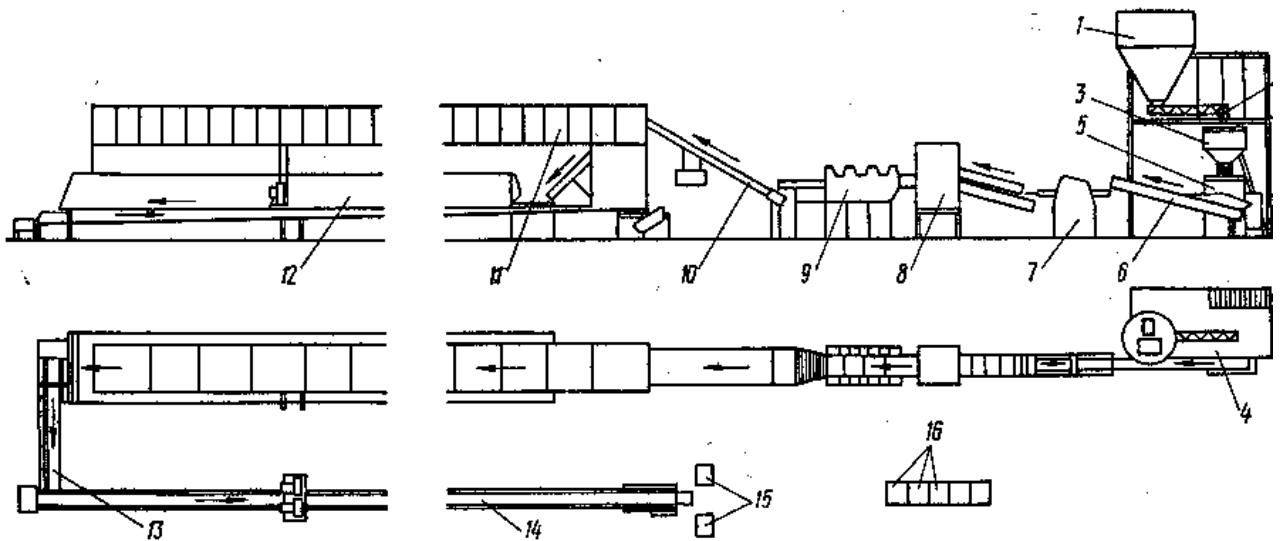
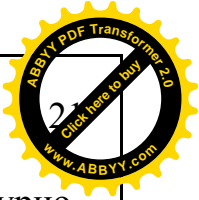
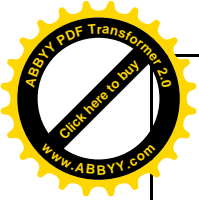


Рис. 1.4. Комплексно-механізована лінія для виробництва хлібних паличок Ш24-ХЛА: 1 – бункер для борошна; 2- шнек; 3 – дозатор борошна ДМ-100; 4- площадка; 5 – тістомісильна машина ТМ-63; 6- конвеєр; 7 – натиральна машина Н-1М; 8- конвеєр для відлежування тіста; 9 – тістоформувальна машина; 10 – конвеєр охолодження; 11 – шафа вистоювання; 12 – піч електрична; 13 – конвеєр перевантаження; 14 – конвеєр охолодження; 15 – стіл для ваг; 16 – пульт управління.

Останнім часом на хлібопекарських підприємствах України хлібні палички виробляють на лініях виробництва соломки, формують на шнековому пресі для соломки, замінивши матрицю з меншою кількістю отворів, без вистоювання, що, безумовно, не дозволяє отримати продукцію високої якості. В той же час інтенсивна механічна обробка тіста до бродіння сприяє покращенню якості готових виробів, як структури пористості так і



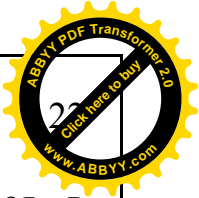
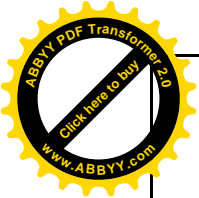
об'єму готових виробів. Інтенсивний вплив на тісто змінює його структурно-механічні властивості, що дозволяє готувати тісто без тривалого бродіння як випадку приготування тіста для хлібних паличок за рахунок інтенсивного вальцювання [36, 37].

### **1.3. Процес екструзії в хлібопекарській промисловості**

Екструзія - прогресивний, високоефективний метод формування, що має ряд переваг у порівнянні з іншими способами. Його застосування дозволяє організувати процес безперервно і з високою швидкістю, що спрощує завдання по створенню поточно-механізованого виробництва, автоматизації процесу. Екструзія, як процес формування широко використовується в різних галузях промисловості, зокрема, хімічної, а також у харчовий [38,39,40].

Спочатку екструзія використовувалася як проміжна стадія процесу формування, екструзійна маса піддавалася подальшій обробці: прокатці, калібруванню. Вивчення закономірностей поведінки різних мас при екструзії дозволило перейти до застосування вільної екструзії. Це у свою чергу викликало необхідність більш глибоких досліджень впливу властивостей маси, що переробляється, і режимів екструдування на форму, розміри й структуру екструдату. Сплеск наукових досліджень в цьому напрямку відноситься до 60-х років минулого століття [41].

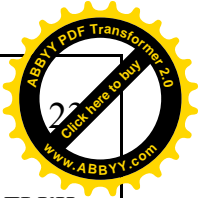
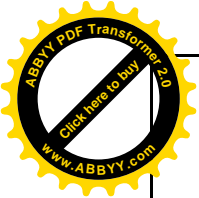
Основні глибокі дослідження в цій області проводяться вченими, що вивчають екструзію пластмас. Якщо до цього часу велика увага приділялася конструктивним характеристикам, витратно-напірним, нагнітаючому органу, то тепер центр ваги у вивченні екструдерів перемістився на дослідження формуючої голівки, як основного фактора у формуванні якості екструдованого продукту.



У харчовій промисловості екструзійна техніка використовується в багатьох областях [40]. У макаронній промисловості практично всі вироби формують екструзією. Екструдери використовують у кондитерській промисловості для формування корпусів цукерок із пралінових мас. Відсаджувальні машини, які теж є екструдерами, використовуються при виробництві пиріжків, пончиків, кукурудзяних паличок, соломки, хрустких хлібців й ін.[39]. В хлібопекарській промисловості екструдери є основною частиною багатьох тістоподільників, але їх використання для безпосереднього формування практично не застосовується, на що й указують автори [42, 43], тому що втрачається товарний вигляд продукції через малу рухливість білкового каркаса. Однак, слід відмітити, що використання екструдерів тільки для формування при традиційному веденні технологічного процесу, що вимагає подальшого вистоювання й пов'язаними із цим процесом складностей механізації, не дає значного ефекту. Внаслідок чого промисловість віддає перевагу традиційному способу формування джгутів хоч і більш енергоємному але більш простому й надійному.

Особливо ефективно застосування екструзії як методу формування для виробів джгутоподібних, типу батонів, хлібних паличок. Однак, розроблені екструдери для паличок [44 ] не одержали широкого розповсюдження в промисловості для дріжджового тіста, в основному із-за труднощів здійснення наступних стадій технологічного процесу, зокрема, вистоювання, з огляду на специфіку даного виду виробів. У той же час традиційний спосіб виробництва і лінії, розроблені на його основі, містять багато операцій, устаткування громіздке, металоємне. Розроблена КТІХПом високомеханізована лінія не одержала поширення в промисловості з огляду на зазначені вище недоліки.

Останнім часом і за кордоном і в нашій країні широко використовується так звана гаряча екструзія [39,45]. Якості поверхні

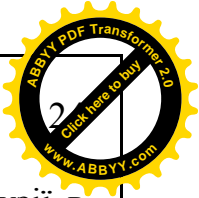
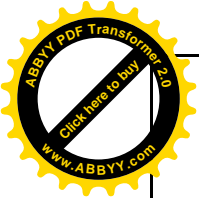


продукту в цьому випадку приділяється менше уваги. Оскільки, екструдювання дріжджового тіста практично не використовується, відсутні і теоретичні дослідження даного процесу. Найбільш близькими за своїми реологічними властивостями до хлібного тіста є пластичні матеріали хімічної промисловості.

#### **1.4. Вплив реологічних характеристик на плин процесу екструзії в'язкопружних середовищ**

Роботи з вивчення реологічних властивостей матеріалу і їхній вплив на процес формування проводилися багатьма дослідниками у зв'язку з важливістю цього питання для створення нового формуючого устаткування. Екструдерна техніка знайшла широке поширення в макаронному виробництві й належить у цій галузі до основного устаткування. Дослідження в області екструзії макаронного тіста пов'язані з його специфічними властивостями; низькою вологістю, щільністю, і спрямовані на вивчення зміни клейковини в предматричній камері, вирівнювання швидкостей випресування макаронних виробів по ширині матриці, інтенсифікації процесу, усунення адгезії, технологічних й інших розрахунків.

Подальша механізація та інтенсифікація виробництва приводить до пошуку нових способів формування. Останнім часом збільшилася кількість робіт, пов'язаних з поліпшенням процесу екструзії хлібопекарського тіста. Однак, екструзія розкриває необхідність розгляду ряду специфічних властивостей тіста, пов'язаних з особливостями виявлення його реологічних характеристик. Дотепер застосування екструзії в хлібопекарській промисловості стримується в основному труднощами одержання якісного джгута після виходу з формуючого каналу без додаткових технологічних операцій, відомий спосіб формування, що передбачає екструзію тіста й укладання на поверхню стрічки з наступною прокаткою й утворенням шару. Однак поширення таке устаткування не одержало, з огляду неефективності

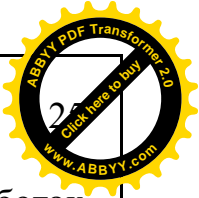
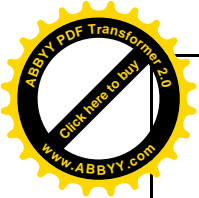


його застосування. На думку Д.Н.Протопопова застосування екструзії в хлібопекарській промисловості обмежено трьома факторами: ефект огрубіння екструдату не дозволяє одержати тістові заготовки із гладкою поверхнею, а відносно великий тиск формування й інтенсивний механічний вплив на тісто погіршують якість готових виробів. Огрубіння екструдату полягає в появі на його поверхні характерних нерівностей, форма й розміри нерівностей залежать від властивостей формуючого матеріалу і параметрів екструзії. В результаті досліджень В.В.Лук'янова й ряду інших авторів встановлено, що причиною появи нерівностей на поверхні джгута є збільшення напруження зсуву в деякому пристінному шарі вище критичного значення. Д.Н.Протопоповим виконана класифікація основних видів дефектів екструдованого тістового джгута. Так для режиму "сухої" екструзії характерні : "кільцеві задири", "рвана поверхня", "луската поверхня".

Огрубіння 2 й 3 є окремими випадками огрубіння 1. Автор вважає причиною огрубіння тістового джгута, сформованого в режимі "сухої" екструзії, є руйнування периферійного шару на виході з формуючого каналу. І для ліквідації огрубіння екструдату та зменшення енергоємності розглядає процес коекструзії. Коекструзія полягає в організації стратифікованого плинну формуючої маси по шару малов'язкої коекструдованої рідини. Коекструдована рідина відокремлює масу, яка формується, від контакту зі стінками формуючого каналу. В якості коекструдованої рідини використали воду, рослинну олію й клестеризований розчин картопляного крохмалю.

У роботі виявлені механізми огрубіння, побудована математична модель деформації периферійного шару екструдату.

Однак одержати стійкий стратифікований плин можливо при мінімальній довжині зони розгону периферійного шару 74,2мм. В формуючому каналі з довжиною ділянки коекструзії менше цього значення не можна організувати стійкий плин без огрубіння екструдату.

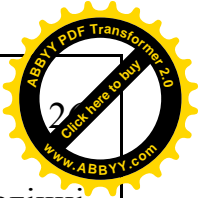
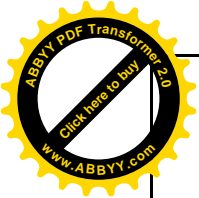


Подальше вивчення режиму коекструзії виконано в роботах І.Н.Остапенко. Теоретично обґрунтована можливість одержання стійкого стратифікованого плину без огрубіння поверхні екструдату при періодичній подачі коекстурованої рідини. Розроблено математичний опис процесів взаємодії коекстурованих потоків у зоні їхнього сполучення при періодичній подачі коекстурованої рідини короткочасними імпульсами із інфазною частотою.

Отримано й експериментально досліджений стійкий режим плину борошняного тіста при періодичній подачі коекстурованої рідини у формуючий канал, експериментально перевірено, що процес формування може бути стійким при постійному тиску з боку екстурованої рідини в системі подачі. Виявлені можливі форми огрубіння при стійкому режимі плину з періодичною подачею рідини й умови їх виникнення. Визначені критичні параметри стійкого стратифікованого плину без огрубіння поверхні

Таким чином, проведений аналіз дозволяє зробити висновок, що процес екструзії вивчався в основному московською школою дослідників. Роботи проводилися на тісті без дріжджів, або після зусиль по витісненню газу із тіста, яке бродить. Широкого практичного застосування для вдосконалення й поширення процесу екструзії хлібопекарського тіста ці дослідження не отримали, очевидно, в зв'язку з тим, що без зміни залишився весь наступний процес оброблення.

Оскільки ці питання для хлібопекарського тіста вивчені недостатньо зокрема, зовсім не досліджено екстудування дріжджового тіста, то у зв'язку із цим є необхідність розгляду процесу екструзії для інших матеріалів із близькими структурно-механічними властивостями. Найбільш близької до екструзії хлібопекарського тіста є екструзія високомолекулярних сполук, для яких характерні аналогічні явища.



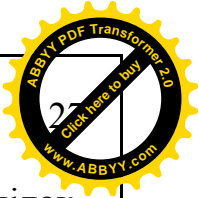
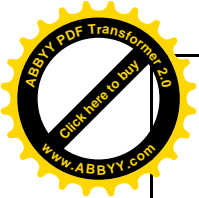
У процесі екструзії найбільш повно проявляються реологічні властивості в'язкопружних матеріалів. Екструзія як спосіб формування широко застосовується при виробництві полімерів. Практична необхідність привела до систематичного й всебічного вивчення реологічних властивостей матеріалів й тісним зв'язком їх з розробкою нового обладнання. Доводиться зустрічатись із двома проявами специфічних властивостей полімерів - зі збільшенням поперечного перерізу екструдату, що вільно виходить з формуючого отвору та з огрубінням поверхні (дробінням розплаву, "meat fracture") . Г.Б.Виноградов це явище назвав еластичною турбулентністю.

Вестовер і Максвелл пояснили це явище звичайною турбулентністю за Рейнольдсом. Однак, це явище спостерігалось вже при дуже маленьких значеннях критерію й критична швидкість пропорційна не радіусу труби, а скоріше третього його ступеня. В роботі Р.Спенсера й Р.Дилена це явище вперше зв'язано із критичною швидкістю зсуву. Р.Шулькен і Р.Бой припустили, що момент початку огрубіння екструдату пов'язаний із прискоренням зсуву, ніж зі швидкістю.

Прискорення зсуву з'являється в каналі змінного перерізу, тобто у вхідній зоні формуючого мундштука, очевидно, саме цій зоні належить ініціативна роль у розглянутому явищі.

Експерименти А. Метцнера, Дж.Карли і Р.Парка підтвердили це припущення. Капіляри повільно заповнювали розплавом, витримували протягом часу, достатнього для релаксації напружень і видавлювали. Нерегулярність не спостерігалася, хоча швидкості значно перевищували швидкості при безперервному видавлюванні.

Автори припускають, що реакцією на критичне значення прискорення зсуву є часткове ковзання шарів потоку, які якби звужують перетин каналу. Це у свою чергу повинне привести до різного зростання швидкості плинину. Таким чином, в екструдері виявляються ділянки, що піддаються деформації



зсуву різної інтенсивності, в яких по-різному виявиться пружний наслідок. Ця обставина, а також і сама автопульсація потоків і є причиною огрубіння поверхні екструдату й нерегулярності потоку.

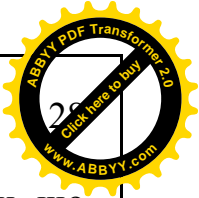
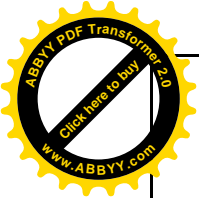
Д.Хан і інші провели вимірювання тиску полімеру по осі каналу при різних швидкостях зсуву. Ними встановлено, що тиск має свої коливання, причому їх, амплітуда непостійна по довжині каналу. Вона зменшується по напрямку виходу із каналу. При зменшенні довжини каналу коливання тиску зростають і збільшується ступінь огрубіння поверхні екструдату.

Багатьма дослідженнями встановлено, що якість поверхні екструдату пов'язане з формою й конструкцією формуючої голівки [86,87,88,89,90], підкреслюючи зв'язок цих змін не з кінетичною енергією, а з іншими формами енергії, що діють на перехідних ділянках каналів. Практичні дослідження по вивченню впливу кута входу проведені в роботах . Розриви потоку розплаву спостерігаються при дуже високих швидкостях екструзії через дрібні отвори й проявляються у вигляді жорсткостей на поверхні, тому варто робити кут входу близьким до  $20^\circ$ . Авторами наведені можливі конструкції формуючих голівок. Досліджуючи плин розплаву через капіляри, що мають різний кут входу, побудований графік залежності між критичним градієнтом швидкості й величиною кута входу.

Істотний вплив на руйнування потоку виконують пристрої, що створюють перешкоди потоку (решітки і ін.)

Поряд з огрубінням поверхні екструдера при формуванні в'язкопружних середовищ зустрічаємося з ще одним специфічним проявом нен'ютонівських властивостей, так названим явищем "мундштучного розбухання" або ефектом Баруса .

Зміна форми матеріалу, що виходить із труби, була вперше прокоментована Барусом в 1893 році при видавлюванні морського клею. Пізніше це явище спостерігалось й для інших речовин, зокрема, при екструзії



гуми, розплавів полімерів. В 1936 року Холтон і Скот Блеер повідомили, що вони спостерігали ефект розбухання при видавлюванні борошняного тіста. Однак, подальших досліджень цього явища для тіста практично не було, особливо це стосується хлібопекарського виробництва.

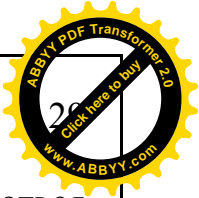
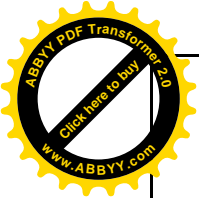
Мерингтон припустив, що розбухання - міра пружності матеріалу. А.Зябицкий підкреслює, що ефекти, пов'язані з високою еластичністю матеріалу, варто обов'язково враховувати, ці ефекти навіть більше істотні, ніж можлива залежність поздовжньої в'язкості від швидкості зсуву.

Автори представляють розбухання як наслідок декількох процесів. При вході в формуючий канал виникає напруження, що релаксується під час перебування розплаву в каналі. Залишкові напруження в момент виходу розплаву з капіляра і викликане ним поперечне розширення потоку будуть, зв'язані зі швидкістю потоку експоненціальною залежністю. Крім того, при русі у каналі поперечний градієнт швидкості приводить до орієнтації молекул уздовж потоку. При виході з каналу відбувається дезорієнтація молекул, що також приводить до деформації екструдату. Нарешті, вирівнювання профілю швидкостей на виході з каналу приводить до деякого збільшення перерізу поза залежністю від відносної довжини каналу.

Аналіз даних про розбухання, отриманих авторами, дозволяє зробити висновок, що впливом вхідної зони в явищі розбухання можна знехтувати. При зміні кута вхідного конусу від 30 до 120° коефіцієнт розбухання змінюється від 3-4%. Зі збільшенням швидкості екструзії розбухання зростає, досягає межі, за який залишається постійним при подальшому збільшенні швидкості.

Е.Е.Глухов приводить рівняння для розрахунку коефіцієнта розбухання:

$$\alpha = 1 + a_0 \lg \frac{t_0}{t}$$



де  $t_0$ ,  $a_0$  - постійні, не залежать від розмірів каналу, застосовуються для різних матеріалів;

$\alpha$  - безрозмірний коефіцієнт геометрично дорівнює тангенсу кута нахилу залежності відношення діаметра отвору до діаметра екструдату від логарифма часу плинину;

$a_0$  - строга фізична характеристика матеріалу, кількісна оцінка високо еластичних властивостей матеріалу. Чим більше значення  $a_0$ , тим більше розбухання;

$t_0$  - релаксаційна характеристика розплаву. Чим коротше канал і вище швидкість плинину, тим більше величина розбухання.

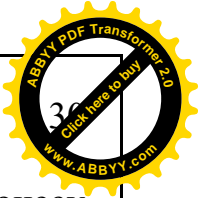
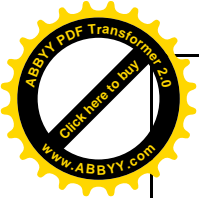
Там же автор розглядає вплив каналу, що розширюється, на розбухання потоку.

В каналах, що розширюються, вузький потік перетвориться в широкий і енергія, що раніше витрачена на звуження потоку, вивільняється. Кінетична енергія потоку незрівнянно мала у порівнянні з енергією, яка витрачається на в'язке тертя й на пружне деформування. Зворотність останньої визначає всі особливості плинину в каналах, що розширюються. Розширення каналу в межах величини розбухання потоку незалежно від плавності розширення, створює сприятливі умови текучості і втрати енергії помітно скорочуються у порівнянні з текучістю в стаціонарному режимі. При ступінчастому розширенні каналу, що перевищує розбухання, потік згинається і пружна енергія не реалізується, більше того, виникають додаткові витрати енергії на перебудову потоків, які можуть досягати і перевищувати вхідні втрати. Плавне розширення каналу сильно знижує ці втрати.

### 1.5 Висновки, мета та завдання досліджень

До найбільш важливих якісних показників готового хліба відносяться: питомий об'єм, пористість, форма, зовнішній вигляд виробу, стан поверхні, які в значній мірі залежать від правильно організованих заключних стадій

202007.ДП.02.001.ПЗ	Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш
---------------------	------------	--------------	---------	-------

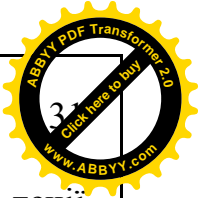
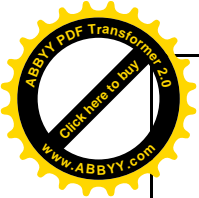


технологічного процесу оброблення і випікання. Удосконаленню процесу розрихлення тістових заготовок присвячені багато робіт, але через різноманітність рецептур, технологічних режимів, якості сировини, що узагальнюючого показника поки немає. Механічні способи розрихлення тістових заготовок перед випіканням не знайшли свого розповсюдження, біологічний метод розрихлення, при якому має місце гармонійне сполучення біохімічних, мікробіологічних і на їх фоні процесів, по якості одержуваного хліба не має собі рівних.

Найбільшу складність процес оброблення представляє при виробництві виробів видовженої форми, які ще називають сигароподібними, джгутоподібними, що характеризуються невеликим діаметром по відношенню до довжини, включає всі перераховані стадії для отримання продукції високої якості. До таких виробів ми можемо віднести сухарні плити для сухариків, хлібні палички, багети. Тривалість вистоювання для сухарних плит невеликого діаметру в декілька разів перевищує тривалість випікання даного сорту сухарів, тобто, для забезпечення продуктивності печі площа вистійної шафи має бути в декілька раз більше площі поду печі, а враховуючи невеликі геометричні розміри виробів можемо стверджувати, що об'єм вистійної шафи використовується дуже неефективно.

