

НАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) _____ ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого
Кафедра технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування

«До захисту в ЕК»
Директор інституту(декан факультету)

(підпис)

Сергій БЛАЖЕНКО

(ім'я та прізвище)

« » _____ 2024 p.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____ Микола ЯКИМЧУК
(підпис) (ім'я та прізвище)

« » _____ 2024 p.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
(код та назва спеціальності)
освітньо-професійної програми Інжиніринг харчових виробництв

на тему: Удосконалення конструкції ротаційного теплообмінника з метою інтенсифікації процесу уварювання кондитерських мас

Виконав: здобувач 2 курсу, групи ЗОХ-2-1М

Шапаренко Андрій Володимирович
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Керівник доцент Вересоцький Юрій Іванович _____ (прізвище, ім'я та по батькові повністю) _____ (підпис)

Консультанти _____ (ім'я та прізвище) _____ (підпис)

(ім'я та прізвище) _____ (підпис) _____

(ім'я та прізвище)
(підпис)

Рецензент _____ (ім'я та прізвище) _____ (підпис)

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

Здобувач _____
(підпис)

Київ - 2024р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

Кафедра Технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування

Освітній ступінь магістр

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва)

Освітня програма «Інжиніринг харчових виробництв»

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТОКТП

проф. Микола ЯКИМЧУК

«___» _____ 2023 року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Шапаренка Андрія Володимировича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Удосконалення конструкції ротаційного теплообмінника з метою інтенсифікації процесу уварювання кондитерських мас

керівник проекту (роботи) Вересоцький Юрій Іванович, доц., канд. техн. наук

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «08» листопада 2023 р. № 918-кс

2. Строк подання здобувачем роботи 01.02.2024р.

3. Вихідні дані до роботи

1. Технічний паспорт обладнання.

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

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Реферат; Зміст; Вступ; Аналіз сучасного стану об'єкта дослідження, вибір і обґрунтування напрямку дослідження; Розробка нового технічного рішення об'єкту дослідження; Дослідна частина та узагальнення результатів; Розрахункова частина; Принципи автоматизованого управління об'єктом проектування; Заходи з охорони праці та охорони довкілля; Маркетингове обґрунтування проекту; Висновки; Список використаних джерел.

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

Загальний вигляд обладнання – 2 аркуші; Деталі та вузли обладнання – 3 аркуші;

Схема автоматизації – 1 аркуш; Технологічна карта збирання вузла – 1 аркуш,

Наукова частина – 4 аркуші.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання: 9.11.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	<i>Реферат, зміст</i>	22.11.2023	
2	<i>Вступ</i>	25.11.2023	
3	<i>Аналіз сучасного стану об'єкта дослідження, вибір і обґрунтування напрямку дослідження</i>	30.11.2023	
4	<i>Розробка нового технічного рішення об'єкту дослідження</i>	15.12.2023	
5	<i>Дослідна частина та узагальнення результатів</i>	23.12.2023	
6	<i>Розрахункова частина</i>	02.01.2024	
7	<i>Принципи автоматизованого управління об'єктом проектування</i>	12.01.2024	
8	<i>Заходи з охорони праці та охорони довкілля</i>	15.01.2024	
9	<i>Маркетингове обґрунтування проекту</i>	23.01.2024	
10	<i>Висновки</i>	29.01.2024	
11	<i>Список використаних джерел</i>	29.01.2024	
12	<i>Графічна частина: 10 аркушів формату А1</i>	30.01.2024	
13	<i>Подача кваліфікаційної роботи на кафедру</i>	01.02.2024	

Здобувач

(підпис)

Андрій ШАПАРЕНКО

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Юрій ВЕРЕСОЦЬКИЙ

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

У кваліфікаційній роботі на тему «Удосконалення конструкції ротаційного теплообмінника з метою інтенсифікації процесу уварювання кондитерських мас» проводилися дослідження в області кондитерського виробництва. Визначалися оптимальні режими процесу приготування і уварювання цукеркових молочних мас і вплив на інтенсифікацію процесу уварювання геометричних форм робочих органів у ротаційному теплообміннику. На основі даних дослідної роботи проведена модернізація установки для уварювання кондитерських мас з удосконаленням конструкції ротаційного теплообмінника.

В цілому модернізація передбачає:

- удосконалення системи приводу шляхом монтажу окремого мотор-редуктора на кожен одиницю обладнання теплообмінника;
- заміну вже існуючих форм робочих органів на більш ефективні;
- можливість використання більш гнучких режимів уварювання і повну автоматизацію роботи установки;
- для підвищення довговічності проведений більш раціональний підбір матеріалів і покриттів для швидкозношуваних деталей.

Метою досліджень є інтенсифікація процесу уварювання кондитерських мас у ротаційному теплообміннику, зменшення матеріальних витрат і енергетичних ресурсів.