Екструзія - прогресивний, високоефективний метод формування, що має ряд переваг у порівнянні з іншими способами. Його застосування дозволяє організувати процес безперервно і з високою швидкістю, що спрощує завдання по створенню потоково-механізованого виробництва, автоматизації процесу.

У процесі екструзії найбільш повно проявляються реологічні властивості в'язкопружних матеріалів. Оскільки ці питання для хлібопекарського тіста вивчені недостатньо, зокрема, зовсім не досліджено екструдкування дріжджового тіста, вплив на параметри та режими



екструдуювання вмісту газової фази. Недостатньо вивчений процес течії газонаповнених матеріалів в каналах, особливо, це стосується зв'язку попереднього плинуну з наступною поведінкою джгута після виходу із отвору. Дані по течії в каналах формувальних матриць хлібопекарського тіста, насиченого вуглекислим газом, відсутні зовсім, не досліджено вплив тиску на екструзію тіста, насиченого вуглекислим газом.

Метою даної роботи є вдосконалення процесу формування екструдуюванням виробів із дріжджового тіста і створення високоефективного екструзійного обладнання.

У відповідності з поставленою метою сформульовані наступні завдання дослідження:

- дослідити процес оброблення тістових заготовок, сформованих екструдуюванням;
- встановити вплив геометричних параметрів формувального каналу та додаткових опорів на стан та структуру тістового джгута;
- сформулювати вимоги до конструкції формувальної матриці;
- розробити конструкцію бродильно-формувального агрегату.

## 2. Опис експериментального обладнання для дослідження процесу екструзії газонаповненого тіста

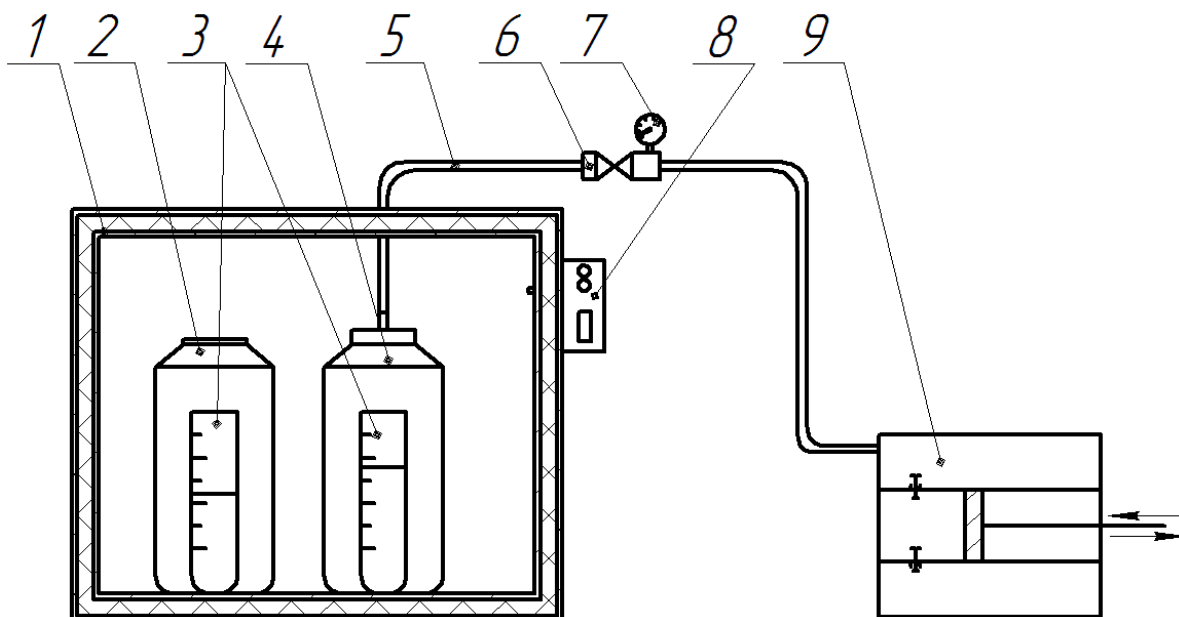


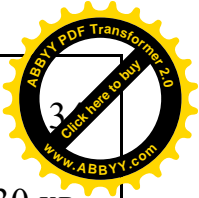
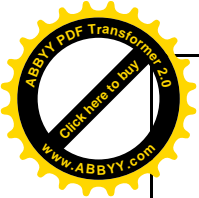
Рис.2.3. Схема дослідної установки.

1 – термостат, 2 – відкрита посудина, 3 – мірні циліндри, 4 – посудина під надлишковим тиском, 5 – з'єднувальний трубопровід, 6 – регулювальний вентиль, 7 – манометр, 8 – щиток керування термостатом, 9 – компресор.

Дослідження проводили на дослідній установці з пневматичним нагнітачем, в якій тиск на тісто створюється стисненим повітрям. Вибір дослідної установки обумовлений тим, що вона дає змогу спостерігати за процесом вистоювання тіста під тиском, крім того вплив на дослідний зразок незначний.

Методика проведення досліджень. Відповідно до рецептури тісто, вологістю 32-33%, для сухарів пшеничних готувалося безопарним способом з

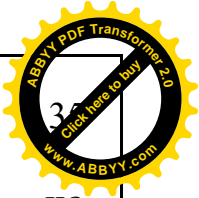
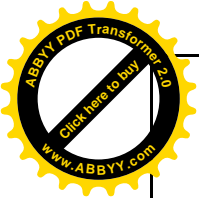
Відповідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження Теличкун В.І.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа Шив Ш.М.	Назва, додаткова назва Опис експериментального обладнання для дослідження процесу екструзії газонаповненого тіста	202007.ДП.02.002.ПЗ			
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш



борошна вищого гатунку на пресованих дріжджах, тривалість бродіння 30 хв. при температурі 32-33°C.

Від вибродженого тіста відокремлювались дві заготовки зважувались на вагах (масою по 40г) укладались у мірні циліндри, потім у посудини. Посудину яка повинна працювати під тиском герметично закривали і під'єднували до трубопровода від компресора. Відкривали вентиль і чекали до встановлення досліджуваного тиску ( 0,10МПа, 0,15МПа, 0,20МПа 0,25МПа ). Після чого вмикаємо секундомір і кожні 5хв фіксуємо зміну об'ємів тістових заготовок у циліндрах. Через досліджуваний проміжок часу (10хв, 20хв, 30хв, 40хв, 60хв) в зразку, що знаходиться під тиском відтворюємо процес екструдювання, тобто швидко скидаємо надлишковий тиск (це призводить до вивільнення вуглекислого газу який був розчинений у тісті, відбувається розрихлення тіста) протягом 120с фіксуємо зміну об'єму через кожні 15с, оскільки період швидкої зміни об'єму триває 1,5хв.

Для отримання достовірних експериментальних даних кожен дослід повторювався не менше трьох разів, після чого дані зводились до таблиць. На основі даних будувались графіки з використанням методу кінцевих квадратів. З метою визначення закономірностей та взаємозв'язку отриманих даних проводилась їх математична обробка за допомогою ПЗ.



### 3. Дослідження впливу геометричних параметрів на формувального каналу на екструдкування газонаповненого тіста

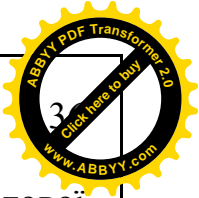
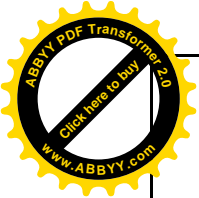
Центрами газоутворення дріжджового тіста є невелика кількість пухирців повітря, що потрапляє під час замішування та пухирці, що утворюються навколо дріжджових клітин. Інтенсивний заміс тіста сприяє зменшенню розмірів бульбашок повітря та збільшенню їх кількості, а також рівномірному розподілу дріжджових клітин, що приводить до збільшення центрів газоутворення. Під час вистоювання газоутворення продовжується і це призводить не до утворення нових пухирців газу, а до збільшення об'єму існуючих, при цьому товщина стінки пори зменшується. Коли вона досягне деякого критичного значення стінка руйнується. В результаті злиття пухирців, що знаходяться поряд утворюється поря більшого об'єму зі стінками товщиною набагато більшою критичної

Як зазначалось вище після 10-20 хв. бродіння відбувається інтенсивна втрата газу тістовою заготовкою, внаслідок зміни структурно-механічних властивостей тіста. Тривалі статичні напруження розтягу пори приводять до зниження граничного напруження, при цьому стінки пор потовщуються, газові пухирці об'єднуються і утворюється структура з більш крупною пористістю. Такий ефект досягається коли тривалість вистоювання перевищує оптимальну величину, при цьому об'єм тістової заготовки зберігається деякий час після чого вона починає осідати.

Наведений вище традиційний спосіб розрихлення тістових заготовок можемо класифікувати як розрихлення в статичних умовах.

Розрихлення в динамічних умовах, коли насичення тіста газоподібними продуктами відбувається під надлишковим тиском, а при падінні тиску до

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Теличкун В.І.	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> Шил С.М.	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>Дослідження впливу геометричних параметрів на формувального каналу на екструдкування газонаповненого тіста</b>	<b>202007.ДП.02.003.ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> Гавва О.М.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i>



атмосферного відбувається виділення газу і динамічне розрихлення тістової заготовки [91]. Авторами розроблений спосіб розрихлення тістових заготовок перед випіканням в динамічних умовах без додаткового введення газу в тісто, а за рахунок газоподібних продуктів, які виділяються при бродінні [92,93].

Накопичення вуглекислого газу для розрихлення тістових заготовок відбувається не в сформованій тістовій заготовці, а у всій масі тіста в закритому об'ємі під тиском. При цьому немає втрат газу внаслідок дифузії через стінки пор і весь газ, що виділився розчиняється та поглинається білково-колоїдною структурою тіста. [91].

Процес розрихлення можна уявити як суму елементарних актів розширення великої кількості газових пухирців. Оскільки розмір пухирців не досягає рівноважних значень то коміркова структура, що утворюється, носить полідисперсний характер. Одразу після утворення пористої структури, починається процес зменшення площі поверхні розділу. Цей процес відбувається, по-перше, за рахунок дифузії газу з маленьких пухирців у великі, в результаті чого частина пухирців повністю зникає; по-друге, за рахунок руйнування стінок між пухирцями. Але при даному способі розрихлення відсутній тривалий вплив сил розтягування на стінки пори гранична міцність її вища і, в зв'язку з цим товщина стінки пори менша, їх кількість більша при однаковій кількості газу.

Можна сказати, що для отримання агрегатно стійкої пористої структури необхідно, щоб надлишковий тиск всередині комірки не перевищував границі міцності при розтягуванні тіста і не руйнував його коміркову структуру, тобто кількість газу, що виділилася при бродінні тіста в закритому об'ємі повинна бути достатньою для рохрихлення тістової заготовки і утворення її дрібнопористої структури, але не надмірною щоб не відбулося руйнування структури.

Після проведення експериментів ми обробили дослідні дані скориставшись методом найменших квадратів, який заснований на мінімізації суми квадратів відхилень розрахункових значень від експериментальних.

*Вплив тривалості бродіння під тиском на параметри тістових заготовок сформованих екструдуюванням*

Дослідження впливу тривалості бродіння, під тиском 0,2МПа, на зміну об'єму тістових заготовок зображено на рис.4.1.

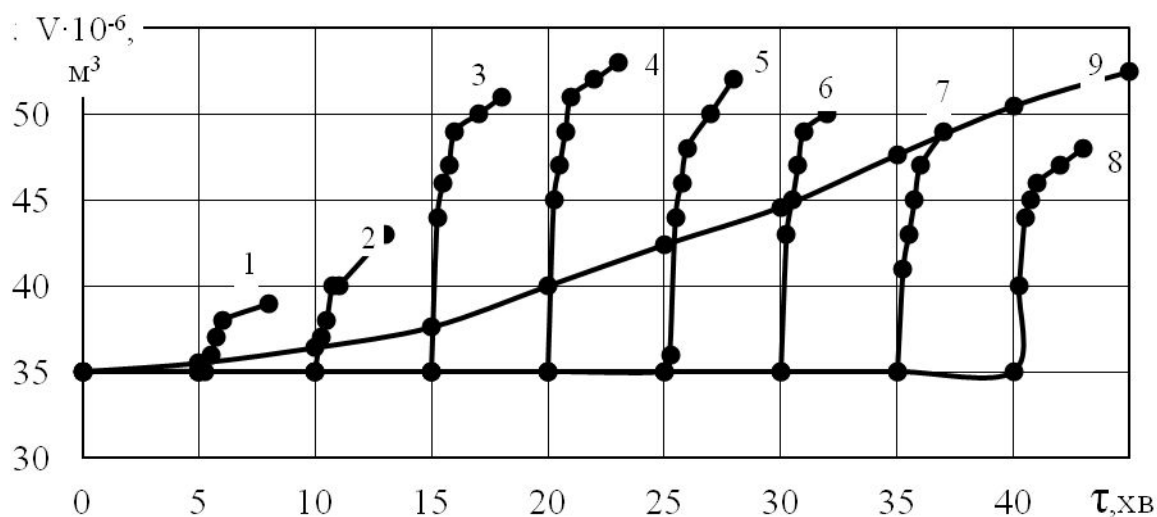


Рис.4.1. Зміна об'єму тістових заготовок за час бродіння під надлишковим тиском 0,2МПа. Тривалість бродіння під тиском 1 – 5; 2 – 10; 3 – 15; 4 – 20; 5 – 25; 6 – 30; 7 – 35; 8 – 40хв. 9 – контрольний зразок.

Встановлено, що після бродіння і подальшого формування екструдуюванням спостерігається збільшення об'єму. Зразок який знаходився під тиском 20хв. перевищує об'єм зразка який бродить в звичайних умовах на 10 – 15%. За 90 секунд відбувається релаксації напружень у тістовій заготовці, а об'єм її перевищує контрольний на 20 – 25%.

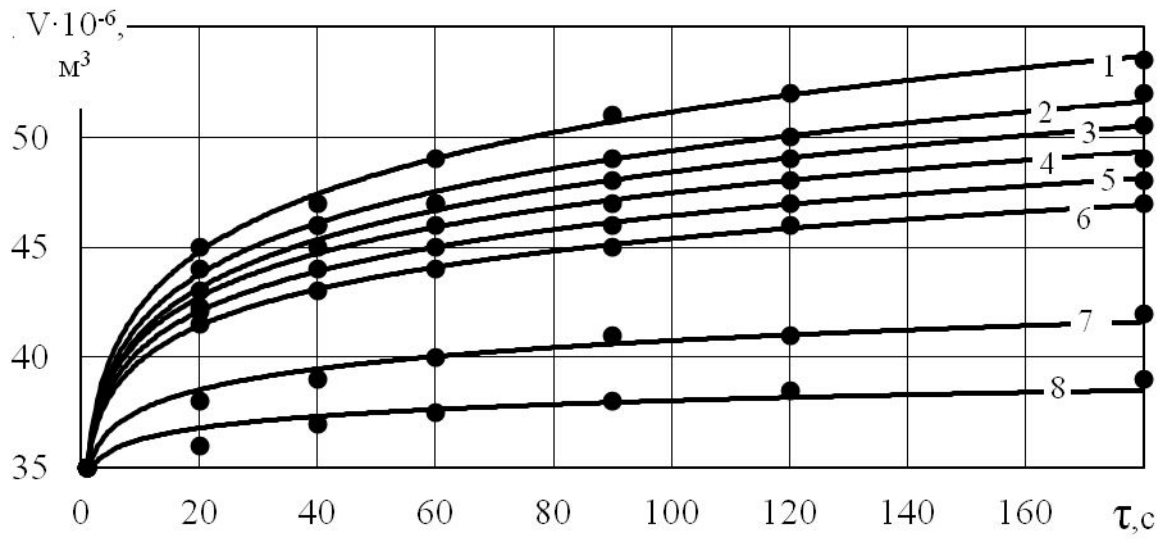
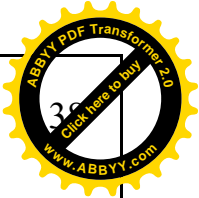
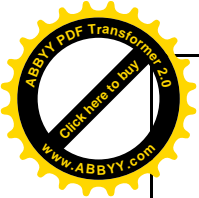
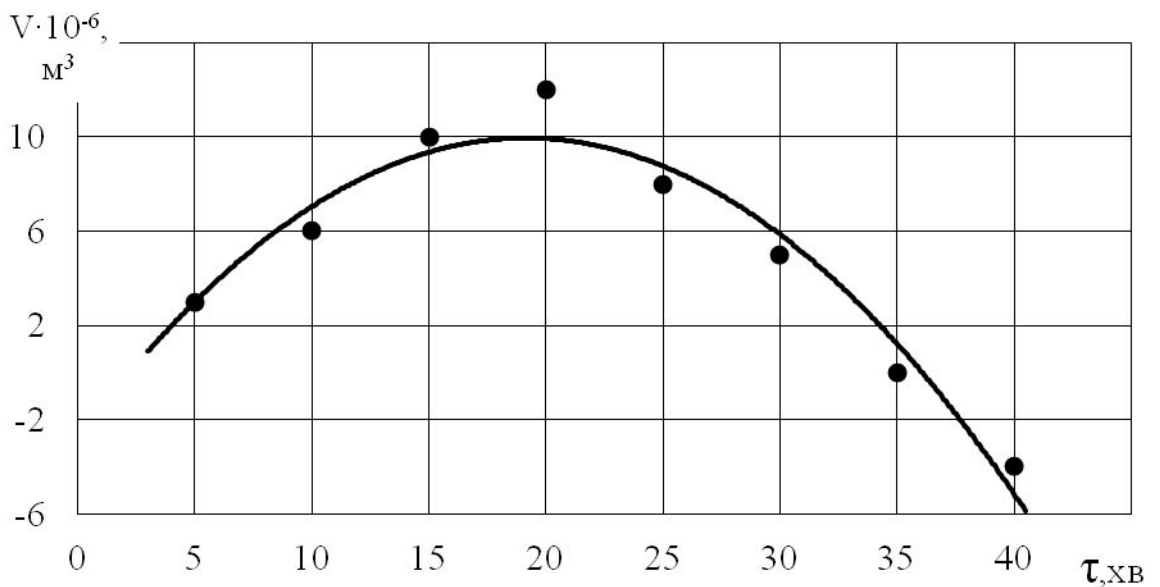


Рис.4.2 Залежність відновлення об'єму заготовки від тривалості бродіння під тиском 02, МПа. 1 –20; 2 – 15; 3 – 25; 4 – 30; 5 – 35; 6 – 40; 7 – 10; 8 – 5хв.

Відновлення об'єму тістової заготовки, після екструдювання, триває 90с. після чого продовжується звичайне бродіння. Залежність носить степеневий характер та описується рівнянням.

$$V = 35 \cdot \tau^{\frac{10-0,1t}{100}}$$

де  $\tau$  – тривалість відновлення об'єму с.,  $t$  – тривалість бродіння під тиском хв.



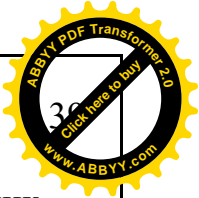
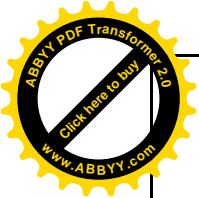


Рис.4.3. Зміна об'єму тістової заготовки розрихленої в динамічних умовах відносно звичайного бродіння в залежності від тривалості вистоювання під тиском.

$$V = -0,03 \cdot \tau^2 + 1,3 \cdot \tau - 3$$

де  $\tau$  – тривалість бродіння під тиском хв.

Дана залежність дає можливість визначити раціональний час перебування тіста під надлишковим тиском в агрегаті з наступним його формуванням в динамічних умовах на під печі.

*Вплив робочого тиску процесу бродіння на параметри тістових заготовок сформованих екструдуюванням*

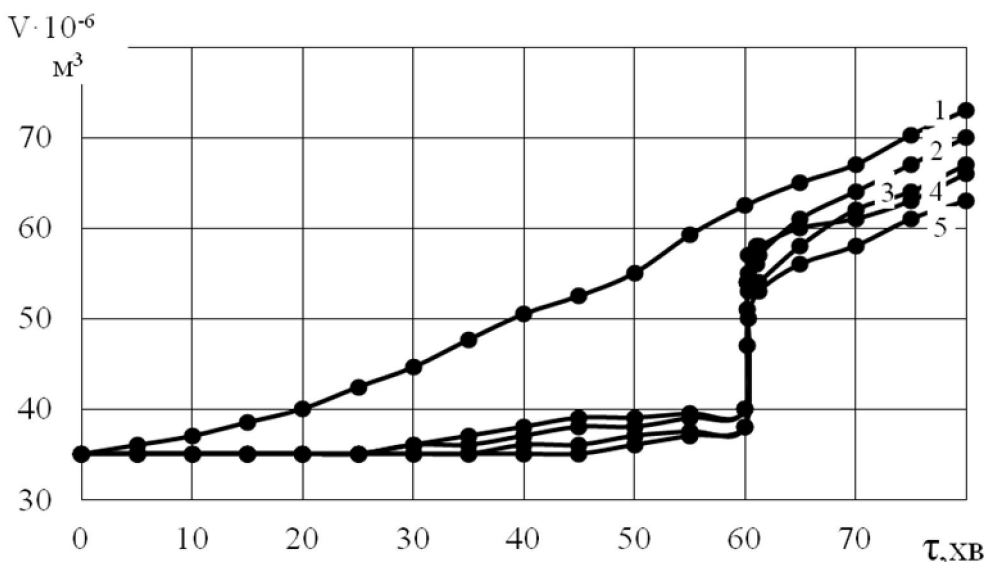


Рис.3.4. Залежність об'єму тіста від надлишкового тиску в процесі бродіння 1 – контрольний зразок; 2 – 0,2; 3 – 0,15; 4 – 0,3; 5 – 0,1 МПа.

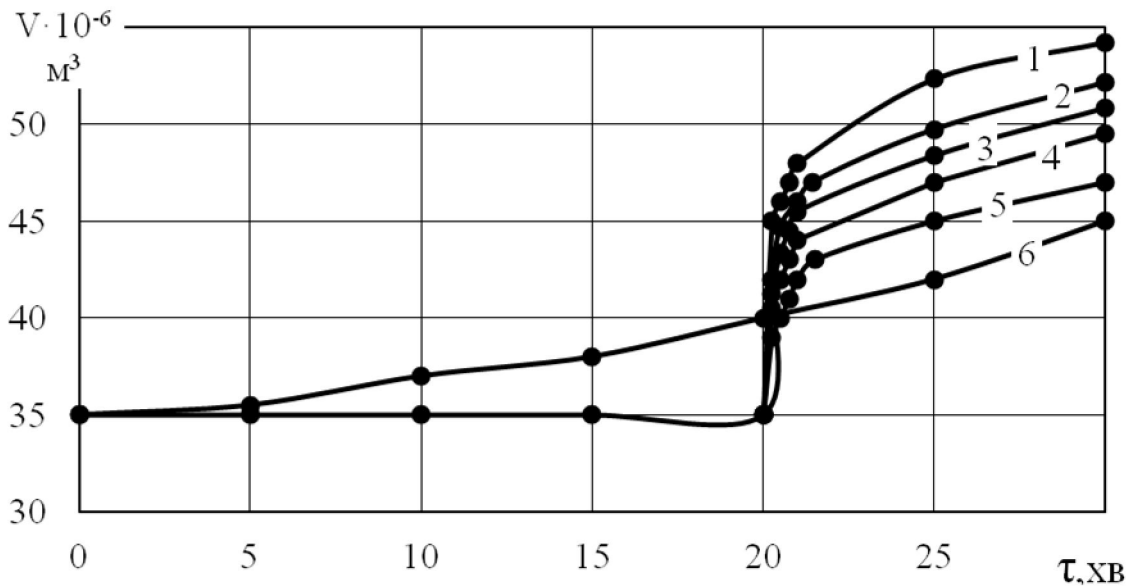
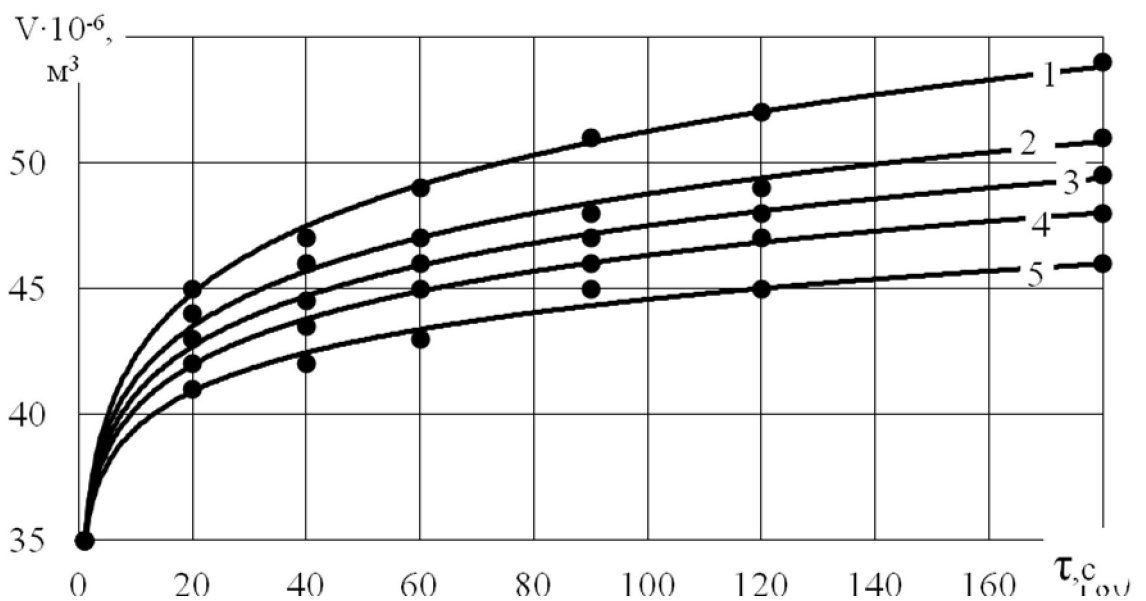


Рис.3.5. Залежність об'єму тіста від надлишкового тиску в процесі бродіння: 1 – 0,2; 2 – 0,15; 3 – 0,3; 4 – 0,25; 5 – 0,1 МПа. 6 – контрольний зразок;

Різке падіння тиску до атмосферного зумовлює інтенсивне виділення вуглекислого газу що знаходиться в розчиненому стані.

Зміна об'єму заготовки після 20хв. виброджування тіста під тиском зображена на рис.3.6.



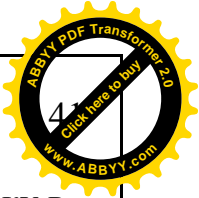
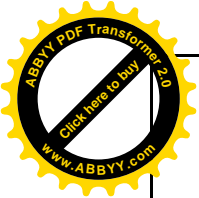


Рис.3.6. Залежність відновлення об'єму тістової заготовки від тиску в агрегаті: 1 – 0,2; 2 – 0,15; 3 – 0,3; 4 – 0,1; 5 – 0,3 МПа;

Розподіл кривих має логарифмічний характер та описується залежністю

$$V = (40 \cdot P - 106 \cdot P^2 - 0,5) \cdot \ln(\tau) + 35$$

де  $\tau$  – тривалість відновлення об'єму – с.,  $P$  – тиск під яким бродить тісто в агрегаті – МПа.

Об'єм заготовок, що перебували під тиском в агрегаті, перевищує об'єм зразка котрий бродив у звичайних умовах, тим самим підтверджується позитивний вплив тиску на процес бродіння. Проте при тиску 0,2МПа приріст об'єму був найбільший, кількість розчиненого  $\text{CO}_2$  була достатня для розрихлення, а в зразку №3 накопичилось більша кількість газу, що призвело до руйнування структури тіста та зниження об'єму.

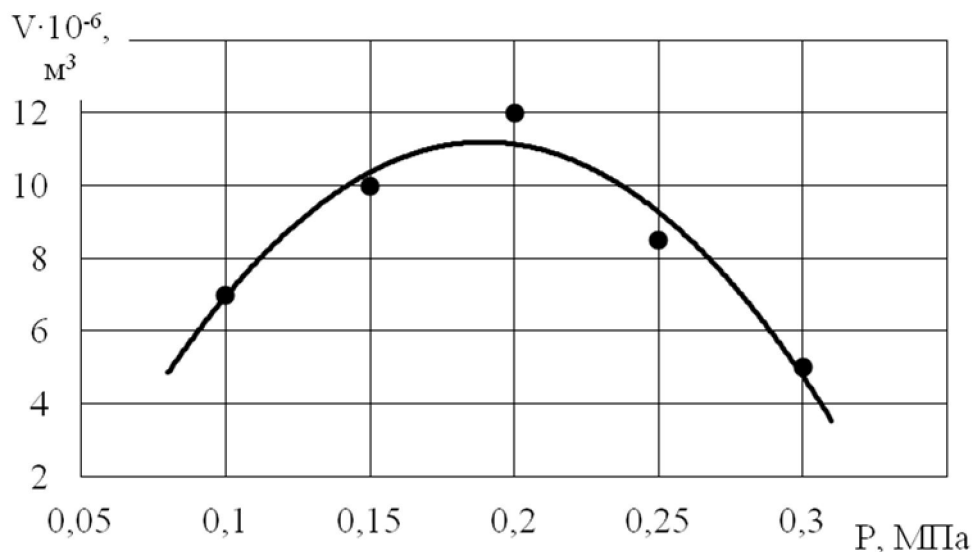
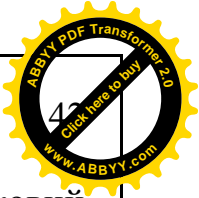
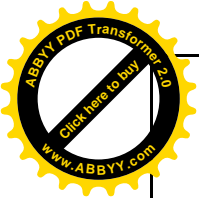


Рис.3.7. Зміна об'єму тістової заготовки розрихленої в динамічних умовах відносно звичайного бродіння в залежності від надлишкового тиску в агрегаті.

$$V = 200 \cdot P - 528 \cdot P^2 - 8$$

де  $P$  – надлишковий тиск в агрегаті МПа.



Дана залежність дає можливість визначити раціональний надлишковий тиск в агрегаті з наступним його формуванням в динамічних умовах на під печі.

*Дослідження процесу формування дріжджового тіста  
екструдуюванням*

*Вплив вмісту вуглекислого газу на швидкість екструдуювання та  
об'ємну продуктивність*

Для дослідження процесу екструдуювання дріжджового тіста, насиченого вуглекислим газом при значеннях тиску: 0,1; 0,2; 0,3 та 0,4 МПа при різній тривалості виброджування тіста: 0; 20; 40; 60хв. в закритій ємності.

Фіксуючи час виходу тістового джгута довжиною 200мм швидкість розраховували за формулою:

$$w = \frac{l}{\tau}, \text{ м/с}$$

де  $l$  – довжина тістового джгута, м;

$\tau$  – час випресовування тістового джгута, с.

Нами отримані залежності середньої швидкості тістового джгута від тиску екструдуювання при різному вмісті газової фази рис.4.8. Криві 1-4 носять експоненціальний характер. Вони свідчать про те, що із збільшенням вмісту вуглекислого газу зростає і середня швидкість екструзії. Це пояснюється тим, що виділення газу при падінні тиску до атмосферного приводить до збільшення середньої швидкості тістового джгута. Ріст газових пухирців сприяє збільшенню середньої швидкості потоку.

Однак при вмісті газу більше 40% (криві 3,4) надмірна кількість газу і значний градієнт падіння тиску при 0,3-0,4 МПа приводить до втрат газу внаслідок руйнування газових пухирців і тиск всередині яких перевищує силу поверхневого натягу і границю міцності їх стінок, про що свідчить погіршення стану поверхні тістового джгута та поява дефектів, пов'язаних з

нерегулярністю потоку і розривів суцільного поверхневого шару тіста. При значення тиску 0,1-0,25 МПа суцільність комірок не руйнується, але спостерігається більш крупна пористість готового виробу та можуть спостерігатися пустоти всередині тістового джгута.

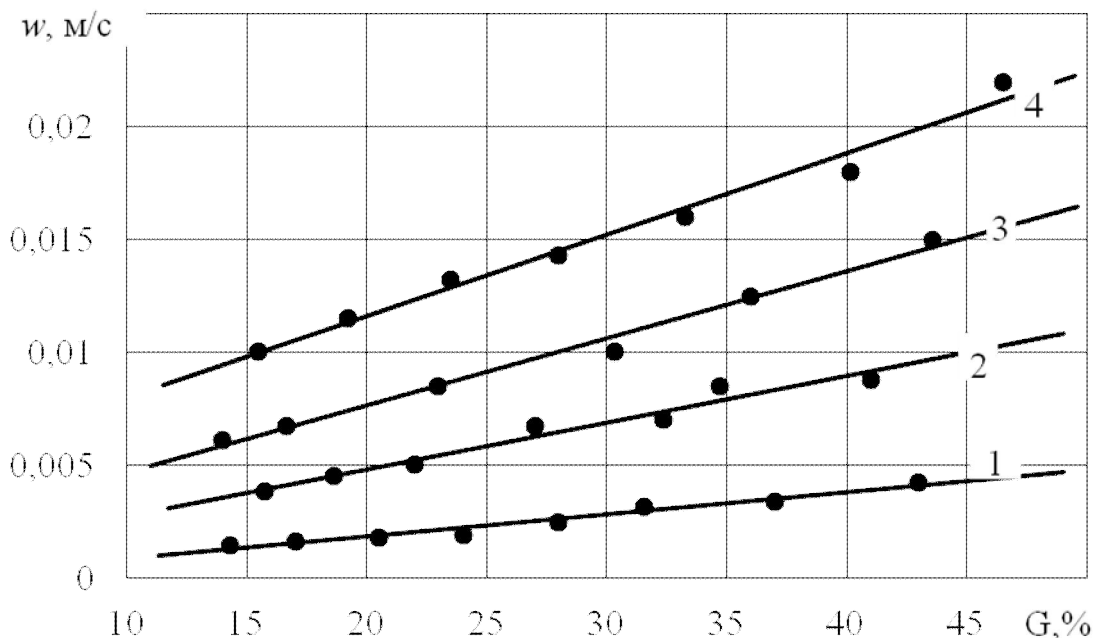


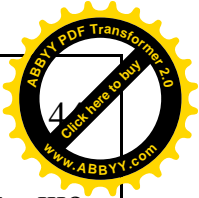
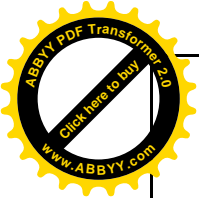
Рис.3.8. Залежність середньої швидкості випресовування від вмісту газової складової за різного тиску пресування: 1- 0,1 МПа.; 2- 0,2 МПа; 3- 0,3 МПа; 4- 0,4 МПа.

Рівняння залежності середньої швидкості потоку від вмісту газової фази при різному тиску пресування має вигляд:

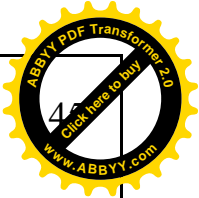
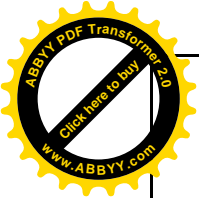
$$w = \frac{(0,86 \cdot P + 0,025) \cdot G + 14,5 \cdot P - 2}{1000}$$

На швидкість екструзії впливає і тиск пресування: чим більший тиск - тим вище середня швидкість потоку.

Таким чином, в результаті проведених експериментальних досліджень нами отримані залежності середньої швидкості тістового джгута від вмісту газової фази та тиску пресування. Встановлено, що при збільшенні вмісту газової фази до 40%, швидкість пресування збільшується в 5 разів в



порівнянні з тістом без дріжджів у всьому діапазоні зміни тиску, що пояснюється зменшенням в'язкості тіста .



## 4 Практичне застосування результатів досліджень

### 4.1. Розроблення змішувально-бродильно-формуального агрегату (ЗБФА)

Конструкція ЗБФА (рис.4.1) передбачає виконання в одному агрегаті процесу змішування тіста та його дозрівання, бродіння, накопичення вуглекислого газу для розпушення тістових заготовок, формування екструдуваними і розпушення тістових заготовок на виході

Вуглекислий газ, що утворюється за умови бродіння тіста у закритій камері ЗБФА під тиском, і переходить в розчинений стан. Під час екструдування, на виході з матриці, внаслідок різкого перепаду тиску відбувається збільшення діаметру джгута порівняно з діаметром формуального каналу. Розпушені вироби подаються безперервно безпосередньо на під печі.

Борошно розпилюється в камеру змішування куди форсункою розпилюються рідкі компоненти і подаються у камеру змішування, де відбувається процес змішування тіста.

Для забезпечення ефективного змішування інгредієнтів в передній зоні встановлені витки з прорізами, що забезпечують переміщення в поздовжньому та поперечному напрямі і подавання його на кулачкові робочі органи на яких відбувається пластифікація тіста та подавання його шнековими робочими органами до камери бродіння, об'єм якої розраховано на час перебування в ній тіста, необхідного для накопичення вуглекислого газу, необхідного для розпушення тістових заготовок перед випіканням.

Відповідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження Телічкун В.І.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа Шлш С.М.	Назва, додаткова назва <b>Практичне застосування результатів досліджень</b>	202007.ДП.02.004.ПЗ			
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш

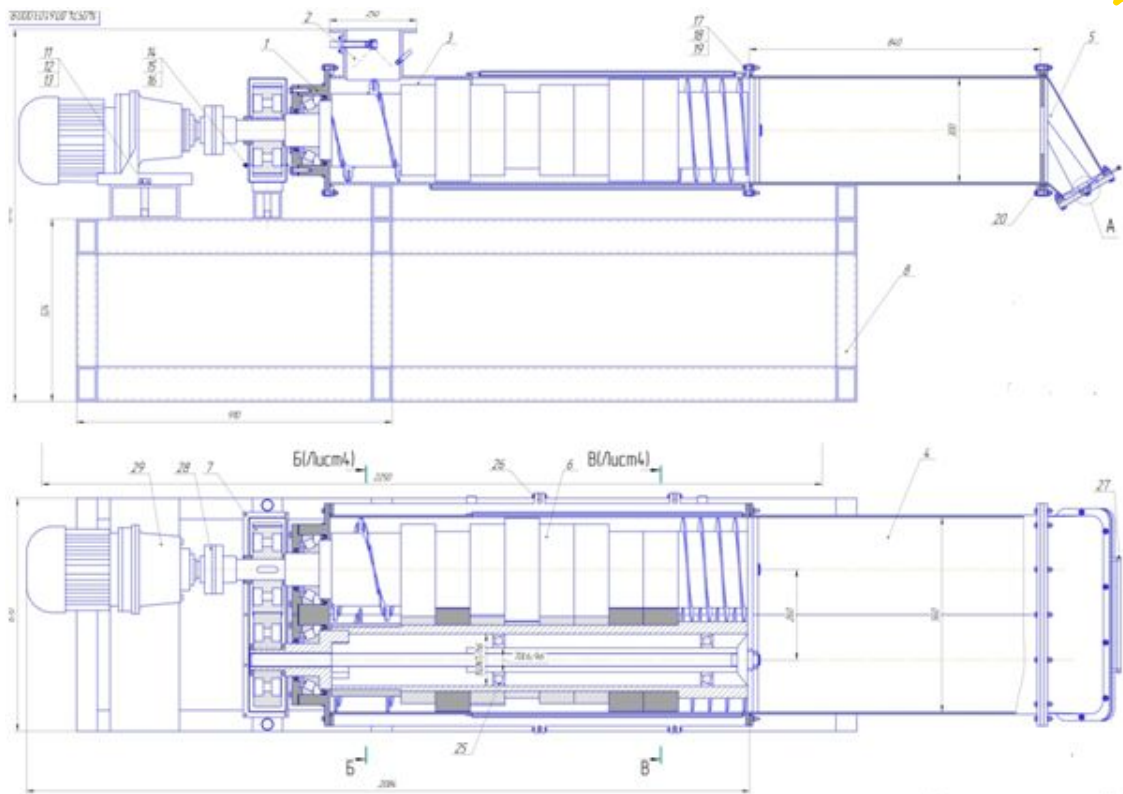
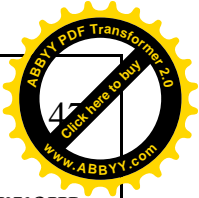
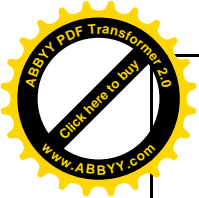


Рис 4.1. Конструкція змішувально-бродильно-формуального агрегату:  
1 – підшипниковий вузол; 2 – камера змішування; 3 - камера замішування; 4 - камера бродіння; 5 - формувальна головка; 6 - робочий орган; 7 - зубчаста передача; 8 - рама; 9 - формувальна плита; 10 - формувальна матриця.

Після бродіння тісто проходить через формувальні отвори матриці та випресовується безпосередньо на під печі.

Розпушення тістових заготовок відбувається на виході із формуального каналу за рахунок вуглекислого газу, що накопичився під час бродіння.

Проведені дослідження поведінки газонаповненого тіста свідчить про те, що для отримання дрібнопористої розушеної структури м'якушки виробів, виготовлених екструдуюванням матриця має бути відповідної конструкції. На виході із формуального каналу матриці втістовому в джгуті відбувається відновлення в'язко-пружної структури, збільшення поперечних розмірів екструдату.



В результаті проведених експериментальних досліджень сформульовано вимоги до конструкції матриці для екструдювання дріжджового газонаповненого тіста з метою отримання добре розвиненої, рівномірної дрібнопористої структури мякушки, а також для забезпечення гладкої поверхні тістового джгута. Формувальна частина каналу має бути мінімальної довжини для забезпечення максимального розширення джгута, виходячи із конструктивних міркувань.

Впровадження розроблених вимог під час конструювання матриці дозволяє забезпечити високу якість тістових заготовок і готових виробів.

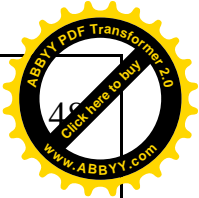
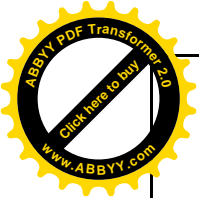
Суміщення технологічних операцій замішування, дозрівання, бродіння, формування і розпушення в одному агрегаті безперервної дії забезпечує скорочення машинно-апаратної схеми виробництва, виробничих площ, зменшення витрат на експлуатацію обладнання і формування виробів із дріжджового тіста без наступного оброблення безпосередньо на під печі.

#### **4. 2. Підбір конструктивних матеріалів для**

Вибір матеріалів, що застосовуються в харчовому машинобудуванні під час конструювання обладнання, зумовлений наступними основними факторами:

- Матеріал має бути допустимим для контакту з харчовими продуктами;
- економічною ефективністю та доцільністю застосування;
- вимогами до надійності та довговічності обладнання.

Корпус екструдера тістомісильної камери виготовлений із корозійностійкої сталі аустенітного класу 12X18Н10Т, з якої виготовляють деталі для машин та апаратів харчової промисловості, оскільки основна вимога до стінок - корозійна стійкість та добра зварюваність. Корпус щоденно підлягає санітарній обробці, що включає в себе миття агресивними середовищами.



Кулачки виготовлені із харчового фторопласту.

Камера, в якій бродить тісто виготовлена із корозійностійкої сталі аустенітного класу 12Х18Н10Т. Матриці, через які проходить тісто, повинні мати хімічну стійкість, низькі адгезійні властивості, стійкість проти спрацювання, тому виготовляємо їх з фторопласту.

Всі інші деталі, з якими контактує тісто, виготовляємо з інструментальної сталі Х12М, яка має значну твердість та корозійну стійкість.

Деталі, що не контактують з тістом, виготовляють з конструкційної вуглецевої, сталі звичайної якості Ст5.

Матеріал, з якого виготовляють зубчасті колеса має мати достатню міцність, легко піддаватись механічній обробці, ударну в'язкість, тому для їх виготовлення доцільно використувати сталь 45, або 40Х, 40ХН та піддавати гартуванню з високим відпуском.

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

*Перелік матеріалів, які використовуються в обладнанні*

Назва матеріалу, марка	Найменування деталі зі складу обладнання	ГОСТ, ТУ
12Х18Н10Т	Корпус ЗБФА	ГОСТ 5582-75
Х12М	Решітка	ГОСТ 1435-74
Ст.45	Зубчасті колеса	ГОСТ 1050-88
Ст.5	Опори, рама.	ГОСТ 380-94

### 4.3. Розрахункова частина

202007.ДП.02.004.ПЗ

Інд. змін.