Об'єктом досліджень є установка для уварювання кондитерських мас і конструкція ротаційного теплообмінника.

Предметом досліджень є проблема вирішення питання інтенсифікації процесу приготування і уварювання цукеркових молочних мас.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Вересоцький Ю.І.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Шапаренко А.В.	Назва, додаткова назва Анотація		222148.KP.003.000 ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В.			Інд. змін.	Дата видання	Мова уа	Аркуш 1/2

ABSTRACT

In the master's qualification work on the topic "Improvement of the design of the rotary heat exchanger for the purpose of intensifying the process of boiling confectionery masses" conducted research in the field of confectionery. The optimal modes of the process of preparation and boiling of candy milk masses and the influence on the intensification of the process of boiling of geometric shapes of working bodies in a rotary heat exchanger were determined. Based on the data of the experimental work, the modernization of the installation for boiling confectionery masses was carried out with the improvement of the design of the rotary heat exchanger.

In general, the modernization involves:

- improvement of the drive system by installing a separate motor-reducer on each unit of heat exchanger equipment;
- replacement of existing forms of working bodies with more efficient ones;
- the ability to use more flexible welding modes and full automation of the installation;
- to increase durability, a more rational selection of materials and coatings for wear parts.

The aim of the research is to intensify the process of boiling confectionery masses in a rotary heat exchanger, reducing material costs and energy resources.

The object of research is an installation for boiling confectionery masses and the design of a rotary heat exchanger.

The subject of research is the problem of solving the problem of intensification of the process of preparation and boiling of candy milk masses.

ЗМІСТ

Реферат.....	3
Зміст.....	5
Вступ	6
1. Аналіз сучасного стану об’єкта дослідження, вибір і обґрунтування напрямку дослідження	7
2. Розробка нового технічного рішення об’єкту дослідження	20
3. Дослідна частина та узагальнення результатів	34
4. Розрахункова частина.....	64
5. Принципи автоматизованого управління об’єктом проектування	101
6. Заходи з охорони праці та охорони довкілля	108
7. Маркетингове обґрунтування проекту	131
Висновки	139
Список використаних джерел.....	141
Додатки.....	143

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Вересоцький Ю.І.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Шапаренко А.В.	Назва, додаткова назва	222148.KP.003.000 ПЗ				
	Документ затверджено Якимчик М.В.	Зміст	Інд. змін.	Дата видання	Мова на	Аркуш 1/1	

ВСТУП

Одне з провідних місць у харчовій промисловості України займає кондитерська промисловість. Основними завданнями для галузі є: збільшення виробництва, зменшення обсягу ручної праці, збільшення асортименту продукції і поліпшення її якості, підвищення екологічності обладнання і технологій.

На сьогодні кондитерська промисловість України - це близько 30 великих спеціалізованих підприємств, а також безліч невеликих цехів. Кондитерський ринок - один з найбільш розвинених у харчовій промисловості. Загальна потужність фабрик становить близько 1 мільйона тонн на рік. У сучасних умовах ведення бізнесу провідними конкурентами-виробниками солодоців є корпорації "Roshen" (Київ, Вінниця, Маріуполь, Кременчуцькі кондитерські), АВК "Nestle Ukraine", "Kraft Foods Ukraine" та "Conti". Завдяки регулярному розширенню виробничих потужностей та виведенню на ринок нових продуктів, вони міцно утримують свої позиції. Вітчизняні підприємства характеризуються співвідношенням високої якості і ціни продукту, який в змозі споживати кожна верства населення. Тому щороку зростають обсяги споживання національних кондитерських виробів серед населення нашої країни. Останнім часом зростає виробництво продукції вдосконаленого, дорогого асортименту. Значну роль у збільшенні виробництва та розширенні асортименту українських кондитерських виробів зіграло різке збільшення експорту до країн ближнього та далекого зарубіжжя. Там українські солодоці зайняли нішу дешевих та якісних кондитерських виробів.

В даний час існує багато кондитерських фабрик і підприємств, які використовують ротаційні теплообмінники для уварювання кондитерських мас. Тому буде цілком доречним і суттєвим вдосконалення цього виду обладнання.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Вересоцький Ю.І.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Шапаренко А.В.	Назва, додаткова назва Вступ	222148.KP.003.000 ПЗ				
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова уа	Аркуш 1/1	

1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ, ВИБІР І ОБҐРУНТУВАННЯ НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕННЯ

У кондитерській промисловості та загалом у харчовій промисловості поряд з іншими процесами широко застосовується термічна обробка сировини та напівфабрикатів. Це нагрівання, уварювання, темперування тощо.

У кондитерській промисловості виробництво майже всіх видів цукерок починається з процесу нагрівання сировини: помадних, молочних продуктів, желейних тощо. Закінчується приготування процесом темперування. Крім того, застосовуються такі процеси, як обсмажка, ошпарювання і плавлення деяких видів сировини. При цьому рівень теплової дії різноманітний: нагрівання здійснюється при температурі нижче 100 °С, уварювання – вище 100 °С, обсмажування, наприклад, ядер горіхів 120-125 °С, обсмажування ядер горіхів цукром при 170 °С, плавлення цукру при 180 °С [18].

Теплові процеси у виробництві цукерок супроводжуються масообміном. При виробництві майже всіх видів цукерок використовують сиропи (розчини) цукор, цукрову патоку, цукрове молоко тощо. Для виробництва цукерок типовим процесом є приготування сиропів та їх уварювання, при цьому тепло- і масообмін є єдиним комплексним процесом.

Нагрівання – це термічний процес, який використовується у кондитерському виробництві для отримання однорідних мас основної сировини: молока, цукру, патоки тощо. З точки зору фізико-хімічної механіки потрібне значне зниження в'язкості вихідної суміші для забезпечення однорідності розподілу компонентів у системі. Це досягається нагріванням. Зі збільшенням температури в'язкість системи зменшується, дифузійні процеси прискорюються, а інтенсивність броунівського руху частинок зростає. Для оптимальних умов необхідно використовувати поєднання теплової дії з деформацією зсуву. Останнє забезпечується обертанням лопатей у агрегатах, де

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Вересоцький Ю.І.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Шапаренко А.В.	Назва, додаткова назва		222148.KP.003.001 ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В.	Аналіз сучасного стану об'єкта дослідження, вибір і обґрунтування напрямку дослідження		Інд. змін.	Дата видання	Мова	Аркуш 1/13

готуються такі маси. Таким чином і досягається однорідність. Нагрівання сировини може забезпечуватися не тільки зовнішнім теплом, але і завдяки значно вищим температурам інших видів сировини, що входять до складу рецептурної суміші.

Приготування молочних, помадних, фруктових, лікерних та інших мас починається із розчинення цукру у воді - приготування цукрового сиропу. Розчинність сахарози, як і інших твердих речовин, зростає із збільшенням температури. І. Н. Каганов запропонував формулу залежності розчинності сахарози від температури [18]:

$$C_0 = A I^{-\frac{Q}{RT}} \quad (1.1)$$

де C_0 – концентрація насиченого розчину;

A – постійна величина;

Q – теплота розчину цукрози;

R – газова стала;

T – температура насиченого розчину.

Константи для виведення рівняння (1.1) визначені із даних Герцфельда:

$$\lg C_0 = -4671038 + \frac{1944,261}{T} + 17,17974 \lg T, \quad (1.2)$$

де C_0 – кількість цукру в насиченому розчині, що припадає на 100 частин води.

відповідно, щоб зменшити тривалість процесу приготування сиропу, температуру слід підвищувати. Розчинність сахарози залежить від розміру її кристалів, щоб встановити взаємозв'язок між розміром частинок і розчинністю Оствальда, було виведено рівняння, згодом виправлене Фрейндлихом [18]:

$$\ln \frac{S_1}{S_2} = \frac{2M\delta}{\rho RT} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right), \quad (1.3)$$

де S_1 і S_2 – розчинність сферичних частинок відповідно з радіусами - r_1 і r_2 ;

M – молекулярна маса твердої фази в розчині;

δ – поверхневий натяг на грані тверда фаза-рідина;

ρ – густина речовин.

Тривалість приготування сиропу багато в чому залежить від розміру кристалів сахарози. Цукор, що надходить на кондитерські підприємства, має розмір кристалів сахарози від 0,24 до 4,0 мм. Розрахунок за формулою (1.3) показує, що розчинність сахарози з більшими розмірами кристалів у 2 рази менше, ніж при розчиненні мілкокристалічного цукру-піску; відповідно тривалість процесу подвоюється. При приготуванні цукрово-патокових сиропів розчинність сахарози зменшиться.

Що стосується впливу інших компонентів на розчинність сахарози, згідно з проведеними експериментами [18], вони розподіляються наступним чином. Декстрини зменшують розчинність сахарози, потім фруктози та глюкози, потім мальтози та лактози, білок впливає менш за все, а жир взагалі не впливає.