Дата видання

Мова UA

Аркуш

### 4.3.1. Розрахунок продуктивності змішувально-бродильно-формуального агрегату

Провідним обладнанням хлібопекарського виробництва є піч, тому все обладнання (включаючи ЗБФА) підбирають та розраховують, виходячи з продуктивності печі по хлібних паличках. Для розрахунку підбираємо циклотермічну кондитерську піч WSL-8090 польської фірми «Rem-Piek» (рис.4.2.) з параметрами:

довжина поду печі, мм	15000
ширина поду печі, мм	600
діаметр виробу	20 мм
тривалість випікання, хв.	15
зазор між рядами виробів, мм	20



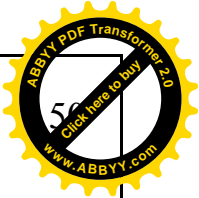
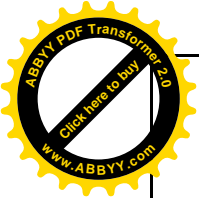
Рис.4.2.. Піч польської фірми «Rem-Piek» WSL-8090

1. Кількість виробів (хлібних паличок) в ряду по ширині поду печі:

$$N = \frac{B - a}{d + a} = \frac{600 - 20}{20 + 20} = 12 \text{ (шт)},$$

Де: B – ширина поду печі, a – зазор між паличками, d – діаметр виробу;

2. Продуктивність печі годинна, кг/год:



$$P_{\text{год}} = v \cdot m_{\text{ун}} \cdot N \cdot 3600 \text{ (кг/год); ),}$$

$$v = \frac{L}{\tau \cdot 60 \cdot 1000} = \frac{15000}{15 \cdot 60 \cdot 1000} = 0,016 \text{ (м/с),}$$

$v$  – лінійна швидкість руху транспортера;

$$m_{\text{ун}} = \rho \cdot l \cdot \frac{\pi \cdot d_{\text{сер}}^2}{4} = 400 \cdot 1 \cdot \frac{3.14 \cdot 0,020^2}{4} = 0,196 \text{ (кг),}$$

$m_{\text{ун}}$  – маса виробу (погонного метра);

$$P_{\text{год}} = v \cdot m_{\text{ун}} \cdot N \cdot 3600 = 0,016 \cdot 0,196 \cdot 12 \cdot 3600 = 136 \text{ (кг/год);}$$

3. Продуктивність добова, т/добу:

$$P_{\text{доб}} = \frac{P \cdot 23}{1000},$$

$$P_{\text{доб}} = \frac{150 \cdot 23}{1000} = 3.4 \text{ т/добу.}$$

4. Секундна продуктивність, кг/с:

$$P_{\text{с}} = \frac{P_{\text{год}}}{3600} = \frac{150}{3600} = 0,041 \text{ кг/с}$$

#### 4.3.2. Розрахунок геометричних розмірів ЗБФА

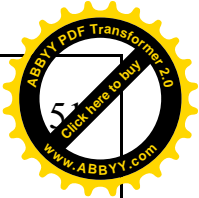
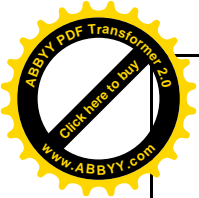
Визначаємо об'єм бродильної камери, базуючись на секундній продуктивності агрегату та тривалості перебування тіста в камері:

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

Де  $P_{\text{с}} = 0.041 \text{ кг/с};$

$\tau_{\text{брод.}} = 20 \text{ хв.} = 1200\text{с};$

$\rho_{\text{тіста}} = 1400 \text{ кг/м}^3.$



$$V_{\text{б.е.}} = \frac{0.041 \cdot 1200}{1400} = 0.035 \text{ м}^3.$$

Об'єм камери бродіння визначається за формулою

$$V = 1.6 \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot l,$$

Вибравши із конструктивних міркувань та ширини поду печі діаметр поперечного перерізу камери визначаємо довжину бродильної камери:

$$\text{Так для: } l = \frac{V \cdot 4}{1.6 \cdot \pi \cdot D^2}$$

$$l = \frac{0.035 \cdot 4}{1.6 \cdot 3.14 \cdot 0.22^2} = 0.546 \text{ м}$$

### 4.3.3. Розрахунки ЗБФА на міцність

Визначення товщини стінки камери бродіння

Тиск, що діє всередині камери, Па:

$P =$

$0.2 \cdot 10^6$

Внутрішній діаметр циліндричної оболонки  $D_1$ , м

$D_1 = 0.22$

Допустиме напруження матеріалу стінки апарату 12X18H10T  $\sigma_p$ ,

$$[\sigma] = 510 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

Надбавка до товщини стінки на корозію  $\delta$ , м

$\delta = 0.002$

Розраховуємо допустиме напруження матеріалу стінки на розтяг:

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

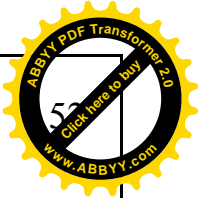
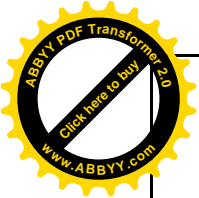
де:  $n$  – коефіцієнт запасу міцності,  $n = 4$ .

$$\sigma = 510 \cdot 10^6 / 4 = 1.27 \cdot 10^8.$$

Визначаємо товщину стінки апарату  $\delta_1$ , м:

$$\delta_1 = \frac{P \cdot D_1}{[2 \cdot \beta \cdot [\sigma]] - P} + \delta = \frac{0.2 \cdot 10^6 \cdot 0.220}{2 \cdot 0.85 \cdot 127 \cdot 10^6 - 0.2 \cdot 10^6} + 0.002 = 2.2 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

Приймаємо товщину стінки екструдера більшу за розрахункову відповідно до стандарту  $\delta_1 = 0.006 \text{ м}$ .



#### 4.4.4. Розрахунок шнека

Для розрахунку і конструкції шнека, якщо відомий максимальний тиск в змішувальній камері  $P_{MAX}=0,2$ (МПа), коефіцієнт тертя продукту  $f = 0,3$ , густина продукту  $\rho = 1200\left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}\right)$ .

Зовнішній діаметр шнека приймаємо 220 мм, внутрішній - 40мм а крок шнеку вибираємо конструктивно 40 (мм)

Кут підйому гвинтової лінії біля валу та на зовнішній стороні шнека розраховуємо за наступними формулами:

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

$$\alpha_D = \arctg\left(\frac{0,04}{3,14 \times 0,22}\right) = \arctg 0,159 = 11^{\circ}03'$$

$$\alpha_d = \arctg\left(\frac{0,09}{3,14 \times 0,04}\right) = \arctg 0,286 = 16^{\circ}24'$$

Середнє значення кута підйому гвинтової лінії витка шнеку розраховуємо за формулою:

$$\alpha_{CP} = 0,5 \cdot (\alpha_D + \alpha_d) = 0,5 \cdot (11^{\circ}03' + 16^{\circ}24') = 14^{\circ}$$

Допоміжні величини для розрахунку становлять:

$$\cos^2 14^{\circ} = 0,974^2 = 0,95, \quad \text{tg}14^{\circ} = 0,231, \quad \sin 2 \times 14^{\circ} = 0,469$$

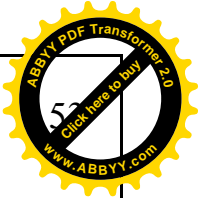
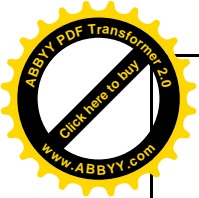
Коефіцієнт відставання часток матеріалу в осьовому напрямку:

$$K_0 = 1 - (\cos^2 \alpha - 0,5 \cdot f \cdot \sin 2\alpha) = 1 - (0,75 - 0,95 \cdot 0,3 \cdot 0,469) = 0,866$$

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

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

де  $P_{MAX}$  - максимальний тиск, що створюється шнекою;  $a = \frac{D}{d}$  - це відношення



діаметру шнека до діаметра валу,  $a = \frac{220}{40} = 5.5$

$$M_3 = \frac{0,2 \cdot 10^6 \cdot 0,22^2}{32} \cdot \frac{1,9 - 0,7 \cdot 5,5^{-4} - 1,2 \cdot 1,8^{-2} - 5,2 \ln 5,5}{1,3 + 0,7 \cdot 5,5^{-2}} = -218 (H \cdot m^2)$$

Витки шнеку виготовлені зі 12X18Н10Т, для якої допустиме напруження згинання можемо прийняти допустимому напруженню для розтягу, тобто  $125 \cdot 10^6$  (Па). Тоді товщину витка шнеку розраховуємо за формулою:

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

$$\delta = \sqrt{\frac{6 \cdot 218}{125 \cdot 10^6}} = 0,0032 = 3,2 (мм)$$

приймаємо  $\delta = 4 (мм.)$

Крутний момент на робочих витках шнеку розраховуємо за наступною формулою:

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

де  $m$  - кількість максимально навантажених кроків шнеку;  $Ko$  - коефіцієнт відставання;  $P_{MAX}$  - максимальний тиск, який створює шнек,

$\alpha - 30^0$  - кут підйому гвинтової лінії витка шнеку,

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

де  $f$  - коефіцієнт тертя по шнеку продукту:

$$Ko = 1 - (0,75 - 0,95 \cdot 0,3 \cdot 0,469) = 0,866$$

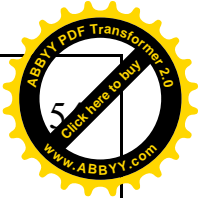
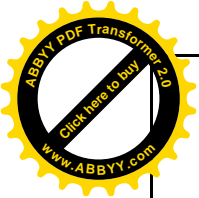
$$M_{KP} = 0,131 \cdot 2 \cdot (1 - 0,866) \cdot 0,2 \cdot 10^6 \cdot (0,22^3 - 0,04^3) \cdot 0,231 = 81,3 (H \cdot m)$$

Осьове зусилля розраховуємо за формулою:

$$S = 0,392 \cdot m \cdot (D^2 - d^2) \cdot P_{MAX} = 0,392 \cdot 2 \cdot (0,22^2 - 0,04^2) \cdot 0,2 \cdot 10^6 = 3512 (H.)$$

Дотичні і нормальні і напруження на валу розраховуємо за формулами:

$$\sigma_{СЖ} = \frac{S}{F} = \frac{3512}{0,5 \cdot 0,1^2} = 7,1 (МПа)$$



$$\tau = \frac{M_{KP}}{W_p} = \frac{81,3 \cdot 16}{3,14 \cdot 0,1^3} = 4,1(\text{МПа})$$

Еквівалентне напруження розраховуємо за формулою:

$$\sigma_{EKB} = \sqrt{\sigma_{CЖ}^2 + 4\tau^2} = \sqrt{7,1^2 + 4 \cdot 4,1^2} = 18,8(\text{МПа})$$

Розраховане напруження знаходиться в межах допустимого напруження для матеріалу (сталь 12Х18Н10Т) валу шнека.

Для полегшення конструкції шнеку і розміщення валу механізму вивантаження замість суцільного валу встановлюємо пустотілий вал, використовуємо трубу. Нормальні і дотичні напруження пустотілого валу визначаємо за формулами:

$$\sigma_{CЖ} = \frac{S}{F} = \frac{3512}{0,5 \cdot (0,1^2 - 0,09^2)} = 36,9(\text{МПа})$$

$$\tau = \frac{M_{KP}}{W_p} = \frac{218}{\frac{3,14 \cdot (0,1^3 - 0,09^3)}{16}} = 6,2(\text{МПа})$$

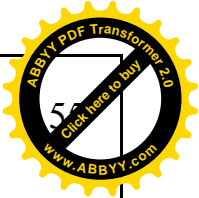
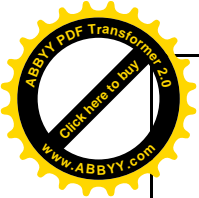
Еквівалентне напруження розраховуємо за формулою:

$$\sigma_{EKB} = \sqrt{\sigma_{CЖ}^2 + 4\tau^2} = \sqrt{36,9^2 + 4 \cdot 6,2^2} = 38,9(\text{МПа})$$

Отримане значення напруження більше раніше розрахованого, але менше допустимого.

#### 4.3.5. Розрахунок підшипників

Підбір радіально-упорних роликотпідшипників відбувається за наступними параметрами: радіальне навантаження на підшипник  $F_r = 1963,6 \text{ Н}$ ; осьове навантаження яке прикладається до валу, сприймається підшипником  $F_{ab} = 3512 \text{ Н}$ ; частота обертання валу  $n = 32 \text{ об/хв}$ ; посадковий діаметр валу під підшипник  $d = 30 \text{ мм}$ ; коефіцієнт безпеки  $K_6 = 1,2$ ; коефіцієнт обертання кільця  $V = 1$ ; необхідна довговічність  $L_h \geq 25000 \text{ год}$ . температурний коефіцієнт  $K_T = 1,05$ ;



1. Попередньо вибираємо підшипник середньої серії 7306 за ГОСТ 333-79, в нього динамічна вантажопідйомність  $C = 40000 H$ ; статична вантажопідйомність  $C_0 = 29900 H$ ; кут контакту  $\alpha = 14^\circ$

2. Для підшипника осьова складова радіальних навантажень  $F_s = 0,83 \cdot e \cdot F_r = 0,83 \cdot 0,37 \cdot 1963,6 = 603,02 H$

$$\text{де } e = 1,5 \cdot \operatorname{tg} \alpha = 1,5 \cdot \operatorname{tg} 14^\circ = 0,37$$

3. Розраховуємо осьове навантаження

$$F_a = F_s + F_{ab} = 603,02 + 3512 = 4115,02 H$$

4. Визначаємо співвідношення:

$$\frac{F_a}{V \cdot F_r} = \frac{4115,02}{1 \cdot 1963,6} = 2,09 > e = 0,37$$

Приймаємо коефіцієнти для радіальних і осьових навантажень:  $X = 0,4$  і  $Y = 0,4 \cdot \operatorname{ctg} \alpha = 0,4 \cdot \operatorname{ctg} 14^\circ = 1,62$ .

5. Розраховуємо еквівалентне динамічне навантаження на підшипник

$$P = (X \cdot F_r + Y \cdot F_a) K_\sigma K_\tau = (0,4 \cdot 1963,6 + 1,62 \cdot 4115,02) \cdot 1,2 \cdot 1,05 = 9389,2 H$$

6. За табличними даними  $\frac{C}{P} = 3,42$ , відповідно динамічна вантажопідйомність  $C = 3,42 \cdot P = 3,42 \cdot 9389,2 = 32111,1 H$ . Вибраний нами підшипник середньої серії 7306 з динамічною вантажопідйомністю  $C = 40000 H$  яка більше за розраховану. Отже: вибір підшипника є вірним.

#### 4.3.6. Кінематичний розрахунок приводу машини, підбір двигуна-редуктора

Вихідні дані:

Потужність на валу шнека:  $N = 1.8$  кВт;

Частота обертання валу шнека:  $n_{\text{вих}} = 45$  об/хв.;

Термін служби – 4 роки;

Число робочих змін на добу – 3.

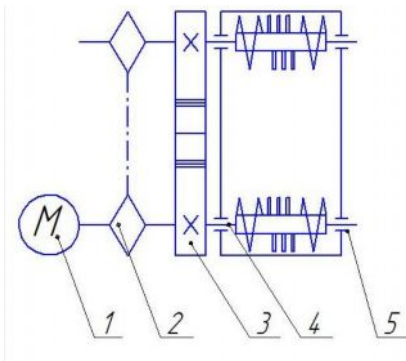
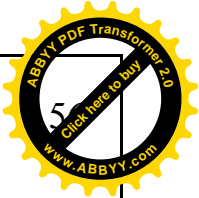
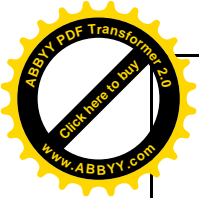


Рис.4.3 Кінематична схема приводу ЗБФА

1 - Двигун-редуктор; 2- Ланцюгова передача; 3- Зубчаста передача;  
4 - Вал; 5- Підшипникова опора

Розраховуємо крутний момент на вихідному валу :

$$T_{\text{вих}} = \frac{N_{\text{вих}}}{\omega_{\text{вих}}} \quad \text{де } \omega_{\text{вих}} = \frac{\pi \cdot n_{\text{вих}}}{30} = \frac{3,14 \cdot 45}{30} = 4,71 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

Тоді:  $T_{\text{вих}} = \frac{1800}{4,71} = 402,59 \text{ Нм}$

Потужність двигуна знаходимо за формулою :

$$N_{\text{двигуна}} = \frac{N_{\text{вих}}}{\eta_{\text{привода}}} = \frac{1800}{0,737} = 2442,47 \text{ Вт}$$

де  $\eta_{\text{привода}} = \eta_{\text{редуктора}} \cdot \eta_{\text{зуб.}} \cdot \eta_{\text{п.}} \cdot \eta_{\text{п}} = 0,8 \cdot 0,94 \cdot 0,99 \cdot 0,99 = 0,737$ ;

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

$\eta_{\text{зуб.}}$  – ККД циліндричної прямозубої зубчатої передачі (0,94) ;

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

З каталогу стандартних електродвигунів підбираємо електродвигун типу: АИР100S4 Номінальна потужність - 3.0 кВт ; Номінальні значення двигуна - 1390 об/хв,  $\frac{T_{\text{пуск}}}{T_{\text{н}}} = 2.2$  за ГОСТ 19523-81 ;

Знаходимо крутний момент на вхідному валу агрегату:

$$T_2 = \frac{T_{\text{вих}}}{\eta_{\text{редуктора}}} = \frac{402,59}{0,737} = 546,2 \text{ Нм}$$

Вибираємо двигун-редуктор за наступними характеристиками:

$T_1=546\text{Нм}$ ;  $n=45 \text{ об/хв}$ .  $N_{\text{двигуна}}=3.0\text{кВт}$ .

202007.ДП.02.004.ПЗ	Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш
---------------------	------------	--------------	---------	-------

Приймаємо двигун-редуктор SEWEURODRIVE KAF77DV100L4, у якого  $T_1=630\text{Нм}$ ;  $n=45\text{ об/хв}$ .  $N_{\text{двигуна}}=3.0\text{кВт}$ .  $\text{SEW}=2.5$ ,  $m=83\text{ кг.}$ ;  $i=30.89$ .

Рис.4.4. Ескіз двигун-редуктора KAF77DV100L4

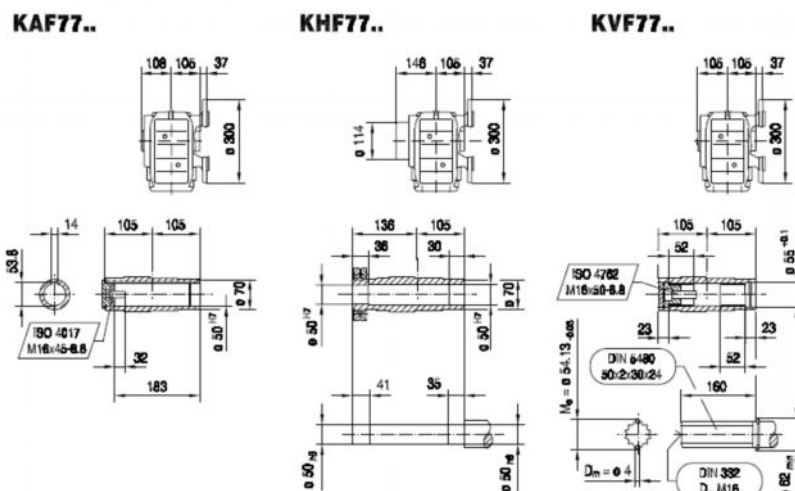
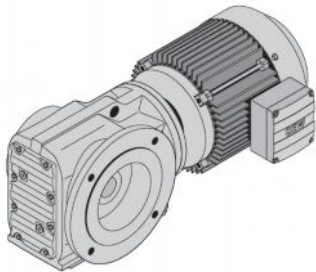


Рис. 4.5  
Габаритні та приєднувальні розміри двигуна-редуктора KAF77DV100L4

(→) (102)	DT71D	DT80..	DT90..	DV100M	DV100L	DV112M	DV132S	DV132M	DV132ML	DV160M
AC	145	145	197	197	197	221	221	275	275	275
AD	122	122	154	166	166	179	179	230	230	230
ADS	127	127	161	166	166	182	182	230	230	230
L	505	555	573	623	653	657	702	724	784	784
LS	569	619	658	708	738	737	782	836	896	896
LB	193	243	261	311	341	345	390	412	472	472
LBS	257	307	346	396	426	425	470	524	584	584

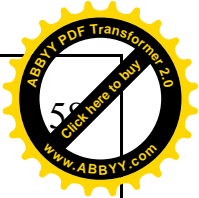
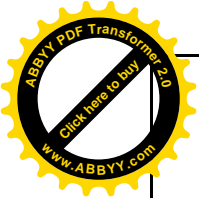
Знаходимо загальне передавальне число привода:

$$u_{\text{ід}} = \frac{n_{\text{двигуна}}}{n_{\text{від}}} = \frac{1390}{45} = 30.89;$$

Передавальне число привода складається з добутку передавальних чисел лвигуна-редуктора і відкритої прямозубої циліндричної передачі.

Оскільки  $i_{\text{редуктора}}=30,89$  Тоді:  $i_2 = \frac{u_{\text{ід}}}{i_{\text{від}}} = \frac{30.89}{1} = 30,89$

Прямозубу передачу використовуємо для забезпечення сталої кількості обертів другого валу.



Знаходимо потужності на окремих валах машини:

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

$$N_2 = N_1 \cdot \eta_{\text{редуктора}} = 2442 \cdot 0,8 = 1954(\text{Вт}) ;$$

$$N_3 = N_2 \cdot \eta_{\text{п.}} \cdot \eta_{\text{зуб.}} = 1954 \cdot 0,99 \cdot 0,94 = 1818(\text{Вт}) ;$$

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

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

Знаходимо частоту обертання окремих валів машини:

$$n_1 = n_{\text{ос}} = 1390 (\text{об} / \text{хв}) ; \quad n_2 = \frac{n_1}{i_{\text{ред}}} = \frac{1390}{30,89} = 45(\text{об} / \text{хв}) ;$$

$$n_3 = n_2 = 45(\text{об} / \text{хв}) ; \quad n_4 = \frac{n_3}{i_{\text{зуб}}} = \frac{45}{1} = 45(\text{об} / \text{хв})$$

Знаходимо кутові швидкості на окремих валах агрегату:

$$\omega_1 = \frac{\pi \cdot n_1}{30} = \frac{3,14 \cdot 1390}{30} = 145,49(\text{рад} / \text{с}) \quad \omega_2 = \frac{\omega_1}{i_{\text{ред}}} = \frac{145,49}{30,89} = 4,71\text{рад} / \text{с}$$

$$\omega_3 = \omega_2 = 4,71(\text{рад} / \text{с}) \quad \omega_4 = \frac{\omega_3}{i_{\text{зуб}}} = \frac{4,71}{1} = 4,71(\text{рад} / \text{с})$$

Розраховуємо крутні моменти на окремих валах приводу :

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

$$T_3 = \frac{T_4}{\eta_{\text{зуб}} \cdot \eta_{\text{п}} \cdot i_{\text{зуб}}} = \frac{402,59}{0,94 \cdot 0,99 \cdot 1} = 432,61(\text{Н} \cdot \text{м})$$

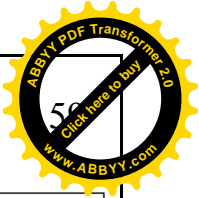
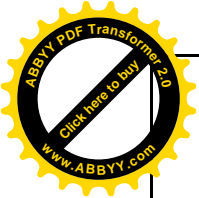
$$T_2 = \frac{T_3}{\eta_{\text{п}}} = \frac{432,61}{0,99} = 437(\text{Н} \cdot \text{м})$$

$$T_1 = \frac{T_2}{\eta_{\text{ред}} \cdot i_{\text{ред}}} = \frac{432,61}{0,8 \cdot 30,89} = 17,5(\text{Н} \cdot \text{м})$$

Всі отримані дані заносимо в таблицю для зручності їх подальшого використання.

Таб. 4.4 Таблиця отриманих даних

202007.ДП.02.004.ПЗ	Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш
---------------------	------------	--------------	---------	-------



Номер ла	Потужність на валу N,Вт	Частота обертання валу n,об/ хв	Кутіві швидк ості валів, рад/с	Крут ний момент на валах Т, Н·м	Передава льне число
I	2442	1390	145.49	17.5	
II	1954	45	4.71	437	30.89
III	1818	45	4.71	432.6	1
IV	1800	45	4.71	402.5	9

IV	1800	45	4.71	402.59	
----	------	----	------	--------	--

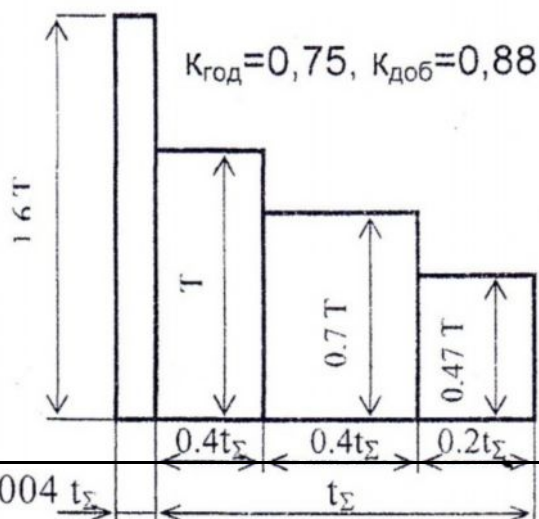
Визначаємо загальну кількість годин роботи приводу

$$\sum t = 8 \cdot c \cdot 365 \cdot L \cdot K_{річ} \cdot K_{доб}$$

Де c - кількість годин у змін c = 8.

$$\sum t = 8 \cdot 3 \cdot 365 \cdot 4 \cdot 0,75 \cdot 0,88 = 23126 \text{ год.}$$

$$t_{екв} = t_{\Sigma} \sum_{i=1}^n \left( \frac{T_i}{T_H} \right)^3 \frac{t_i}{t_H} \quad t_{екв} = 23126 (1^3 \cdot 0,4 + 0,7^3 \cdot 0,4 + 0,47^3 \cdot 0,2) = 12903 \text{ год.}$$



2020

Дата  
видання

Мова  
UA

Аркуш

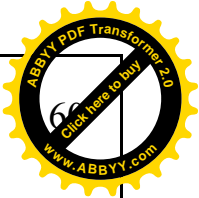
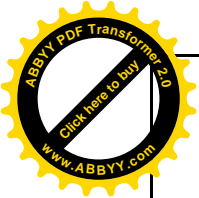


Рис.4.6 Графік навантаження на привід агрегату

### 4.3.7. Розрахунок циліндричної відкритої прямозубої передачі

Номинальна потужність, яка передається валом шестернею  $N_3 = 1954$

Вт;

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

Передавальне число  $u = 1.0$ ;

Крутний момент на валу шестерні  $T_3 = 437$  Н·м.