В результаті термічної дії на сировину та напівфабрикати вони зазнають змін, що покращують якість готової продукції. Однак поряд із позитивним існує і негативне явище теплової дії - утворення продуктів розпаду цукрів. Виробництво цукерок характеризується процесами, що відбуваються при нагріванні висококонцентрованих розчинів сахарози. Концентровані розчини чистої сахарози хімічно мало змінюються при нагріванні. Та в присутності інших цукрів процес розкладання відбувається набагато інтенсивніше: інші цукри розкладаються, один із продуктів їх розпаду - кислоти, вони значно прискорюють гідроліз сахарози. На підставі ряду проведених досліджень встановлено, що при нагріванні цукрів у помірно кислому, або у нейтральному середовищі утворюється складна суміш продуктів зміни цукрів; склад та властивості цієї суміші варіюються в залежності від ступеня теплової дії, виду та концентрації цукру, умов нагрівання, реакційного середовища та присутності домішок у розчині. Кількість продуктів розпаду сахарози змінюється залежно від концентрації, тривалості нагрівання та температури. При нагріванні кількість продуктів розпаду цукру значно збільшується. А при нагріванні

багатокомпонентних розчинів, що містять крім цукру і патоки інші речовини, фізико-хімічний процес значно ускладнюється. З метою зменшення тривалості нагрівання процес виготовлення сиропу здійснюється під високим тиском і, відповідно, при більш високих температурах. За цим принципом працюють сироповарочні агрегати ШСА (рис.1.1)

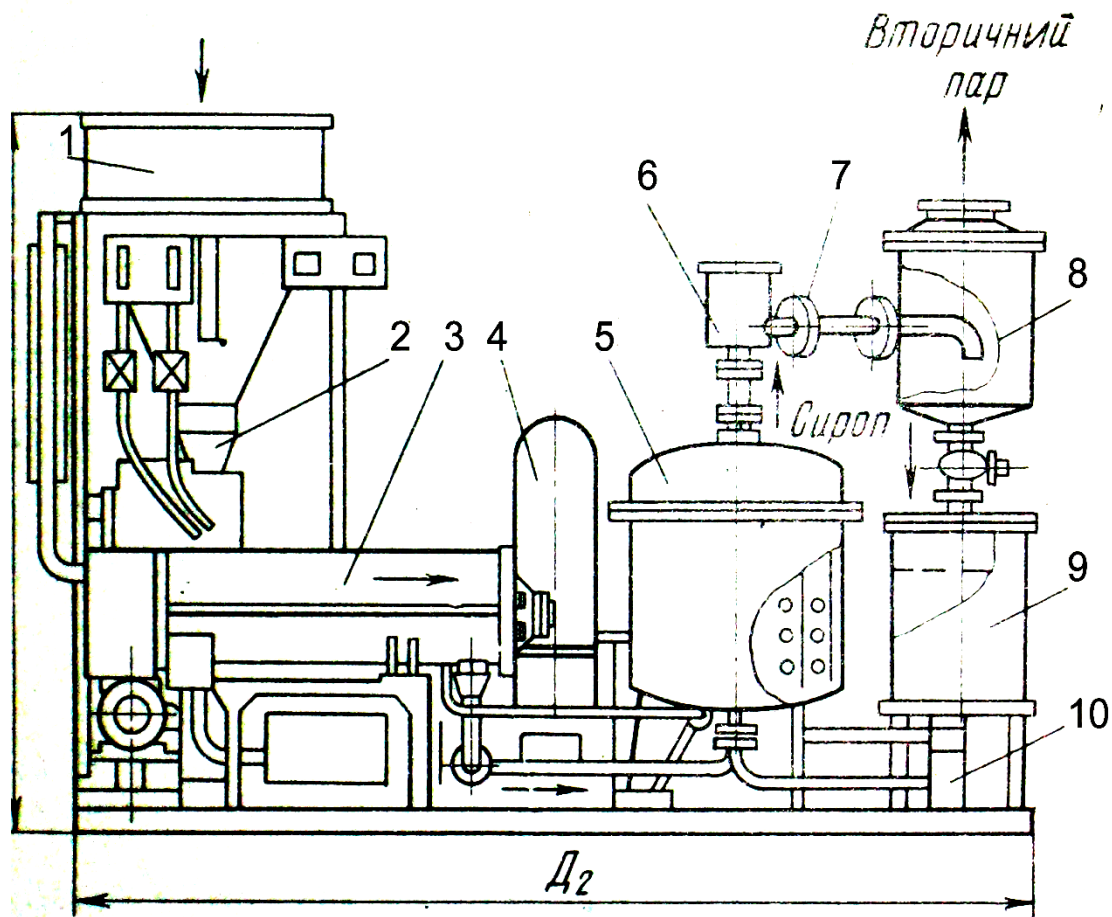


Рис.1.1 Установка ШСА для отримання сиропів під тиском.

1 – збірник, 2 – дозатор, 3 – змішувач, 4 - плунжерний насос, 5 – змієвик, 6 – розширювач, 7 – вихідний фланець з діафрагмою, 8 – паровідділювач, 9 – збірник сиропу, 10 – шестеренчастий насос.

У змішувачі 3 всі компоненти рецептурної суміші змішуються і нагріваються до температури 60-65 °С, тиск нагрівальної пари при нагріванні змішувача підтримується 0,2-0,3 МПа. Рецептурна суміш являє собою кашоподібну масу з вологістю 17–19%, що проходить по всій довжині змішувача, через розширювач надходить у плунжерний насос 4, який подається

в котушку варильної колони 5. В останньому відбувається повне розчинення цукру і видалення 3-4% надлишку води. Варочна колона нагрівається парою під тиском 0,6 МПа. Тривалість проходження сиропу у змієвику 5 1-1,5 хв. Сироп з вологістю 14-16% із вмістом відновлюючих речовин 10,5-12% при температурі 125-140 °C проходить через паровіддільник 8 і надходить у збірник 9 через фільтруючу сітку з коміркою 1 мм. Звідти - шестеренчастим насосом 10 подається до місця споживання.

Перевагою цієї технологічної схеми є невелика тривалість процесу. Це досягається використанням високих температур, що дозволяє отримати сироп зі світлим прозорим кольором.

Поряд з такими агрегатами в кондитерській промисловості застосовується інша схема, коли цукор попередньо розчиняють у воді, а потім цукровий розчин відповідної концентрації змішують з патокою (або іншим інвертним сиропом) і отриману рецептурну суміш уварюють до заданого вологовмісту. Цей спосіб поступається попередньому, оскільки до гарячого цукрового розчину додається холодна патока. Процес перемішування тривалий (до 4 хвилин). Тривалість приготування сиропу другим способом значно збільшується з часом. З метою усунення впливу високих температур на основні запропоновані види сировини використовують схему з попередньою підготовкою суміші цукру, патоки та води. Цю суміш готують механічно за допомогою гвинтової мішалки. Частина цукру розчиняється у воді та мелясі, а інша частина нерозчинних кристалів знаходиться між кристалічним розчином. При перемішуванні утворюється однорідна суміш у вигляді суспензії. Важливою перевагою цього методу є можливість накачування суміші на відстані без розділення твердої та рідкої речовин фракції. Приготування суміші здійснюється в спеціальному агрегаті.(рис 1.2.)

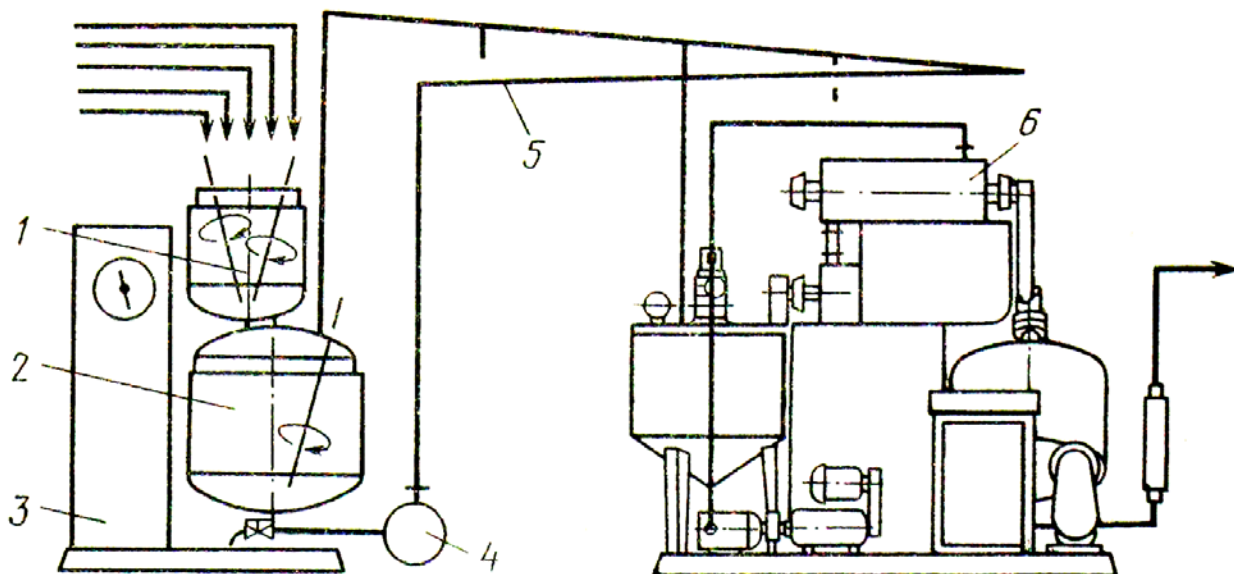


Рис 1.2 Принципова технологічна схема приготування та уварювання рецептурної суміші.

1 – ємкість для змішування компонентів, 2 – збірник, 3 – пульт управління, 4 – насос, 5 - кільцевий продуктопровід, 6 - плівковий апарат.