Вибір матеріалу та призначення термооброблення.

Вибираємо для шестерні і для колеса Сталь 5 ;

Термооброблення – нормалізація.

Для шестерні розраховуємо:

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

Для колеса:

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

Допустимі напруження на згинання.

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

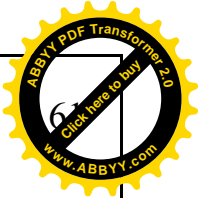
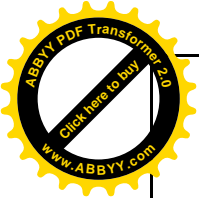
де  $\sigma_{F \text{ lim } b}$  — межа витривалості зубців на згинання, яка відповідає базовій кількості циклів зміни напружень :

$$\sigma_{F \text{ lim } b1} = 1,8 \cdot \text{HB}_1 = 1,8 \cdot 175 = 315 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{F \text{ lim } b2} = 1,8 \cdot \text{HB}_2 = 1,8 \cdot 165 = 297 \text{ МПа}$$

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

$K_{FL}$  — коефіцієнт довговічності:



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

$m_F$  — показник степеня кривої втомлюваності для коліс із твердістю поверхні зубців  $HV < 350$   $m_F = 6$ ;

$N_{FO}$  — базова кількість циклів зміни напружень:

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

$N_{FE}$  — еквівалентна кількість циклів навантаження зубців передачі за термін служби:

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

Де  $n$  — кількість обертів валу шестерні,  $n_3 = 45$  об/хв;

$$N_{FE} = 60 \cdot n_3 \cdot t_{екв} = 60 \cdot 45 \cdot 12903 = 34.84 \cdot 10^6 \text{ циклів}$$

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

$S_F$  - коефіцієнт безпеки:

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

$$S'_F = 1,75;$$

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

$Y_S$  - коефіцієнт, який враховує чутливість матеріалу до концентрації напружень;  $Y_S = 1$ ;

$Y_R$  — коефіцієнт, який враховує жорсткість перехідних поверхонь зубців;

Допустимі напруження згинання для зубів шестерні та колеса :

$$[\sigma_{F1}] = \frac{315}{2,625} \cdot 1 \cdot 0,65 \cdot 1 \cdot 1 = 78 \text{ МПа}$$

$$[\sigma_{F2}] = \frac{297}{2,625} \cdot 1 \cdot 0,65 \cdot 1 \cdot 1 = 74 \text{ МПа}$$

Допустимі граничні напруження згинання за максимальних навантажень:

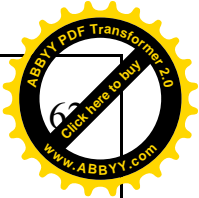
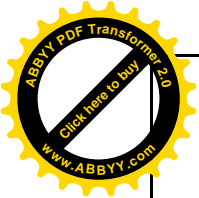
202007.ДП.02.004.ПЗ

Інд. змін.

Дата  
видання

Мова  
UA

Аркуш



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

$\sigma_{F \lim M}$  - граничне напруження, яке не залишає кінцевих деформацій або крихкого злому:

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

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

$S_F$  — коефіцієнт безпеки,  $S_{FM} = 2.625$ .

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

$$[\sigma_F]_{\max} = \frac{840}{2.625} \cdot 1 = 320 \text{ МПа}$$

$$[\sigma_F]_{\max} = \frac{792}{2.625} \cdot 1 = 301.7 = 300 \text{ МПа}$$

Допустимі граничні контактні напруження за максимальних навантажень

визначаються за формулою:

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

$$\sigma_{H \max 1} = 2,8 \cdot \sigma_T = 2,8 \cdot 270 = 756 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{H \max 2} = 2,8 \cdot \sigma_T = 2,8 \cdot 260 = 728 \text{ МПа};$$

Розраховуємо зуби на міцність на згинання:

Визначаємо величини, необхідні для розрахунку:

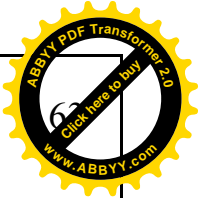
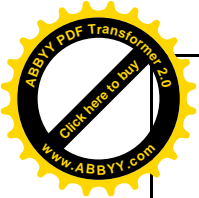
Наближена швидкість зубчастих коліс:

$$v = 0,0125 \cdot \sqrt[3]{N_3 \cdot n_3^2} = 0,0125 \cdot \sqrt[3]{1.954 \cdot 45^2} = 0.7 \text{ м/с}$$

За даної швидкості необхідний ступінь точності передачі – 9-й.

Коефіцієнт ширини зубчастого вінця за консольного розташування опор приймаємо:  $\psi_d = 0,75 \cdot \psi_d^{\max} = 0,75 \cdot 0,7 = 0,525$

Коефіцієнт, який враховує розподіл навантаження між зубцями



$$K_{F\alpha} = 1,0$$

Коефіцієнт, який враховує розподіл навантаження по ширині вінця:

$$K_{F\beta} = 1,35$$

Коефіцієнт, що враховує динамічне навантаження:

$$K_{Fv} = 1,13$$

Приймаємо:

кількість зубів шестерні  $z_1=22$ , тоді кількість зубів колеса  $z_2 = z_1 \cdot u = 22 \cdot 1 = 22$  шт.

Коефіцієнти, який враховують форму зубців шестерні і колеса:

$$Y_{F1} = Y_{F2} = 4,0$$

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

$$Y_{\beta} = 1$$

модуль зачеплення на початку:

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

$$= \sqrt[3]{\frac{2 \cdot 437 \cdot 10^3 \cdot 1,13 \cdot 1,35 \cdot 1}{22^2 \cdot 0,525 \cdot 78} \cdot 4,0 \cdot 1} = 2,3 \text{ мм}$$

Приймаємо  $m = 5 \text{ мм}$  Міжосьова відстань  $a=220 \text{ мм}$ . Кількість зубців шестерні і колеса  $z=44$  шт.

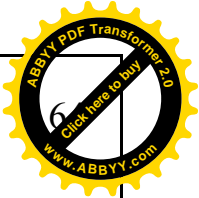
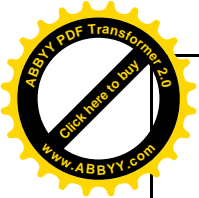
Ділильні діаметри колеса і шестерні:

$$d_{\omega 1} = d_{\omega 2} = m \cdot z_1 = 5 \cdot 44 = 220 \text{ мм}$$

$$v = \frac{\pi \cdot d_{\omega 1} \cdot n_3}{60000} = \frac{3,14 \cdot 220 \cdot 45}{60 \cdot 1000} = 0,51 \text{ м/с}$$

Ступінь точності передачі 9, він співпадає з раніше прийнятим.

Перевірка зубців на міцність на згинання під дією максимального навантаження.



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

Розрахуємо напруження згинання в зубцях шестерні:

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

$$\text{де } W_{F1} = \frac{2 \cdot T_3}{d_{\omega 1} \cdot b_{\omega}} \cdot K_{F\alpha} \cdot K_{F\beta} \cdot K_{Fv} = \frac{2 \cdot 437 \cdot 10^3}{220 \cdot 80} \cdot 1 \cdot 1,35 \cdot 1,2 = 80,5 \text{ МПа}$$

$$b_{\omega} = \psi_d \cdot d_{\omega 1} = 0,525 \cdot 220 = 115,2 = 80 \text{ мм}$$

Приймаємо  $b_{\omega 1} = 86 \text{ мм}$

$$\sigma_{F1} = 4 \cdot 1 \cdot \frac{80,5}{5} = 64,4 \text{ МПа} < [\sigma_{F1}] = 78 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{F2} = \sigma_{F1} \frac{Y_{F2}}{Y_{F1}} = 64,4 \text{ МПа} < [\sigma_{F2}] = 74 \text{ МПа}$$

Напруження згинання від максимального навантаження:

$$\sigma_{F1 \max} = 64,4 \cdot 2 = 129 \text{ МПа} < [\sigma_{F1}]_{\max} = 320 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{F2 \max} = 64,4 \cdot 2 = 129 \text{ МПа} < [\sigma_{F2}]_{\max} = 300 \text{ МПа}$$

Перевірка зубців на контактну міцність під дією максимального навантаження.

Розрахунок напруження від максимального навантаження:

$$\sigma_{H \max} = \sigma_H \cdot \sqrt{\frac{T_{\max}}{T_H}} \leq [\sigma_H]_{\max}$$

Контактне напруження від номінального навантаження:

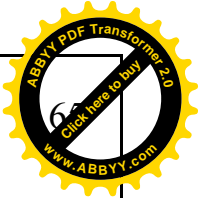
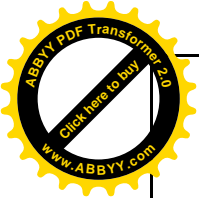
$$\sigma_H = Z_H \cdot Z_M \cdot Z_{\varepsilon} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot T_3 \cdot K_{H\alpha} \cdot K_{H\beta} \cdot K_{Hv} \cdot u + 1}{b_{\omega} \cdot d_{\omega 1}^2 \cdot u}}$$

Коефіцієнт, який враховує розподіл навантаження між зубцям

$$K_{H\alpha} = 1,0$$

Коефіцієнт, який враховує розподіл навантаження по ширині вінця:

$$K_{H\beta} = 1,08$$



Коефіцієнт, який враховує динамічне навантаження:

$$K_{Hv} = 1,06$$

Коефіцієнт, який враховує форму поверхонь спряження:

$$Z_H = 1,76 \cdot \cos \beta = 1,76 \cdot \cos 0^\circ = 1,76$$

Коефіцієнт, який враховує механічні властивості спряжених коліс:

$$Z_M = 275 \text{ МПа}$$

Коефіцієнт, що враховує сумарну довжину контактних ліній:

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

$$\varepsilon_\alpha = \left[ 1,88 - 3,2 \left( \frac{1}{z_1} + \frac{1}{z_2} \right) \right] \cdot \cos \beta = \left[ 1,88 - 3,2 \left( \frac{1}{44} + \frac{1}{44} \right) \right] \cdot \cos 0^\circ = 1,73$$

$$Z_\varepsilon = \sqrt{\frac{4 - \varepsilon_\alpha}{3}} = \sqrt{\frac{4 - 1,73}{3}} = 0,87$$

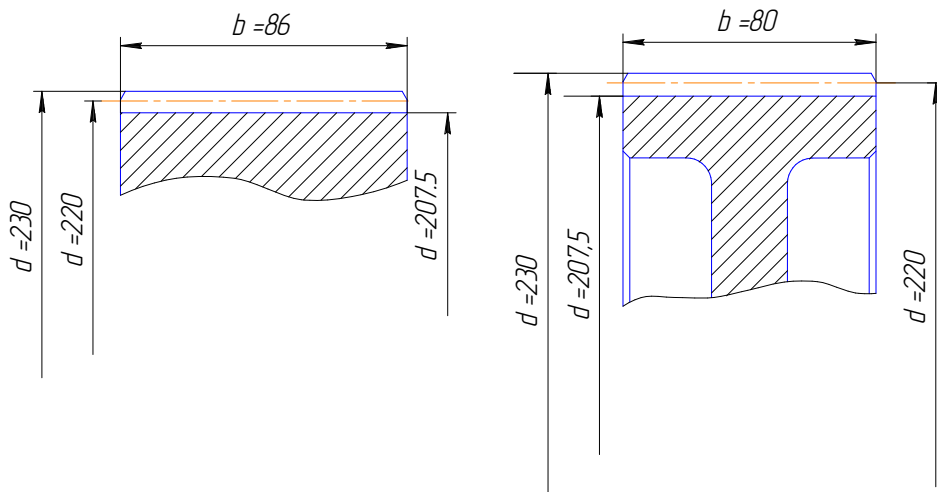
$$\sigma_H = 1,73 \cdot 275 \cdot 0,87 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 437 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 1,08 \cdot 1,06 \cdot \frac{1+1}{1}}{80 \cdot 220^2}} = 297 \text{ МПа}$$

Напруження від максимального навантаження:

$$\sigma_{H \max} = 297 \cdot \sqrt{1,6} = 380 \text{ МПа} < [\sigma_H]_{\max} = 728 \text{ МПа}$$

Приймаємо остаточні розміри передачі:

$$m = 5 \text{ мм}, z_1 = 44, z_2 = 44, u = 1,0, b_{\omega 2} = 80 \text{ мм}, b_{\omega 1} = 86 \text{ мм}$$



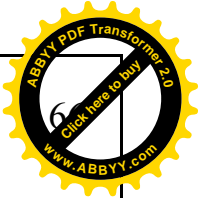
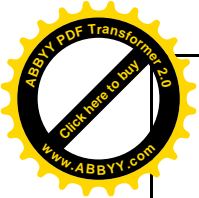
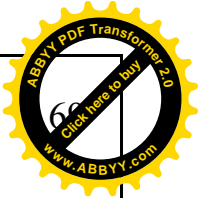
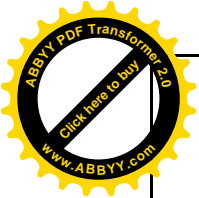


Рис. 4.6 Ескіз зубців прямозубої передачі

Кут нахилу зуба на діаметрі d	$\beta = 0^\circ$
Кут зачеплення в нормальному перерізі	$\alpha_\omega = \alpha = 20^\circ$
Кут зачеплення в <u>торцьовому</u> перерізі	$\alpha_{\alpha'} = \alpha = 20^\circ$
Міжосьова відстань	$a_\omega = 0,5m \cdot (z_1 + z_2) = 0,5 \cdot 5 \cdot (44 + 44) = 220 \text{ мм}$
Ділильний і початковий діаметри:	
Шестерні	$d_1 = d_{\omega 1} = m \cdot z_1 = 5 \cdot 44 = 220 \text{ мм}$
колеса	$d_2 = d_{\omega 2} = m \cdot z_2 = 5 \cdot 44 = 220 \text{ мм}$
Діаметри вершин зубців:	
Шестерні	$d_{a1} = d_1 + 2 \cdot m = 220 + 2 \cdot 5 = 230 \text{ мм}$
колеса	$d_{a2} = d_2 + 2 \cdot m = 220 + 2 \cdot 5 = 230 \text{ мм}$
Діаметри западин:	
Шестерні	$d_{f1} = d_1 - 2,5 \cdot m = 220 - 2,5 \cdot 5 = 207,5 \text{ мм}$
колеса	$d_{f2} = d_2 - 2,5 \cdot m = 220 - 2,5 \cdot 5 = 207,5 \text{ мм}$



## 5. Монтаж, експлуатація, ремонт обладнання

### Монтаж змішувально-бродильно-формуального агрегату

Процес монтажу ЗБФА полягає у встановленні на фундамент (або без нього) та двигуна-редуктора. Змішувальнобродильноформувальний агрегат (ЗБФА) надходить на монтаж на підприємство в зібраному вигляді. Встановлюється на попередньо підготовленому фундаменті і кріпиться гайками з шайбою до анкерних болтів.

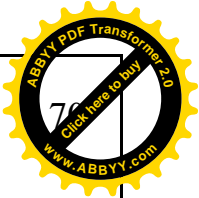
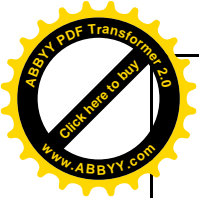
Перед запуском машини перевіряють затяжку болтових з'єднань: двигуна-редуктора, робочих органів, перевіряють міцність кріплення підшипників; змащують всі необхідні елементи машини; встановлюють і надійно закріплюють огороження приводу; перевіряють натягування привідних механізмів місильних органів. Вручну перевіряють, чи вільно обертаються робочі органи. Включають машину на холостому ходу, натискаючи на кнопку "Пуск" короткочасно. Під час роботи машини не має бути стукоту, вібрації інших зайвих звуків. Під час підключення двигуна-редуктора необхідно перевірити напрям обертання обличчя органів. Далі машину короткотерміново прокручують, і за її нормальної роботи запускають на обкатку без навантаження протягом 2-3 год. Після пробного запуску та усунення виявлених недоліків агрегат передають до експлуатації.

### Експлуатація ЗБФА

До правил технічної експлуатації ЗБФА входить: забезпечення зовнішніх умов (відповідність приміщень: чистота, температура, вологість, чистота повітря та інш.)

Правила експлуатації ЗБФА:

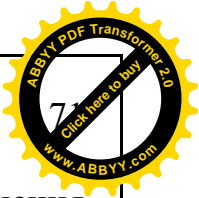
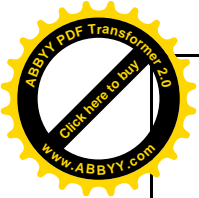
<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Теличкун В.І.	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> Шил С.М.	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>Монтаж, експлуатація, ремонт обладнання</b>	<b>202007.ДП.02.005.ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> Гавва О.М.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i>



- Підтримання належного стану робочого місця;
- підтримання обладнання в чистому стані, своєчасне і правильне змащування частин, що потребують змащування;
- дотримання режимів роботи механізмів машини (навантаження силові, швидкісні, теплові та інші) у відповідності з паспортом обладнання;
- слідування правилам управління агрегатом (пуск, експлуатація, зупинка);
- виконання заходів обумовлених системою планового попереджувального технічного обслуговування та ремонту агрегату.

Контроль за технічним станом обладнання виконує відділ головного механіка, він контролює умови експлуатації, готує пропозиції і технічну документацію для покращення стану обладнання. Інспекторська служба відділу має право зупиняти машини і агрегати за їхнього незадовільного стану, неправильній експлуатації та порушенні графіків планово попереджувального ремонту.

Оператор має знати конструкцію і взаємодію основних механізмів агрегату, вміти їх регулювати, підтримувати в належному стані робоче місце, виконувати дрібний ремонт. Знання і виконання правил експлуатації агрегату обслуговуючим персоналом забезпечує технічний стан ЗБФА. Догляд за агрегатом займає вирішальне значення для збереження його працездатності. За належного догляду можливо значно збільшити термін служби до чергового ремонту. На початку роботи оператор зобов'язаний провести зовнішній огляд агрегату і перевірити його робочий стан, перевірити місця змащування, наявність в них мастила. За виявлення будь-яких пошкоджень або несправностей оператор ставить до відома майстра. Протягом робочої зміни необхідно змащувати тачки, вказані на карті змащення агрегату, і

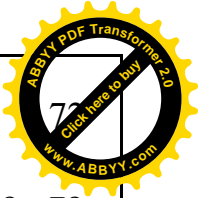
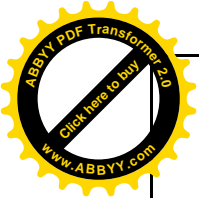


мастилом, вказаним в інструкції. Під час централізованого змащення необхідно слідкувати за тим, щоб резервуар завжди був заповнений мастилом.

### **Ремонт агрегату**

Під час обслуговування ЗБФА необхідно слідкувати за характером роботи агрегату. Необхідно контролювати температуру підшипників. За появи стороннього шуму під час роботи механізмів необхідно зупинити агрегат і провести необхідне регулювання. За дрібних пошкоджень, які не викликають простоювань, потрібно замінити пошкоджену деталь. Технічне обслуговування та ремонт полягає в комплексі операцій для підтримки працездатності та справності обладнання за його експлуатації за призначенням. Технічне обслуговування агрегату під час використання його за призначенням виконується відповідно до інструкції для експлуатації, яка розроблена заводом-виробником. У комплекс робіт з ремонту та технічного обслуговування ЗБФА, який знаходиться в експлуатації, входять: щоденний технічний огляд, а в разі виявлення несправності, його ремонт. Технічний догляд включає роботи з дотримання правил запуску, експлуатації, зупинки агрегату, своєчасне змащення окремих вузлів та деталей, підтримка належного санітарного стану робочого місця, тощо. На кожному робочому місці має бути інструкція з технічного нагляду за агрегатом. Технічний догляд виконується операторами, які безпосередньо обслуговують агрегат. Технічне обслуговування виконується ремонтною бригадою у складі чергових слюсарів, електриків та інших. Під час технічного обслуговування виконуються роботи, нормальна експлуатація між плановими ремонтами яких неможлива.

Такі роботи включають: регулювання окремих механізмів, догляд за арматурою, підтягування різьбових з'єднань.



Більшість таких робіт виконується за потреби відповідно до інструкції з експлуатації. Якісне обслуговування, регулярний контроль за експлуатацією обладнання забезпечують зменшення кількості позапланових ремонтних робіт.

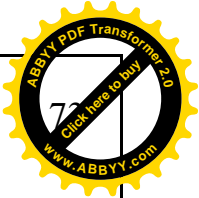
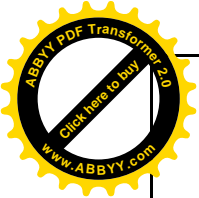
Ремонт ЗБФА включає наступні операції: очищення, розбирання, миття, сортування, ремонт та відновлення деталей та спряжень, комплектування запасними деталями, складання, пробний запуск та інше, підготовчі та супутні операції: матеріально-технічне постачання, забезпечення роботи верстатного та іншого обладнання, транспортування об'єктів, які ремонтуються, та інше.

Перед ремонтом необхідно провести огляд ЗБФА, виявити всі дефекти. Дефекти знаходять під час огляду, та на основі аналізу записів в журналі слюсарів-ремонтників та механіка. Перед початком ремонту заготовляють необхідні деталі та інструменти.

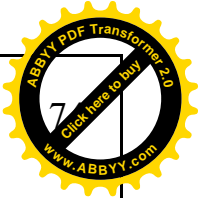
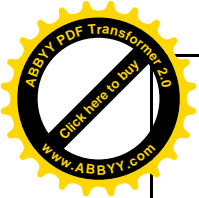
Агрегат від'єднують від електромережі, мережі технологічних комунікацій, знімають привід, роз'єднують напівмуфти валу двигуна, виливають мастило з резервуарів системи змащування, після таких попередніх операцій можна зайнятись його розбиранням,. На силовому щиті живлення вивішують оголошення: «Не вмикати - працюють люди».