Дозування сировини всіх видів здійснюється автоматично за допомогою програмного пристрою. У збірнику 2 суміш постійно перемішують. За допомогою насоса 4 суміш перекачується через кільцевий продуктопровід 5 до місць споживання. При приготуванні молочної суміші додають молоко, масло та інші інгредієнти. Масу уварюють у горизонтальному плівковому апараті 6 протягом 6 секунд. В кінці кипіння маса досягає температури 153°C. Ця технологічна схема виключає стадію приготування та варіння сиропів, що є його перевагою перед гарячим способом. Однак теплова дія зберігається при нагріванні та кип'ятінні рецептурної суміші, чим вона поступається технології холодного приготування. Процес нагрівання - це перша стадія, на якій суміш перетворюється в однорідну масу. Другий етап - процес уварювання маси.

Процес уварювання – це процес збільшення концентрації. Уварюють такі сиропи: медовий, цукровий, цукрово-патоковий, агаровий тощо; рецептурні суміші: фруктову, молочну, помадну тощо. В даний час теоретична

основа для такого складного процесу доповнюється. Відомо, що зі збільшенням концентрації сахарози в розчині температура її кипіння збільшується (табл.1.1)

Залежність температури кипіння розчину цукрози від його концентрації

Таблиця 1.1

Вміст цукрози, %	Температура кипіння при атмосферному тиску, °C	Вміст цукрози, %	Температура кипіння при атмосферному тиску, °C
10	100,1	70	105,0
20	100,3	75	107,0
30	100,6	80	109,4
40	101,0	85	113,0
50	101,8	90	119,6
60	103,0		

Для визначення точки кипіння суміші будь-якого складу Климовцева З.Г. запропонувала графік (рис 1.3.) [18] На осі абсцис знаходиться відношення сухої маси речовини без цукру в суміші до маси сахарози.

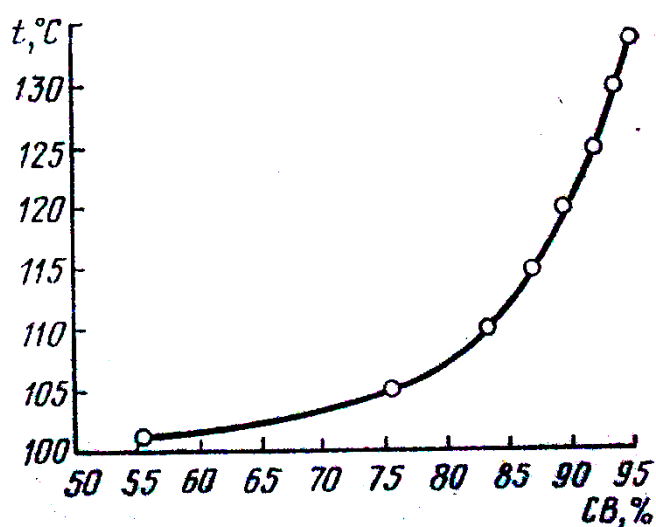


Рис 1.3 Залежність температур кипіння рецептурних сумішей від вмісту сухих речовин.

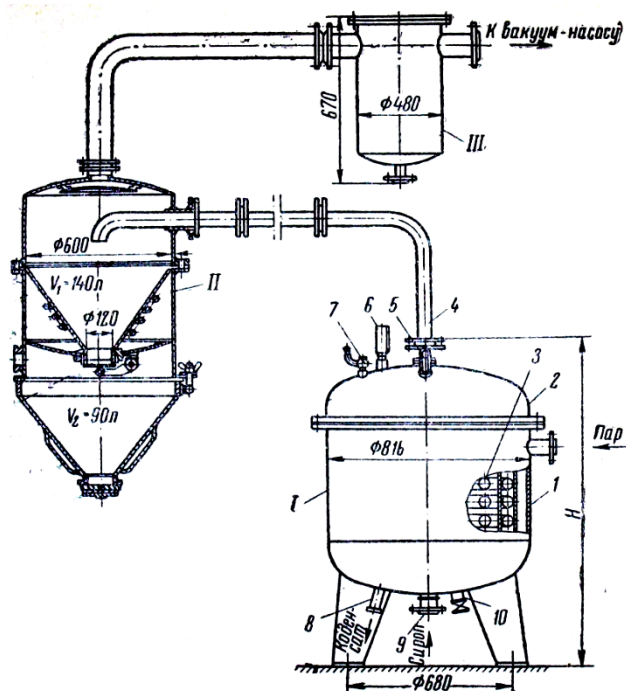
Цукеркові сиропи і рецептурні суміші, що надходять на уварювання, мають високу в'язкість (яка збільшується в процесі видалення вологи) та низькі коефіцієнти теплопровідності та тепловіддачі. Згідно з деякими експериментами, теплофізичні характеристики сиропу такі при 20 °С: теплоємність 1,9 кДж/(кг·К); теплопровідність 0,3 Вт/(м·К); густина 1400 кг/м³; в'язкість при вмісті сухої речовини 85,3% - 290Па·с.

Процес уварювання складний і тривалий, здійснюється двома способами: періодичним і неприливним.