Основні правила розбирання агрегату:

- розбирається лише той вузол або механізм, який ремонтується (повне розбирання виконується лише за капітального ремонту);
- перед початком розбирання необхідно ознайомитись з технічним паспортом, кресленнями основних деталей, кінематичною схемою і визначити порядок розбирання. Необхідно попередньо скласти план розбирання за одним із методів: послідовному або паралельно-послідовному;



- під час розбирання проводиться виявлення дефектів та складається відомість дефектів;
- спочатку знімають кожухи, кришки, запобіжні щитки, для відкриття доступ до вузла, який підлягає розбиранню;
- якщо розбирають декілька вузлів, деталі кожного з них складаються, для знімання громіздких деталей і вузлів користуються вантажопідйомними механізмами;
- для полегшення розбирання спряжень деталей, необхідно користуватись спеціальними пристроями, інструментами та спеціальними механізмами, знімачами.



## 6. Технологія машинобудування

### 6.1. Загальна інформація

Технологічний процес утворення з'єднань складових виробів називають складанням машин.

При складанні досягається необхідне розташування деталей, що зєднуються, відносна нерухомість або рухомість деталей, що сполучаються в конструкції.

Змішувально-бродильно-формульний агрегат продуктивністю 90 кг/год складається з окремих частин, з яких найпростішою є деталь, що не має ніяких з'єднань. Вузол - сукупність декількох деталей, що з'єднані і скріплені між собою. Залежно від конструкції вузли можуть бути різної складності.

Деталь або вузол, з якого починається складання, називається базовою деталлю. Базова деталь показує положення всіх інших складальних одиниць. Щоб полегшити процеси складання, використовують технологічні схеми складання, на яких умовно зображена послідовність процесу.

### 6.2. Вибір вузла та аналіз характеристик виробу

В запропонованому проекті проведено аналіз нової конструкції тістомісильної машини безперервної дії.

Робочі органи тістомісильної машини є відповідальним вузлом конструкції, оскільки забезпечує основний вплив на процес замішування.

В даному розділі розглянуто технологію складання робочого органу змішувально-бродильно-формульного агрегату продуктивністю 90 кг/год.

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Теличкун В.І.	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> Шил С.М.	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>Технологія машинобудування</b>	<b>202007.ДП.02.006.ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> Гавва О.М.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i>

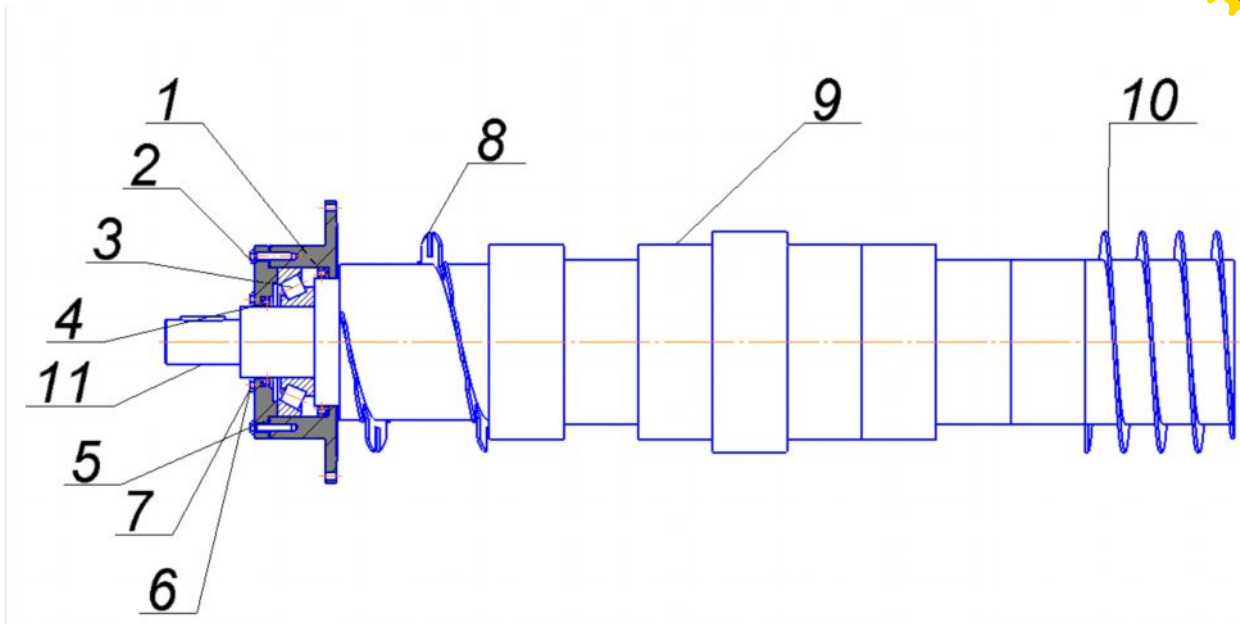


Рис.6.1. Ескіз вузла.

Детальний склад робочого органу змішувально-бродильно-формувального агрегату продуктивністю 90 кг/год

Таблиця 6.1

Номер позиції деталі	Назва деталі	Кількість деталей	Номер позиції деталі	Назва деталі	Кількість деталей
1	Корпус підшипника	1	8	Шнек 1	2
2	Кришка підшипника	2	9	Кулачки	6
3	Підшипник	2	10	Шнек 2	2
4	Ущільнювач	2	11	Вал	2
5	Прокладка	2	12		
6	Болт	12	13		
7	Шайба	12	14		

Вертикальні лінії зі стрілками показують послідовність складання окремих складальних одиниць, а горизонтальна лінія в центрі схеми –

послідовність з'єднання складальних одиниць 1-го порядку за допомогою стандартних виробів.

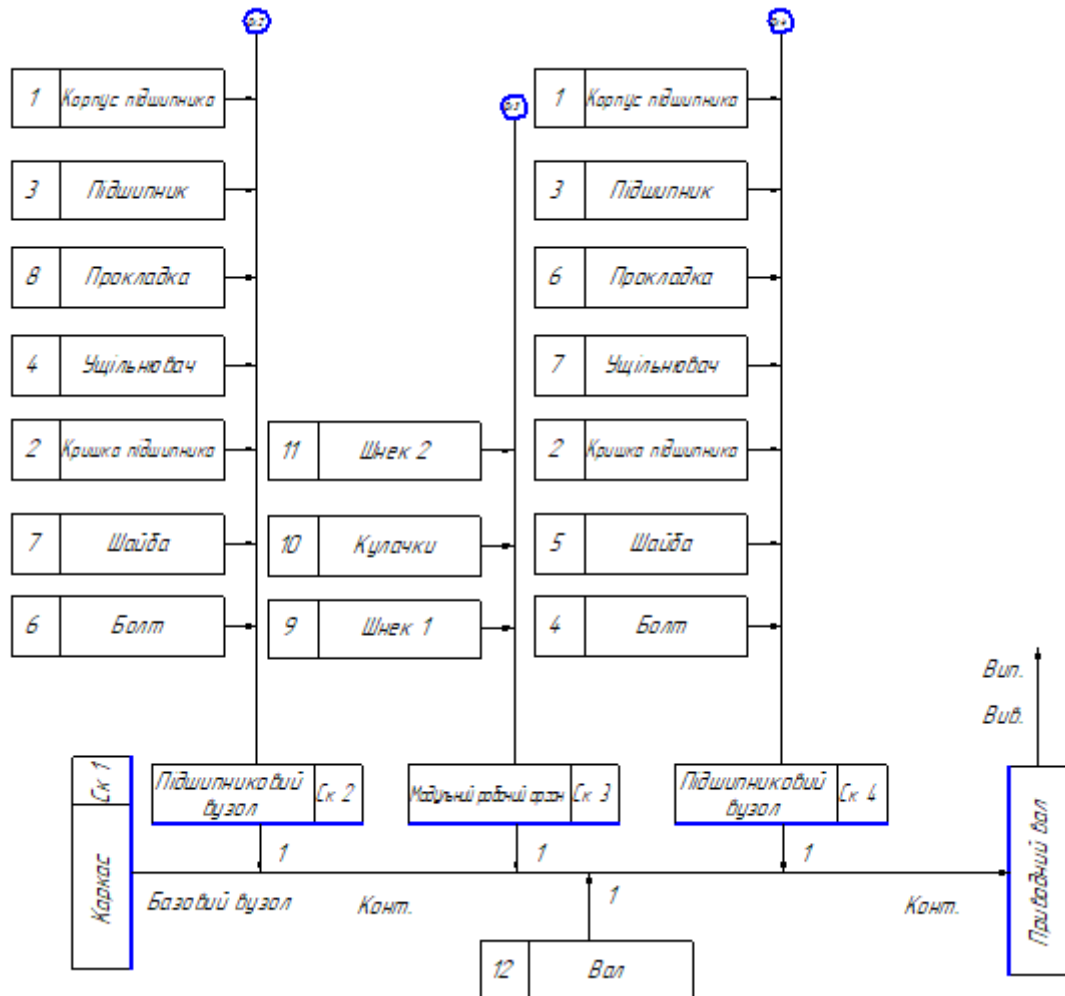
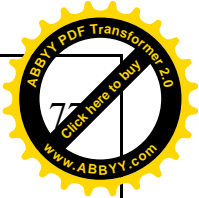
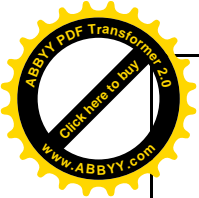


Рис. 6.2. Технологічна схема складання робочого органу змішувально-бродильно-формуального агрегату продуктивністю 90 кг/год.

Технологічний маршрут складання робочого органу змішувально-бродильно-формуального агрегату продуктивністю 90 кг/год полягає у описанні короткого змісту операцій з переходами (таблиця 6.2).



Приклад технологічного маршруту складання робочого органу тістомісильної машини *Таблиця 6. 2.*

№ операції	№ переходу, зміст переходу
10. Збирання корпусу (Ск. 1)	10.1 Установити корпус на складальному стенді й закріпити його 10.2. Очистити посадкові місця від пилю. 10.3. Змонтувати нижню кришку і верхню. 10.4. Переустановити корпус і закріпити.
20. Збирання підшипникового вузла СК2	20.1 Встановити корпус підшипника на каркас і закріпити його. 20.2. Встановити підшипник. 20.3. Встановити ущільнювач в кришку підшипника. 20.4. Встановити прокладку. 20.5. Встановити кришку підшипника . 20.7 Встановити 6 шайб. 20.8. Встановити 6 ботів та закрутити.
30 Збирання Робочого органу. (Ск. 3)	30.1 Установити Шнек №1. 30.2. Установити Кулачки. 30.3. Установити Шнек №2.
40 Збирання підшипникового вузла (Ск. 4)	40.1 Встановити корпус підшипника на каркас і закріпити його. 40.2. Встановити підшипник. 40.3. Встановити ущільнювач в кришку підшипника. 40.4. Встановити прокладку. 40.5. Встановити кришку підшипника . 40.7 Встановити 6 шайб. 40.8. Встановити 6 ботів та закрутити.
50. Контрольна	50.1. Проконтролювати складальні операції робочого органу тістомісильної машини.
60. Консервація	70.1. Змонтувати захисну плівку.

### 6.3. Розрахунок надійності деталі при експлуатації

Визначити ймовірність безвідмовної роботи кінцевика валу та проаналізувати надійність його роботи.

1. Обираємо критичний переріз кінцевика валу.

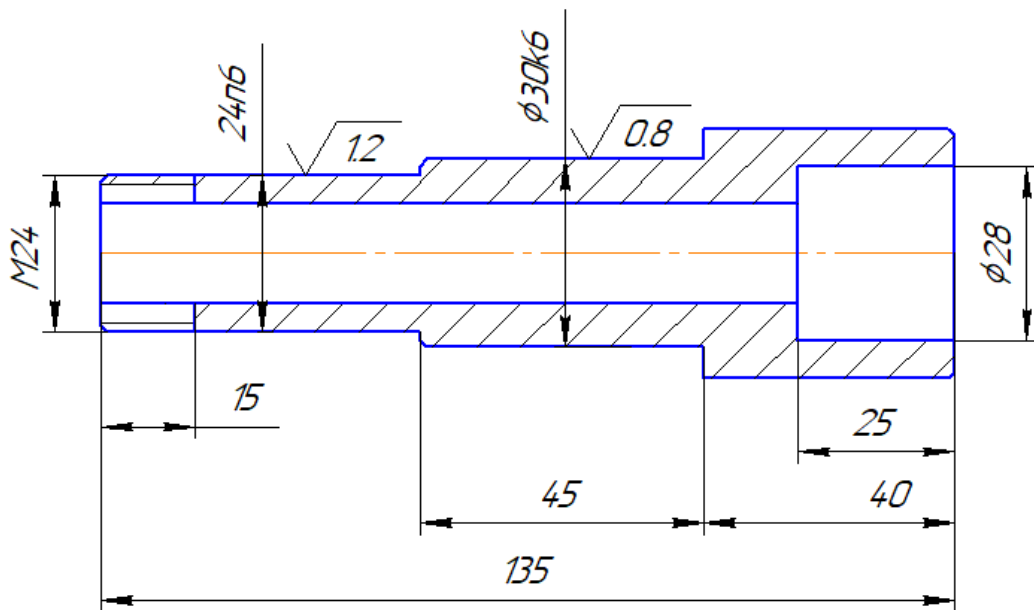
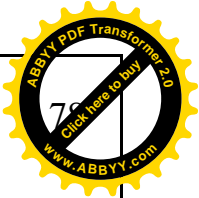
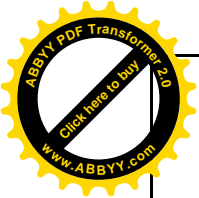


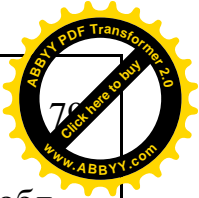
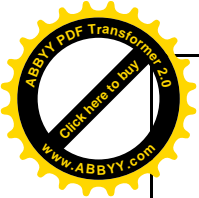
Рис.7.3 Креслення кінцека валу.

2. За робочим кресленням валу знаходимо геометричні розміри, необхідні для користування таблицями:  $d_1$  та  $d_2$  – діаметри валу, радіус галтелі  $r_r$  (а). За довідником знаходимо для матеріалу валу границю міцності при розтягу  $\sigma_{вр}$ , МПа.

Проведем розрахунок ймовірності довгострокової безвідмовної роботи кінцека валу для критичного перерізу у місці переходу діаметру (галтелі), у якого:  $d_1 = 24$  мм,  $d_2 = 30$  мм, радіус  $r_r = 0,5$  мм. З довідників знаходимо для сталі 45 значення  $\sigma_{вр} = 700$  МПа, а з технологічної документації на вузол встановлюємо, що значення згинаючого та крутного моменту:  $M_{зг} = 75$  Н·м;  $M_{кр} = 45$  Н·м. Розподілення моментів підпорядковується нормальним законам.

3. Шляхом інтерполяції знаходимо за таблицями 1-3 ефективні коеф. напругиц при згинанні та крученні валу для галтелі при валі при  $\sigma_{вр} = 700$  Мпа.

$$\frac{r_2}{d_2} = \frac{0,5}{24} = 0,021; \frac{d_1}{d_2} = \frac{30}{24} = 1,25; K_{\sigma} = 2,68; K_{\tau} = 1,62.$$



4. Масштабний фактор при згині та крученні валу визначаємо за табл. 4 за величиною його найменшого діаметра. Для  $d_1 = 24$  мм коеф. дорівнюють:  $\varepsilon_\sigma = 0,89$ ;  $\varepsilon_\tau = 0,8$ .

5. Середнє значення амплітуди напруження при згині та крученні визначають за формулами:

$$\sigma_{зг} = \frac{M_{зг}}{W_{зг}} = \frac{32M_{зг}}{\pi d_2^3} = \frac{32 \cdot 75 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 24^3} = 62,8 \text{ МПа};$$

$$\tau_{кр} = \frac{M_{кр}}{W_{кр}} = \frac{M_{кр}}{0,2d_2^3} = \frac{45 \cdot 10^3}{0,2(30)^3} = 8,3 \text{ МПа},$$

де  $W_{зг}$ ,  $W_{кр}$  - момент опору при згині та крученні в критичному перерізі валу,  $\text{мм}^3$ .

$$\text{При розрахунку валу із шпонковим пазом } W_{зг} = \frac{\pi d_1}{32} - \frac{bt(d_1 - t)^2}{d_1},$$

$$W_{кр} = \frac{\pi d_1}{16} - \frac{bt(d_1 - t)^2}{d_1}.$$

6. Коеф. запасу міцності при згині та крученні валу становлять відповідно:

$$n_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{K_\sigma}{\varepsilon_\sigma} \sigma_u} = \frac{280}{\frac{2,68}{0,89} 51,6} = 1,8;$$

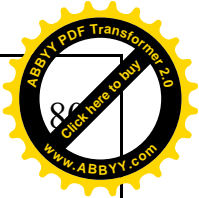
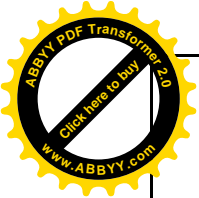
$$n_\tau = \frac{2\tau_{-1}}{\frac{K_\tau}{\varepsilon_\tau} \tau_{кр}} = \frac{2 \cdot 140}{\frac{1,62}{0,8} 18,1} = 7,64;$$

де  $\sigma_{-1} = 280$  МПа,  $\tau_{-1} = 140$  МПа – границя витривалості матеріала валу (Ст. 45) відповідно при згині та крученні (довідникові дані).

7. Загальний коефіцієнт запасу міцності визначається за формулою:

$$n = \frac{n_\sigma \cdot n_\tau}{\sqrt{n_\sigma^2 \cdot n_\tau^2}} = \frac{1,8 \cdot 7,64}{\sqrt{1,8^2 \cdot 7,64^2}} = 1,75.$$

8. Среднє квадратичне відхилення амплітуди напружень



$$S_a = \frac{A \cdot \sigma_{3z}}{3} = \frac{0,6 \cdot 62,8}{3} = 12,56 \text{ МПа, де } A = \frac{M_{кр}}{M_{3z}} = \frac{45}{75} = 0,6.$$

9. Коеф. варіації амплітуд

$$v_a = \frac{S_a}{\sigma_{3z}} = \frac{12,56}{62,8} = 0,2.$$

10. Приймаємо сумарний коефіцієнт різниць амплітуд  $v_a = 0,2$ . Знаходимо по графіку ймовірності відмови (руйнування вала в критичному перерізі) при одержаних розрахунках ( $n = 1,75$ ;  $v_a = 0,2$ ). Ймовірність руйнування валу в критичному перерізі:  $F(t) = 0,08$ .

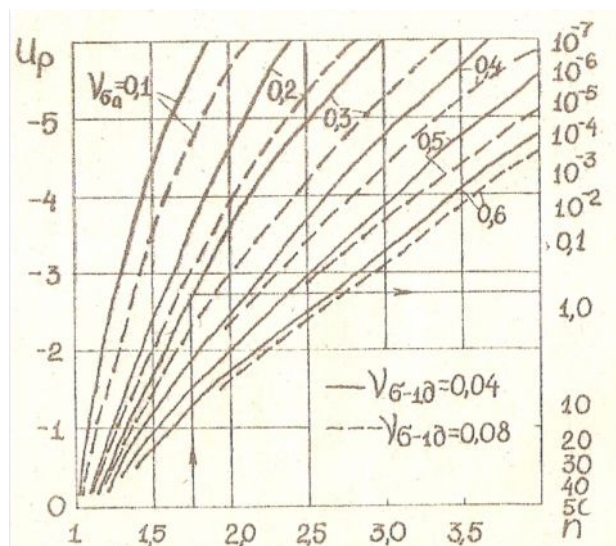
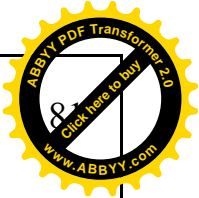
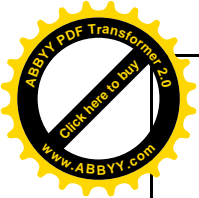


Рис.7.4 Графік ймовірності відмови.

11. Враховуючи співвідношення між ймовірністю безвідмовної роботи і відмов, ймовірністю безвідмовної роботи валу становить:

$$P(t) = 1 - F(t) = 100 - 0,08 = 99,2.$$

Одержаний показник показує, що вал має високу експлуатаційну надійність.



## 7. Охорона праці під час роботи на змішувально-бродильно-формульовальному агрегаті

Перед початком роботи на змішувально-бродильноформульовальному агрегаті передбачено проведення наступних інструктажів з техніки безпеки:

- вступний інструктаж для тих працівників, які прийняті на роботу. Проводить інженер з охорони праці або людина, призначена наказом керівництва для проведення цієї роботи;
- первинний інструктаж проводиться на робочому місці до початку роботи на ЗБФА з працівником, який буде обслуговувати новий для нього агрегат. Проводить майстер чи керівник;
- періодично проводять інструктаж на робочому місці з працівниками, що його обслуговують;
- якщо вводяться в дію нові або змінені нормативні акти про ОП, за зміни технологічного процесу, модернізації обладнання, якщо перерва в роботі більше ніж 30 днів; за порушення працівником нормативних актів проводиться позаплановий інструктаж з працівниками на робочому місці або кабінеті охорони праці;
- якщо виконуються разові роботи на ЗБФА, для ліквідації наслідків аварії, або виконанні робіт, які оформляються нарядом-допуском проводять цільовий інструктаж.

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Теличкун В.І.	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> Шил С.М.	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>Охорона праці під час роботи на змішувально-бродильно-формульовальному агрегаті</b>	<b>202007.ДП.02.007.ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> Гавва О.М.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i>

Аналіз роботи агрегату дозволяє виявити шкідливі та небезпечні чинники. Умовні позначення небезпечних факторів нанесені на спрощену схему агрегату (рис.6.1)

Змішувально-бродильно-формувальний агрегат обслуговує один оператор.

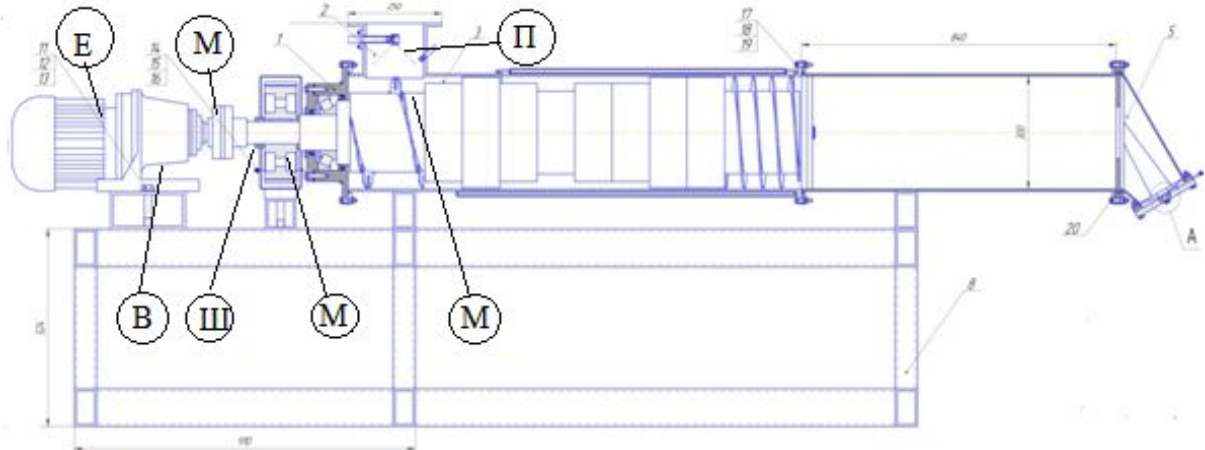
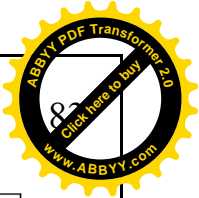
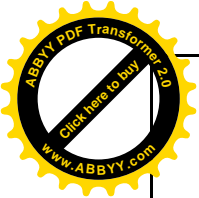


Рис 7.1. Схема змішувально-бродильно-формувального агрегата з зазначеними можливими негативними факторами впливу на людину: Е – ураження електричним; П – пил; В – вібрація; Ш – шум.