До апаратів періодичної дії належать: котел варочний 6-А, котел Д9-41А (з інверторним механізмом), котел варочний з мішалкою 28-А, універсальний вакуумний пристрій М-184 тощо. До апаратів безперервної дії належать: універсальний змієвиковий вакуум-апарат 33-А (рис. 1.4.), варочна станція-128, плівковий апарат "Мікрофільм", а також розробка Київського науково-дослідного заводу харчових машин – варочний апарат А2ШЛИ / 6 і установка для уварювання кондитерських мас А2-ШУУ [14].

Частіше всього серед апаратів безперервної дії використовуються змієвикові варочні колони (рис. 1.4.), що обумовлено їх простою конструкцією та відносною дешевизною. У зв'язку з тим, що об'єм вторинної пари в 600-800 разів перевищує об'єм води, швидкість суміші значно зростає та досягає 80 м/с, завдяки чому досягається її інтенсивне перемішування. Змієвикові апарати поряд із перерахованими перевагами, мають суттєві недоліки. Уварювання сировини та напівфабрикатів відбувається при високій температурі. Це пов'язано з наявністю гідростатичного стовпа рідини та тиском випарюваної рідини при пропусканні її по змієвиковій поверхні нагрівання.

Високі температури, як зазначалося вище, призводять до розкладання цукрів. Незначна стійкість маси до дії високих температур викликає утворення накипу на поверхнях нагрівання, що значно погіршує умови теплообміну. Тому прилади потребують регулярного чищення. При тривалій роботі, не проводячи очищення, продуктивність приладів значно зменшується.



I - гріюча частина
II - випарна частина
III - уловлювач

Рис 1.4. Змієвиковий вакуум апарат 33-А

1- сталевий корпус; 2-кришка; 3- мідний змієвик; 4- трубопровід; 5- запобіжний клапан; 6- манометр; 7- кран для спуску повітря; 8- штуцер для спуску конденсату; 9- штуцер для подачі сиропу; 10- кран для продувки апарату.

Уварювання цукеркових мас найкраще проводити у тонкій турбулентній плівці. Це дозволяє сконцентровувати розчин за короткий час при мінімальних температурах і отримати продукт з кращими смаковими якостями.

Розробки різних плівкових конструкцій завжди виконувались у харчовій та хімічній промисловості. Плівкові апарати мають суттєві переваги перед змієвиковими варочними апаратами:

- коротка тривалість процесу уварювання – продукт знаходиться у робочій камері до 10 секунд;
- висока інтенсивність теплообміну та, відповідно, високий коефіцієнт тепловіддачі - за рахунок випаровування продукту в рухомій плівці;
- постійний рівномірний тиск по всій висоті апарату та відсутність збільшення температури кипіння, пов'язаної з гідростатичним тиском стовпа рідини.

Плівковий теплообмін використовується не тільки для уварювання різних мас, але також для охолодження кристалізації, плавлення сировини і

напівфабрикатів. Використання плівкового теплообміну для таких цілей дозволяє інтенсифікувати процес за рахунок обробки мас у невеликому об'ємі та кращого контакту з поверхнею теплообміну.

Плівкові апарати можна розділити на такі групи: плівкові з вібруючими стінками, стаціонарні вертикальні, із механічним розривом плівки та з рухомими лопатками.