Для нормального самопочуття оператора під час обслуговування ЗБФА має бути досягнуто наступні параметри повітря: температура, швидкість руху і відносна вологість. Оптимальні норми мікроклімату забезпечують найкраще самопочуття та найвищу працездатність людини таблиця 7.1.

Допустимі норми мікроклімату подані в таблиці.

Таблиця 7.1.



Професія	Категорія робіт за важкістю	Температура, °C на робочих місцях				Відносна вологість φ, %	Швидкість руху повітря, м/с
		Верхня границя		Нижня границя			
		постійних	непостійних	Постійних	Непостійних		
Оператор ЗБФА	Ця	Холодна пора року					
		25	26	22	20	75	Не більше 0,3
		Тепла пора року					
		26	28	25	22	65(за 26°C)	0,2-0,4

У виробничих приміщеннях передбачено вологе прибирання.

Під час роботи змішувальнобродильно-формуального агрегату, а саме під час екструзування виробів крізь отвори матриці виділяється незначна кількість двоокису вуглецю, тому загазованість не нормується.

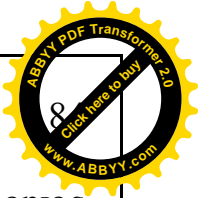
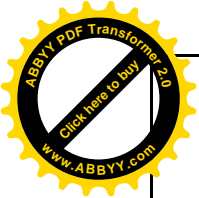
Під час роботи змішувальнобродильно-формуального агрегату в повітря пил не потрапляє оскільки камера герметично закрита.

Шум в цеху змішувальнобродильно-формуальної дільниці не перевищує нормативний.

Перевірка шуму та вібрації на робочих місцях має проводитись не рідше одного разу на рік. Рівень шуму на постійних робочих місцях і робочих зон у виробничих приміщеннях має не перевищувати 80 дБ.

Найбільш ефективним методом боротьби з шумом є його зменшення в джерелах виникнення. Для цього на ЗБФА виконують наступні заходи:

- звукоізоляція огорожувальних конструкцій;
- нагляд та своєчасна заміна підшипників;



Обладнання цеху змішувальнобродильно-формувальної ділянки створює загальну технологічну вібрацію, яка передається на фундамент або підлогу, а через підлогу може впливати на людину.

Змішувально бродильно - формувальний агрегат не є джерелом будь-якого випромінювання.

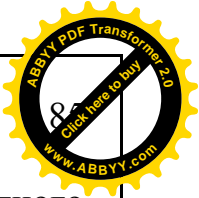
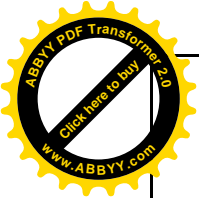
На місці обслуговування змішувально бродильно-формувального агрегату застосовується два види освітлення: природне (комбіноване) та штучне, яке відповідає вимогам СНиП II-4-79.

Природне освітлення на підприємстві забезпечується через великі вікна. Через забрудненість і запиленість скла з часом ефективність природного освітлення знижується на 25-35%. Велике значення для інтенсивності природного освітлення мають чистота та кольорове оздоблення стін і стелі приміщення. В зв'язку з цим не рідше ніж два рази на рік мити скло та один раз на рік фарбувати стіни і стелю.

Штучне освітлення створюється штучними джерелами світла і поділяється на робоче, аварійне, охоронне. Типи світильників вибрані відповідно до характеристики і призначення приміщень. Розміщення світильників рівномірне по всій площі цеху. Очищення світильників має робити електрик 1 раз на місяць. Контроль за освітленістю виконувати не рідше ніж один раз на три місяці. Загальна система освітлення - централізоване. Штучне освітлення здійснюється люмінесцентними лампами, встановлених поблизу робочих місць.

Люмінесцентне освітлення цеху 200 лк.

На місці обслуговування змішувальнобродильно-формувального агрегату передбачено аварійне освітлення для забезпечення безпечного перебування оператора в цеху, а також для евакуації людей, якщо відбулося вимикання робочого освітлення. Світильники аварійного освітлення позначені відрізняючим знаком ПУЕ. Норма аварійного освітлення 75 лк.



Для здійснення ремонтних робіт виконано мережу ремонтного освітлення, яка працює за напруги 36 В. Живлення здійснюється від трансформаторів зниження напруги.

Норми штучного освітлення робочого місця оператора змішувально бродильно – формувального агрегату наводимо в таблиці 7.3.

Таблиця 7.3.

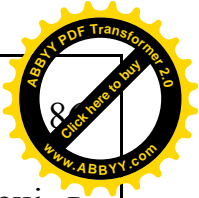
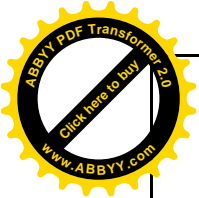
Професія	Точність зорової роботи	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Освітленість, лк	
				Комбінована: газорозрядні лампи.	Загальна: газорозрядні лампи.
				Лампи розжарювання	Лампи розжарювання
Оператор ЗБФА	Малої точності	V	B	400	200/150

Обладнання розміщено з дотриманням вимог по ширині проходів між агрегатом та будівельними конструкціями не менше 1 м. Такі проходи забезпечують безпечний рух людей під час обслуговування та вільний доступ до обладнання.

Всі небезпечні: рухомі та струмопровідні частини агрегату огорожені.

Передбачено блокування огорожень. Блокування забезпечує відключення електродвигуна під час зняття огороження.

На хлібопекарському підприємстві для забезпечення санітарно-гігієнічних норм передбачені роздягальні, душові, санвузли, кімната відпочинку, приміщення для прання спецодягу, які розміщуються в одній будівлі з виробничим приміщенням і забезпечуються припливно-витяжною



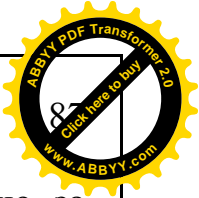
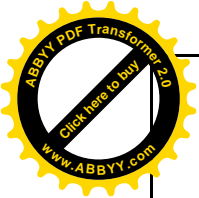
вентиляцією. Медпункт та пункт громадського харчування розміщені в адміністративному приміщенні .

Для обслуговування змішувально бродильно – формувального агрегату передбачено гардеробну з індивідуальною шафою(на два відділення кожна) для кожного працівника. До гардеробних мають примикають душові з двома душовими відділеннями кожна. В гардеробних встановленні по одному умивальнику. Вбиральня може бути однією для чоловіків і жінок, але з тамбуром, який закривається, та умивальником.

За безпекою ураження людини електричним струмом та станом виробничого середовища за "Правилами облаштування електроустановок" (ПУЕ) діляниця обслуговуванн ЗБФА відноситься до категорії з підвищеною безпекою.

Основними заходами безпечної експлуатації агрегату є

- недоступність основних струмопідвідних частин;
- заземлення всіх неструмопідвідних елементів електрообладнання;
- швидке спрацювання автоматично-захисного відключення у разі замикання на корпус електродвигунів, або їх перевантаження;
- захисне розділення мережі;
- блокувально-попереджувальна сигналізація має мати написи і плакатами;
- використання захисних засобів і пристроїв;
- проведення планово-попереджувальних ремонтів та випробувань електричного обладнання;
- проведення навчання, інструктажів, атестацій;
- ремонт та профілактичне обслуговування агрегату здійснюється тільки за відімкненого електричного живлення.

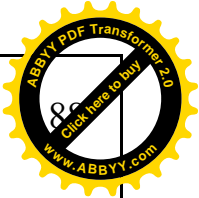
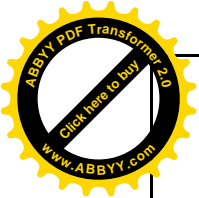


Територія змішувальнобродильно-формуальної дільниці, що за вибухо-пожежною безпекою відноситься до категорії “В” згідно з нормами технологічного проектування ОНТП 24-86.

Ступінь вогнестійкості будівлі для основних цехів не нижче III згідно зі СНиП 2.01.02-85, клас приміщення та зони вибухопожежної небезпеки - В-Па.

Для своєчасного повідомлення про пожежу передбачена автоматична пожежна сигналізація за допомогою теплових пожежних оповіщувачів ДСП-038. Ліквідація пожежі в цеху за допомогою первинних засобів пожежегасіння.

Під час пожежі або інших нестандартних ситуацій у цеху для евакуації людей має бути не менше двох шляхів. Виходи розташовують розосереджено або з протилежних сторін будівлі. Одним з шляхів евакуації може бути вікно з пожежною драбиною або сходами, які ведуть на зовнішнє подвір'я.



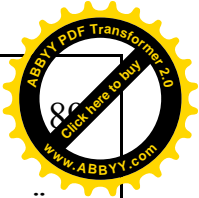
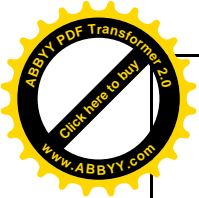
## 8. Техніко-економічні розрахунки

Економічна доцільність впровадження змішувально-бродильноформульовального агрегату є метою проведення техніко-економічного розрахунку.

Обсяг виробництва продукції передбачається на рівні 594 тонн на рік за добової продуктивності 1,8 тонн. Передбачається використовувати обладнання протягом однієї зміни тривалістю 12 год з середнім річним фондом часу 330 змін на рік. Таким чином, річний обсяг продукції ( $A$ ) приймається в розрахунках  $A = 594$  тонн. Асортимент не передбачає, в основному, виробіток дрібно штучних булочних виробів, і направлений на випуск конкурентної на ринку продукції, яка користується попитом. Середня ціна за одиницю продукції (1 тонни виробів) передбачається на рівні 23137 грн. /тонну. Середня рентабельність продукції планується на рівні 17%. Таким чином, ціна перекидає розрахункову собівартість продукції на 17%. Розрахунок середньої планової собівартості 1 тонни продукції представлений в таблиці 9.1. При цьому в розрахунках використані такі нормативні дані:

- нарахування на заробітну плату – збір на обов'язкове державне пенсійне страхування, внески на загальнообов'язкове державне соціальне страхування, в т.ч.: в зв'язку з тимчасовою втратою працездатності та витратами, зумовленими народженням і похованням, на випадок безробіття, від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання (прийнято в розрахунках 21-й клас за ризиком – відрахування становлять 0,96%) – всього нарахування на заробітну плату

Відповідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження Теличкун В.І.	Вид документа <b>Пояснювальна записка</b>	Статус документа			
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа Шил С.М.	Назва, додаткова назва <b>Техніко-економічні розрахунки</b>	<b>202007.ДП.02.008.ПЗ</b>			
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова <b>UA</b>	Аркуш



- 37,18% для харчових видів виробництв згідно Закону України "Про єдиний соціальний внесок";
- витрати на амортизацію обладнання розраховуються виходячи з встановленої законодавством норми амортизації, яка відповідає мінімальному корисному терміну експлуатації обладнання згідно Податкового Кодексу України (5 років) і розраховуються прямолінійним методом;
- витрати на паливо (газ) в розрахунковій плановій калькуляції одиниці продукції розраховані виходячи з місячної потреби в газі 4000 м<sup>3</sup> по ціні 250 \$ США за 1000 м<sup>3</sup>;
- витрати по електроенергії в розрахунковій середній плановій калькуляції одиниці продукції розраховані виходячи з місячної потреби в електроенергії на рівні 25 тис. кВт /місяць та вартості 1 кВт по ціні 2.08 грн. за кВт, що діють у м. Києві з 01 березня 2016 року для 2-го класу напруги і встановлені для підприємств;

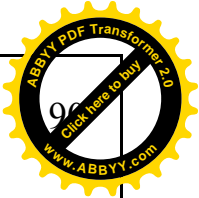
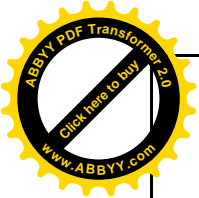
витрати по заробітній платі в розрахунковій плановій калькуляції одиниці продукції враховують списковий склад працівників – 30 осіб та середньомісячну заробітну плату працівника на рівні 3136,8 грн.

*Таблиця 8.1*

### *РОЗРАХУНКОВА КАЛЬКУЛЯЦІЯ*

*для формування середньої ціни на виробі*

<b>№п/п</b>	<b>Статті витрат</b>	<b>Вироби</b>
	середньомісячний випуск (т)	36,0
1.	сировина і матеріали	7866,2
	у т.ч. борошно в/г, кг	6515,9
	вартість борошна: (грн.	5647,1



	коп.)	
	у т.ч. інша сировина	2219,1
	у т.ч. переробка крихти черстої продукції	-
2.	Паливо	742,5
3.	Електроенергія	348,7
4.	Заробітна плата основних виробничих робітників	1568,4
5.	Нарахування на зарплату	583,1
6.	Загальновиробничі витрати	2634,9
7.	Виробнича собівартість	13743,8
8.	Адміністративні витрати	1841,5
	у тому числі оренда приміщення	250,0
9.	Витрати на збут	4189,9
<b>10.</b>	<b>Повні витрати</b>	<b>19775,2</b>

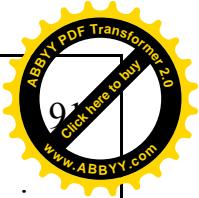
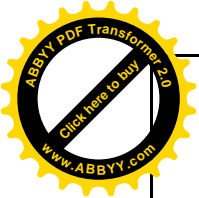
При нормативній рентабельності продукції ціна за одиницю продукції становить:

$$Ц = 19775,2 * 1,17 = 23137,0 \text{ грн./тонну.}$$

Оцінка ефективності базується на порівнянні інвестиційних вкладень з грошовими потоками, що очікуються, із застосуванням методів дисконтування, тобто визначення теперішньої вартості майбутніх доходів. Йдеться про те, що порівнюватимуться реальні (дисконтовані тобто знеціненні) грошові потоки з капіталовкладеннями, які необхідні для реалізації проекту.

Послідовність розрахунку наступна:

202007.ДП.02.008.ПЗ	Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш
---------------------	------------	-----------------	------------	-------



- визначення загальної суми інвестиційних витрат, яка необхідна для реалізації проекту;
- розрахунок прибутку, що очікується;
- визначення результатів (вигод), що очікуються, в якості яких виступають чисті грошові потоки;
- розрахунок оціночних показників (порівняння витрат та вигод);
- висновки про ефективність (збитковість).

**Розрахунок загальної суми інвестиційних витрат, яка необхідна для реалізації проекту ( $I_{в\text{заг}}$ ):**

$$I_{в\text{заг}} = K_n + Д - Л + B_{бал} \pm \Delta Об,$$

де  $I_{в\text{заг}}$  – загальна сума інвестицій;

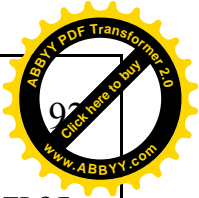
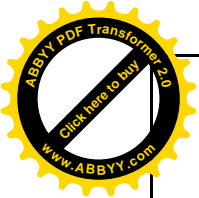
$K_n$  – вартість нових фондів (обладнання, будівельно-монтажних робіт тощо) з урахуванням їх придбання, транспортування, монтажу, науково-дослідних, проектних, складських та будь-яких інших витрат, які пов'язані з новим активами, включаючи податок на додану вартість (ПДВ);

$Д$  – затрати на демонтаж старого обладнання, що знімається з балансу, які не пов'язані з вартістю нових активів включаючи податок на додану вартість (дорівнюють нулю);

$Л$  – ліквідна оцінка – виручка від реалізації демонтованого обладнання за вирахуванням витрат, що пов'язані з реалізацією (дорівнює нулю).

$B_{бал}$  – балансова (залишкова) вартість обладнання, що демонтується (дорівнює нулю);

$\pm \Delta Об$  – збільшення (зменшення) вартості оборотних активів у



зв'язку зі змінами обсягів виробництва (реалізації) продукції, що очікуються. Проектом передбачається встановлення обладнання, вартість якого за оцінкою спеціалістів оцінюється в 960 тис. грн., у тому числі вартість модернізації ділянки зберігання та підготовки борошна. Ця вартість визначена з урахуванням транспортування, монтажу, науково-дослідних, проектних, складських та інших витрат, які пов'язані з обладнанням.

Таким чином, вартість нових активів ( $K_n$ ) приймається в розрахунках рівною 960 тис. грн.

З урахуванням ПДВ:

$$960 * 1,2 = 1152 \text{ тис. грн.}$$

Вартість додаткових оборотних активів, як стартовий запас їх, приймається на рівні запасу оборотних активів на два місяці роботи пекарні виходячи з розрахункової собівартості річного обсягу виробництва продукції, а саме:

$$\pm \Delta Ob = 19775,2 * 396 : 12 * 2 = 1305,1 \text{ тис. грн.}$$

Приріст оборотних активів необхідно враховувати як складову загальної суми інвестиційних витрат, що пов'язано із запуском роботи пекарні. На це потрібні стартові запаси сировини, енергетичних ресурсів тощо.

Таким чином, загальна сума інвестицій буде становити:

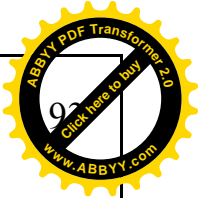
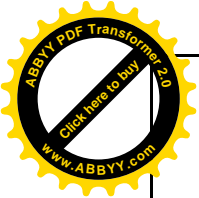
$$I_{в\text{ заг}} = 1152 + 1305,1 = 2457,1 \text{ тис. грн.}$$

Частина цих інвестицій, від якої буде нараховуватись амортизація та інші витрати, що пов'язані з новими фондами, буде становити  $1152 : 1,2 = 960$  тис. грн. (нові фонди без ПДВ).

### ***Розрахунок прибутку***

Розрахунок прибутку ( $\Delta \Pi$ ) здійснено так:

202007.ДП.02.008.ПЗ	Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш
---------------------	------------	--------------	---------	-------



$$\Delta P_{\text{заг}} = (Ц - С) * A ,$$

де  $Ц$  – оптово-відпускна ціна за одиницю продукції, грн.;

$С$  – собівартість одиниці продукції, грн.;

$A$  – обсяг реалізації продукції в натуральних одиницях виміру.

Прибуток буде складати:

$$\Delta P_{\text{заг}} = (23137,0 - 19775,2) * 396 = 6656,4 \text{ тис. грн.}$$

***Визначення результатів, що очікуються, в якості яких виступають чисті грошові потоки (ЧГП):***

$$\text{ЧГП} = \Delta P_{\text{заг}} * 0,82 + \Delta A_m, \quad (6.3)$$

де  $\Delta P_{\text{заг}}$  – загальна сума прибутку, що очікується, грн.;

0,82 – коефіцієнт, що враховує сплату податку на прибуток при ставці податку згідно законодавства на 01 січня 2014 року – 18%;

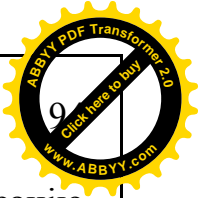
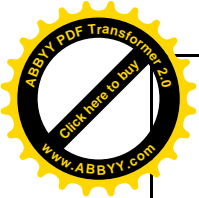
$\Delta A_m$  – приріст амортизації (зміна загальної суми амортизації) у зв'язку зі зміною вартості основних фондів під впливом заходів, що очікуються.

$$\text{ЧГП} = 6656,4 * 0,82 + 960 : 5 = 5650,2 \text{ тис. грн.}$$

***Розрахунок оціночних показників:***

***Чистий приведений дохід (ЧПД)***

Під чистим приведеним доходом розуміється різниця між приведеними до теперішньої (дійсної) вартості сумою чистого грошового потоку за період



експлуатації нового обладнання і сумою інвестиційних витрат на реалізацію проекту. Чистий приведений дохід розрахований так:

$$ЧПД = \sum_{t=1}^n \frac{ЧГП_t}{(1+p)^t} - I_{взг} \quad (6.4)$$

де  $ЧГП_t$  – сума чистого грошового потоку за окремі інтервали загального періоду експлуатації проекту;

$t$  – період життєвого циклу проекту, величина, що підлягає обґрунтуванню і в розрахунках прийнята рівні мінімального корисного терміну експлуатації обладнання, що проваджується, до його повного зношення у відповідності до норм амортизації, які зазначені в Податковому Кодексі України (5 років);

$n$  – кількість періодів в загальному розрахунковому періоді  $t$  ;

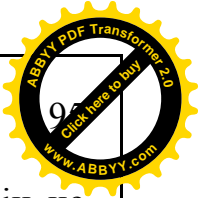
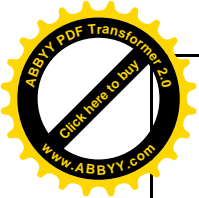
$p$  – ставка дисконту (в частках одиниці), яка характеризує можливий рівень втрат чистих грошових потоків під впливом різних чинників протягом періоду  $t$ . Величина, що підлягає обґрунтуванню і прийнята на рівні середньої ставки позичкового відсотка комерційних банків України  $p = 51\%$  , враховуючи те, що фінансування передбачається за рахунок недержавних коштів (0,51 в частках одиниці).

Нормативне значення  $ЧПД \geq 0$ .

$$ЧПД = \frac{5650,2}{(1+0,51)^1} + \frac{5650,2}{(1+0,51)^2} + \frac{5650,2}{(1+0,51)^3} + \frac{5650,2}{(1+0,51)^4} + \frac{5650,2}{(1+0,51)^5} - 7677,80 = 13154,6 - 7677,8 = 5476,8 \text{ тис. грн.}$$

### Індекс доходності (ІД)

Індекс (коефіцієнт) доходності дозволяє співвіднести об'єм інвестиційних витрат з майбутнім чистим грошовим потоком по проекту, а також може бути використаний не тільки для порівняльної оцінки, але й в якості критеріального при прийнятті інвестиційного рішення про можливість реалізації заходу. Якщо значення індексу доходності менше одиниці або



дорівнює їй, проект повинний бути відхилений в зв'язку з тим, що він не принесе додаткового прибутку на інвестовані засоби.

Індекс доходності розрахований так:

$$ID = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{ЧГП_t}{(1+p)^t}}{I_{в\text{заг}}},$$

Нормативне значення  $ID \geq 1$

$$ID = \frac{13154,6}{7677,8} = 1,71$$

*Індекс рентабельності (IP)*

Індекс рентабельності характеризує прибутковість проекту.

Розрахунок цього показника здійснено так:

$$IP = \frac{\bar{ЧП}_i}{I_{в\text{заг}}},$$

де  $\bar{ЧП}_i$  – середньорічна сума чистого інвестиційного прибутку за

період експлуатації проекту.

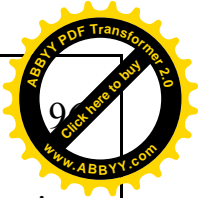
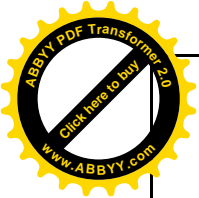
$$IP = \frac{6656,4 * 0,82}{7677,8} = 0,71,$$

*Період окупності (ПО)*

Показник "періоду окупності" використаний для порівняльної оцінки ефективності.

*Недисконтований* показник періоду окупності визначається статичним методом і розрахований так:

$$ПО_n = \frac{I_{в\text{заг}}}{ЧГП_{\text{сер}}},$$



де  $ЧГП_{сер}$  – середньорічна сума чистого грошового потоку за період експлуатації проекту (при короткострокових реальних вкладеннях цей показник розраховується як середньомісячний).

$$ПО_n = \frac{7677,8}{5650,2} = 1,36 \text{ року}$$

Дисконтований показник періоду окупності визначений так:

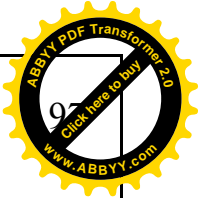
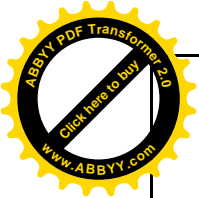
$$ПО_d = \frac{I_{взг}}{\left[ \sum_{t=1}^n \frac{ЧГП_t}{(1+p)^t} \right] \div n}$$

$$ПО_d = \frac{7677,8}{13154,6:5} = 2,92 \text{ року}$$

Таблиця 7.2

Показники ефективності проекту

Показники	Одиниця виміру	Значення показника
1. Загальна сума інвестицій	тис. грн.	7677,8
2. Додатковий прибуток	тис. грн.	6656,4
3. Чистий грошовий потік	тис. грн.	5650,2
4. Чистий приведений дохід	тис. грн.	5476,8
5. Індекс доходності	X	1,71
6. Індекс рентабельності	X	0,71
7. Дисконтований показник періоду окупності	Років	2,92
8. Недисконтований показник періоду окупності	Років	1,36

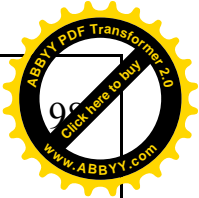
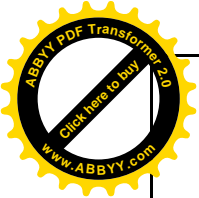


**Висновки:** розрахований чистий приведений дохід (різниця між реальними результатами за період життєвого циклу проекту і капіталовкладеннями) – величина позитивна і складає 5476,8 тис. грн. Це означає, що віддача від реалізації проекту на цю величину перевищує інвестиційні вкладання, що становлять з урахуванням податку на додану вартість 7677,8 тис. грн.

Індекс доходності становить 1,71. Це означає, що віддача від впровадження проекту в 1,71 рази перевищує інвестиційні вкладання. Інакше кажучи – з однієї вкладеної гривні передбачається отримувати 1,71 грн. віддачі. Рентабельність (прибутковість) проекту становить 71%.

Період повернення інвестицій – в межах життєвого циклу проекту і складає 2,92 року. При швидкій реалізації проекту і відсутності чинників, що негативно впливають на грошові потоки, що очікуються (інфляція, дорожчання енергоносіїв, ризики тощо) цей термін може скоротитися до 1,36 року.

Таким чином, порівняння розрахованих показників з нормативними значеннями та аналіз їх дає змогу зробити висновок про доцільність реалізації проекту.



## 9. Захист навколишнього середовища

Сучасні підходи до розвитку окремих галузей харчової промисловості свідчать про те, що питання виробництва, споживання та якості продукції взаємозв'язані з питанням «екологізації виробництва» та «екологізації технологій».

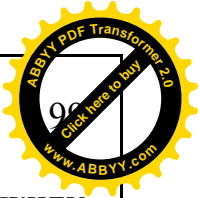
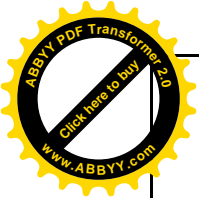
Екологізація виробництва – це науковий процес, постійного впровадження системи технічних, організаційних та інших рішень, які дають можливість підвищувати ефективність використання природних ресурсів, поліпшувати або зберігати якість природного середовища на локальному, регіональному та глобальному рівнях.

Під екологізацією технологій розуміють розробку і впровадження у виробництво таких технологій, які при максимальному суміщенні продукції високої якості забезпечували б зберігання екологічної рівноваги в навколишньому середовищі та природному кругообігу речовин і енергії, не допускали б забруднення середовища.

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

Хлібопекарська промисловість належить до числа матеріалоемних галузей так як використовує значну кількість природних ресурсів, сировини, водних та паливно – енергетичних ресурсів. Кожне з харчових виробництв в

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Теличкун В.І.	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> Шил С.М.	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>Захист навколишнього середовища</b>	<b>202007.ДП.02.009.ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> Гавва О.М.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i>



тій чи іншій ступені забруднює навколишнє середовище за рахунок викиду ряду шкідливих речовин в атмосферу, утворення стічних вод і твердих відходів.

Харчова промисловість займає 14 – те місце серед галузей і виробництв промислового циклу за рівнем забруднення навколишнього середовища.

До 10% стічних вод промислових підприємств припадає на долю харчових виробництв.

Захист навколишнього середовища на підприємствах хлібопекарської промисловості складається із ряду заходів виявлення джерела забруднення та їх утилізацію.

Підприємства хлібопекарської промисловості можуть бути забруднювачами атмосфери, водойм.

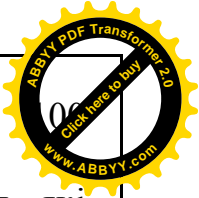
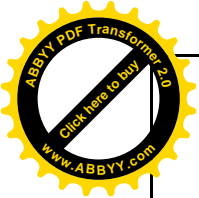
### **Екологічне обґрунтування доцільності встановлення нової машини**

Проектом передбачено встановлення ЗБФА на лінію виробництва хлібних паличок. Нововведення, які використані при заміні вказаного обладнання не впливають негативно на зміну викидів шкідливих речовин та зменшують енерговитрати на приготування одиниці хлібобулочного виробу.

Всі приведені вище переваги безпосередньо пов'язані з станом навколишнього середовища. Наприклад, вироблення електричної енергії, яку використовує сконструйоване устаткування, на електростанціях супроводжується викидами в навколишнє середовище шкідливих газів і відходів.

### **Характеристики викидів підприємства**

Викиди промислових підприємств підрозділяються на неорганізовані і організовані.



Неорганізовані викиди – це викиди газів, пари пилу та стічних вод, які утворюються в результаті нещільностей в апаратах, установках, трубопроводах, комунікаціях, через вікна та двері, особливо при відкритих процесах завантаження і розвантаження продуктів, при погано організованому транспортуванні. Особливо небезпечні для повітряного середовища викиди рідких та газоподібних речовин, які утворюються при порушенні технологічних процесів та інших обставинах.

Організовані викиди – це викиди, які відводять від місць їх утворення повітропроводів, газоходів (димові труби, шахти) від технологічного обладнання.

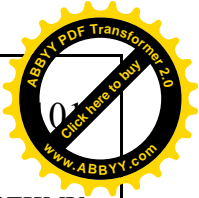
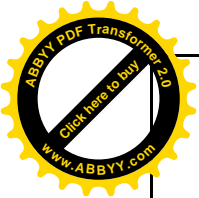
Викиди в атмосферу харчовими підприємствами можна поділити так:

- Викиди, які супроводжуються виділенням енергії та теплоти;
- Викиди цехів по переробці вторинних матеріальних ресурсів;
- Викиди, які супутні основним технологічним процесам.

У хлібопекарських печах використовують переважно природній газ або енергообігрів.

На хлібо заводі специфічними організаційними викидами є борошняний пил, відпрацьовані гази, спалене паливо, гази, які відводяться з компресорно – повітряних установок для отримання стисненого повітря, призначеного для аерозоль транспорту борошна. При бродінні тіста виділяється діоксид вуглецю, етиловий спирт, альдегіди та складні ефіри. Для уловлювання парів етилового спирту і домішок – гази бродіння повинні проходити через спиртові вловлювачі.

Для контролю за стоками атмосфери розроблені спеціальні санітарно – гігієнічні норми. Основною фізичною характеристикою домішок атмосфери в концентраціях речовини в одиниці об'єму ( $\text{мг/м}^3$ ) повітря при нормальних умовах.



Розрізняють максимальну разову гранично допустиму концентрацію (ГДК) речовин та середньодобову гранично допустиму концентрацію шкідливих речовин.

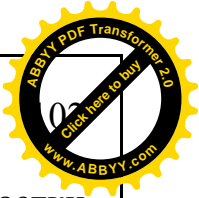
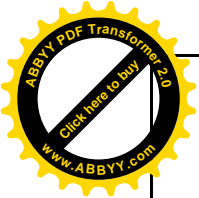
В таблиці 9.1. наведені значення ГДК деяких найбільш характерних забруднювачів атмосферного повітря.

Табл.9.1.Значення деяких найбільш характерних забруднювачів атмосферного повітря

Речовина	Клас небезпеки	Гранично – допустимі концентрації, мг/м <sup>2</sup>	
		ГДК мР	ГДК сд
NO	2	0,085	0,04
CO	4	5,0	3
SO	3	0,5	0,05
Хлор	2	0,1	0,03
Озон	1	0,16	0,003
Аміак	4	0,2	0,04
Спирт:			
Метиловий	3	1	0,5
Етиловий	4	5	5
Пил:			
Борошняний	4	0,5	0,150
Цукровий	4	0,5	0,5
Бенз – (а) – пірен	1	-	1*10 <sup>-6</sup>

### Характеристика скидів

Стічні води хлібозаводу (води використані у виробничому циклі, призначений для спуску у водойми або каналізацію) - складна фізико –



хімічна система. В ній затримуються не тільки розчинні частки, але й частки різного ступеня дисперсності (від  $10^{-3}$  до  $10^{-2}$  м.). Крім зважених часток міститься значна кількість забруднювачів, розчинних органічного і неорганічного походження.

Стоки хлібозаводу – багате середовище для мікроорганізмів активного типу. Вони характеризуються наявністю зважених часток (150 мг/л) РН 6,0...7,0 повне біологічне споживання кисню БС = 500...700 мг  $O_2$ /л, хімічне споживання кисню ХС = 600...800 мг  $O_2$ /л.

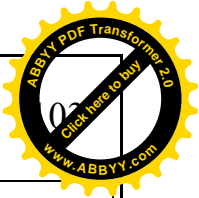
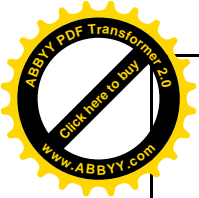
Виробничі стоки заводу не повинні порушувати роботу каналізаційних мереж та споруд, сприяючи корозії або відкладенню осадків і концентрація зважених часток не повинно перевищувати 500 мг/л, РН не повинно бути нижче 6,5 і вище 8,5.

Каналізаційні міські системи також потребують повної підготовки стічних вод заводу. Вони тільки приймають механічну очистку через сита, потрапляють на біологічну очистку через сита у системи міської каналізації. Іноді виникає необхідність видалення жирових речовин.

У таблиці 9.2 наведені дані про кількість стічних вод, які утворюються на одиницю продукту.

Табл.9.2. Дані про кількість стічних вод, які утворюються на одиницю продукту

Підприємство	Одиниця продукції	Система водопостачання	Середньорічна кількість стічних вод, що спускаються у водойми на од. продукції.		
			Підлягають очищенню		Всього
			виробничі	побутові	
Х/З продуктивністю	1 тонна виробів	прямоточна	0,83	0,35	1,18



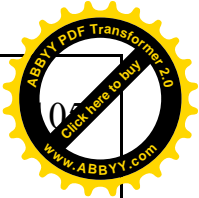
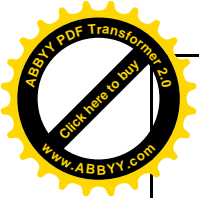
126 т/доб.					
30	1 тонна вир.	прямоточна	1,89	0,98	2,87
Х/З кондитерським цехом 46 т/доб.	3 1 тонна виробів	прямоточна	1,7	0,79	2,49
40	1 тонна вир.	прямоточна	1,93	1,21	3,14

Несвоєчасна та неповна переробка вторинних матеріальних ресурсів, а також відходів виробництва призводить до їх псуванню, інфікуванню, а головне до пагубного впливу на навколишнє середовище. При цьому ступінь забруднення стічних вод різко збільшується із собівартістю продукту.

Хлібопекарні та кондитерські промисловості в незначній мірі забруднюють навколишнє середовище. Головним забрудником, є паливно-енергетичний комплекс, силосо-просіювальне відділення та викиди при бродінні тіста і випікання хліба і печива. На всі викиди встановлюються граничні значення. Вони відповідають екологічним нормативам України.

Стічні води підприємства без очищення скидаються у міську каналізаційну мережу. Склад і параметри стічних вод в каналізаційній мережі відповідають умовам складу стічних вод в каналізаційній мережі.

Запропонована конструкція машин дозволяє вирішити ряд екологічних проблем, а саме: зменшення витрати електроенергії, зменшення несприятливих викидів у навколишнє середовище, раціонального використання природних ресурсів, зменшення техногенного навантаження на навколишнє середовище, що разом призведе до покращення екологічної ситуації у регіоні.



## Висновки

В дипломній роботі проведено дослідження впливу геометричних розмірів формувального каналу на процес екструдювання газонаповненого дріжджового тіста. Встановлені вимоги до конструкції формувальної головки.

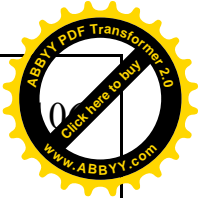
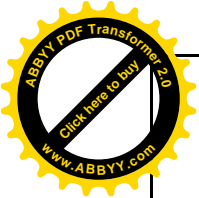
Проведені дослідження впроваджені під час розроблення змішувально-бродильно-формувальний агрегату з механічним вивантаженням камери бродіння. Операції приготування та оброблення тіста поєднані в одному змішувально-бродильноформувавальному агрегаті, що дає можливість створити компакту та високомеханізовану лінію з мінімальними енерговитратами. Суміщення технологічних операцій замішування, бродіння, формування і розпушення в одному агрегаті безперервної дії дозволяє формувати вироби з дріжджового тіста безпосередньо на під печі без наступної операції оброблення, значно скорочуються виробничі площі, знижуються витрати на експлуатацію обладнання.

Розроблений механізм вивантаження камери бродіння забезпечує зменшення втрат тіста після закінчення роботи.

Однією з переваг ЗБФА є інтенсивний процес замішування тіста, який проходить у 3 стадії: перемішування та власне заміс компонентів, пластифікацію, що в свою чергу забезпечує інтенсифікацію тіста та можливість застосування прискороного тістоготування.

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

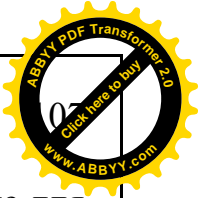
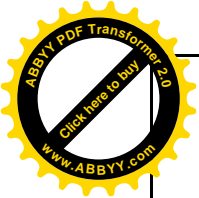
<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Теличкун В.І.	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> Шил С.М.	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>Висновки</b>	<b>202007.ДП.02.000.ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> Гавва О.М.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i>



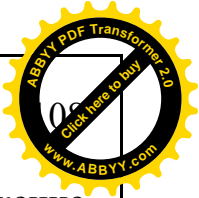
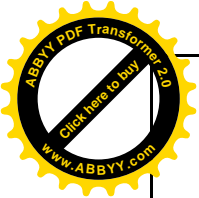
### Список використаної літератури

1. Ауэрман Л.Я. Взаимосвязь между показателями, характеризующими разрыхленность пшеничного хлеба / Л.Я. Ауэрман, М.Г. Васиев // - Хлебопекарная промышленность. – 1974. - №8. С. 8-10.
2. Ауэрман Л.Я. Методы органолептической оценки качества пшеничного хлеба. / Л.Я. Ауэрман, М.Г. Васиев // Обзорная информация сер. 13. Хлебопекарная, макаронная и дрожжевая промышленность. - М.: ЦНИИТЭИПищПром, 1980. - 35 с.
3. Зверева Л.Ф. Технология и теххимический контроль хлебопекарного производства / Л.Ф. Зверева . – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1985. – 416 с.
4. Щербатенко В.В. Регулирование технологических процессов производства хлеба и повышение его качества / В.В. Щербатенко. - М.: Пищевая промышленность, 1976. -231с.
5. Ковбаса В.Н. Влияние различных факторов на удельный объем пшеничного хлеба / В.Н. Ковбаса, А.Т. Лисовенко, Г.К. Ташмухамедова // ЦНИТЭИП В сб. научно-техн. рефер. сборник. - 1981. - Вып.6. С. 18-23.
6. Гришин А.С. Совершенствование способов приготовления и разделки пшеничного теста. Обзор / А.С.Гришин. - М.: ЦНИИТЭИПищепром, 1971. – 32 с.
7. Карнаух А.А. Автоматический контроль процесса расстойки тестовых заготовок / А.А. Карнаух, В.Г. Юрчак, Е.Н. Пивень, И.М. Ройтер. - ЦНИИТЭИПищепром. – 1982. - Вып.11. 26с.

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> <i>Теличкун В.І.</i>	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> <i>Шил С.М.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>Список використаної літератури</b>	<b>202007.ДП.02.000.ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> <i>Гавва О.М.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i>



8. Мирмилыштейн И.М ,И.П. Ткаченко.. Современное оборудование для расстойки тестовых заготовок. Обзорная информация. Вып. 3, - ЦНИИТЭИПищепром.- М. - 1979. - 43 с.
9. Брызун В.А.Сидорова О.Г, Маклюков В.И. Совершенствование процесса расстойки тестовых заготовок пшеничного хлеба. Обзорная информация ЦНИИТЭИ Минхлебопродуктов СССР / В.А. Брызун, О.Г. Сидорова, В.И. Маклюков. М., 1989. - 51 с.
- 10.Мазур П.Я. Влияние механической обминки на интенсивность брожения теста / П.Я. Мазур // Хлебопекарная и кондитерская промышленность. – 1973. - №1. - С. 22-24.
- 11.Чижова К.Н. Влияние углекислоты на состояние белка клейковины / К.Н. Чижова // Хлебопекарная и кондитерская промышленность. – 1962. - №5. с. 9-10.
- 12.Чижова К.Н. Белок клейковины и его преобразование в процессе хлебопечения / К.Н. Чижова. -М.: Пищевая промышленность, 1979. - 135 с.
- 13.Алтунджи А.А. Производство и применение жидкой углекислоты / А.А. Алтунджи, В.В. Бухарин. - М.:Пищепромиздат , 1959. - 207с.
- 14.Щербатенко В.В., Ауерман Л.Я. Гогоберидзе Н.И. Потери сухих веществ и влаги в процессе приготовления хлеба /В.В. Щербатенко, Л.Я. Ауерман, Н.И. Гогоберидзе // Труды МТИППа. – 1956. - Вып. IV. с. `127-132.
- 15.Ройтер И.М. Роль физического состояния углекислого газа в воздухе и тесте в формировании структуры мякиша хлеба / И.М. Ройтер // Известия вузов. – 1961. - №1. с. 79.
- 16.Веселов И.Я. Роль углекислоты в производстве пива / И.Я. Веселов // В кн.: Научные чтения МПП СССР . – 1951. - С. 5-12.



17. Веселов В.Я. Покровская Н.В. Влияние углекислоты на размножение и бродильную активность дрожжей // Труды МТИППа, - 1957. - Вып.11. - С. 32-42.
18. Берри Д. Биология дрожжей / Д. Берри. - М.: МИР, 1985. - 95 с.
19. Arcay-Ledezma J.I. The response of *Saccharomyces cerevisiae* to fermentation under carbon dioxide pressure / J.I. Arcay-Ledezma, J.C. Skayughten // Journal of the Institute of Breving. – 1984. - №2. p. 81-84.
20. Prozesse der Gasaustausch beim Backen und Kühlen // Backer and Konditor. – 1981. - № 10, с. 314.
21. Маклюков В.И. Формообразование подового хлеба в процессе выпечки / В.И. Маклюков // Хлебопекарная и кондитерская промышленность. – 1969. - № 11. с. 8.
22. Маклюков И.И. Промышленные печи хлебопекарного и кондитерского производства / И.И. Маклюков, В.И. Маклюков // М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. - 272 с.
23. Маклюков И.И. Промышленные печи хлебопекарного и кондитерского производства / И.И. Маклюков, Ф.Г. Шумаев. - М.: Пищевая промышленность, 1971. - 392 с.
24. Гинзбург А.С. Теплофизические основы процесса выпечки / А.С. Гинзбург. - М.: Пищепромиздат, 1955. – 475 с.
25. Bloksma A.N. Reologie vandeeg bij hoge temperaturen / A.N. Bloksma // Voedingsmiddelentechnologie. – 1980. - № 7. - С. 12-16.
26. Сидоренко С.И. Влияние режима выпечки на кинетику подъема теста хлеба / С.И. Сидоренко, А.Т. Лисовенко, Н.А. Бурковская // Хлебопекарная и кондитерская промышленность, 1972. - №1.
27. Лисовенко А.Т. Процесс выпечки и тепловые режимы в современных хлебопекарных печах / А.Т. Лисовенко. – М.: Пищевая промышленность, 1976. – 214с.

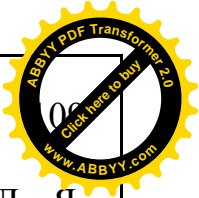
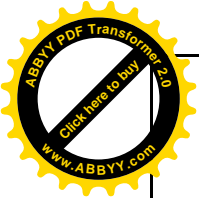
202007.ДП.02.000.ПЗ

Инд. змін.

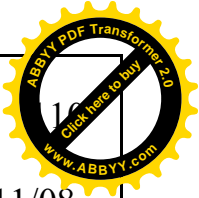
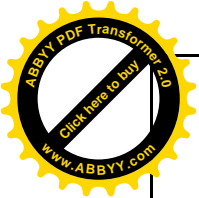
Дата  
видання

Мова  
UA

Аркуш



28. Ауерман Л. Я. Технология хлебопекарного производства / Л. Я. Ауерман . – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 416 с.
29. Каминский Л.Я. Прогнозирование качества хлеба / Л. Я. Каминский Г.Ф. Козлов // Известия вузов. Пищевая технология. - 1986. - № 1.
30. Ильинский Н.А. Производство сухарных изделий / Н.А. Ильинский, Т.А. Ильинская. - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 208 с.
31. Сигал М.Н., Володарский А.В, Коломейский Б.М. Поточно-механизированные и автоматизированные линии в хлебопекарной промышленности. - К.: Урожай, 1988.- 176 с.
32. Ковбаса В.М., Дорошевич А.М., Хіврич Б.І. Застосування екструзії у виробництві нових харчових продуктів. – К.: Укр.ІНТЕІ., 1995. – 64с
33. 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.
34. Остриков А.Н. Экструзия в пищевой технологии/ А.Н. Остриков, О.В. Абрамов, А.С. Рудометкин. – СПб.: ГИОРД, 2004. – 288с.
35. 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.
36. Тульский Н.В., Чернышев Н.Н. Действие давления на процесс брожения теста // Хлебопекарная и кондитерская промышленность. – 1972. – №5. – С.7 – 9
37. Лисовенко А.Т. Технологическое оборудование хлебозаводов и пути его совершенствования. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 208 с.



38. Патент на корисну модель 25943 Україна, МПК А21С11/08, А21С/13/00; Бродильно-формуючий 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.
39. Десик М.Г., Хвостенко О. Теличкун В.І. Агрегат для формування сухарних виробів екструзією / Десик М.Г., Хвостенко О.В; Теличкун В.І. // Наукові здобутки молоді-вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті: програма і матеріали 74-ї наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів, 21-22 квітня 2008 р. - К.: НУХТ, 2008 - С. 234.
40. Теличкун В.І. Бродильно-формувальний агрегат для розробки дріжджового тіста / В.І. Теличкун, В.М.Таран, М.Г.Десик, Ю.С. Теличкун // Наукові праці НУХТ. - Київ: НУХТ. - 2008. - С. 76-77.