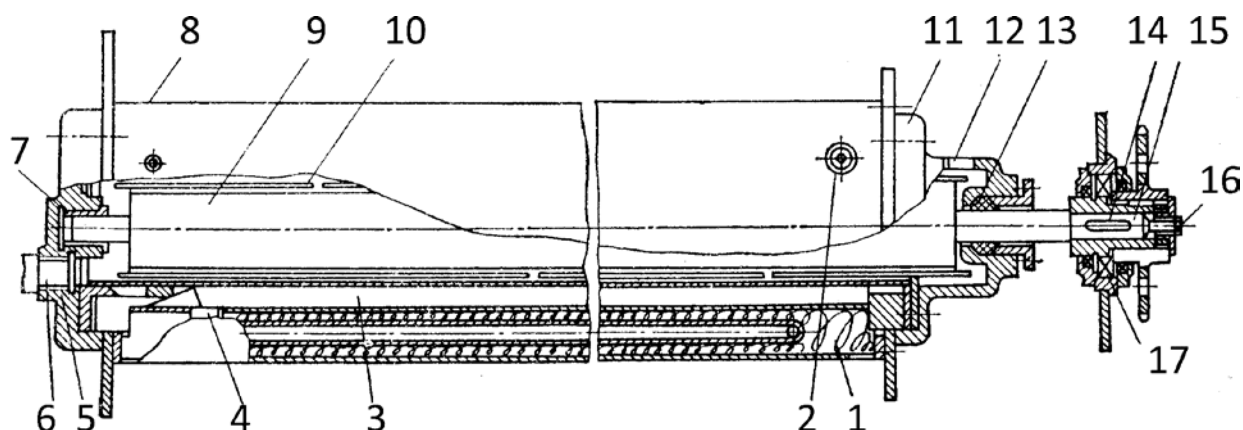


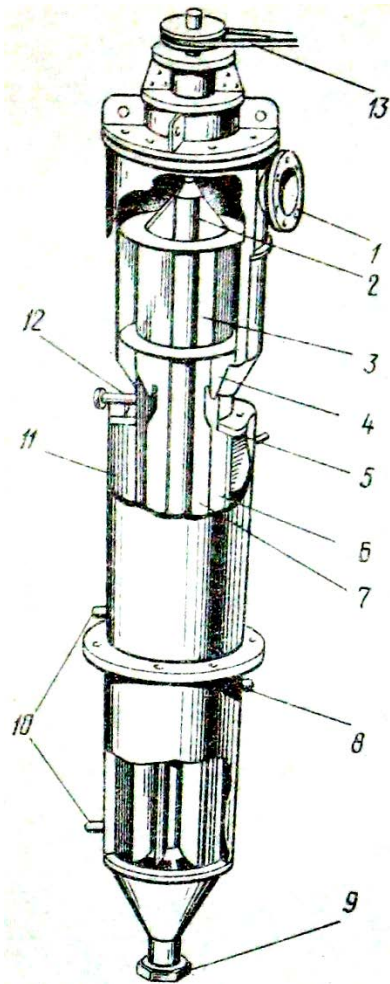
Рис.1.5. Горизонтальна камера установки для уварювання кондитерських мас А2-ШУУ 1-ізоляція; 2-вхідний патрубок для пари; 3- парова камера; 4- відведення конденсату; 5,11- кришки; 6-патрубок для входу маси; 7- підшипник ковзання; 8- металевий кожух; 9- вал; 10- лопатки; 12- вихідний патрубок 13- сальниковий ущільнювач; 14- шпонка; 15- приводний вал; 16- штопор; 17- кульковий підшипник.

В стаціонарних теплообмінниках тонкий прошарок рідини утворюється при вільному стіканні по поверхні нагріву.

У другій групі плівкових апаратів передбачена можливість руйнування плівки маси, що прилягає до цієї поверхні, теплообмін тим самим створює додатковий тепловий опір через низький коефіцієнт теплопровідності.

Принцип роботи третьої групи плівкових апаратів заснований на вібрації нагрівальної поверхні. Як результат, руйнування ламінарної плівки тим самим значно збільшує коефіцієнт тепловіддачі.

У теплообмінниках четвертої групи рухомі лопатки сприяють утворенню плівки та її стіканню. Ці апарати широко використовуються у кондитерській промисловості. Плівкові апарати з рухомими лопатками поділяються на два типи: у деяких лопаті ротора шарнірно закріплені і



ковзають по циліндричній поверхні, завдяки чому товщина плівки постійно змінюється; в інших апаратах лопатки закріплені на валу, а зазор між лопатками та граючою поверхнею постійний. Ці апарати виконані горизонтально та вертикально і використовуються для уварювання (випарювання) рідин різної щільності. Порівняльні експерименти горизонтальних та вертикальних плівкових апаратів подібних конструкцій показали, що в горизонтальному апараті коефіцієнт тепловіддачі не залежить від навантаження та різниці температур між парою та киплячою рідиною. А у вертикальному апараті коефіцієнт тепловіддачі зростає із збільшенням різниці температур і навантажень.

Рис 1.6. Вертикальний плівковий варильний апарат

1- штуцер для видалення пари; 2 - ротор; 3,4,7 - лопаті; 5,8 - штуцера для входу пари; 6 - внутрішня поверхня труби; 9 - патрубок для виходу увареного продукту; 10 - штуцера для виходу конденсату; 11- парові камери; 12 - вхідний штуцер; 13 - приводний шків.

Зі збільшенням частоти обертання ротора теплопередача зростає. Це пов'язано з утворенням на поверхні уварювання бульбашок, які розбиваються ротором, потоки повертаються на поверхню уварювання, плівка руйнується і відбувається інтенсифікація процесу.

У апаратах відбувається або випарювання на вільній поверхні, або кипіння в масі плівки. При випаровуванні у вільній поверхні тепловий потік передається лише теплопровідністю, тобто: $q = \frac{\lambda}{\delta} \Delta t$; де λ - коефіцієнт теплопровідності (Вт/м·К), δ - товщина плівки (м), Δt - різниця температур стінки та продукту [15].

Вільне кипіння відбувається на межі торкання лопаті і маси. Зі збільшенням температури кипіння в масі плівки процес переходить в бульбашковий тип кипіння. У цьому випадку доцільно використовувати апарати з жорстко закріпленими лопатями. При великих швидкостях ротора великі бульбашки розбиваються на велику кількість дрібних, перешкоджаючи тим самим накопиченню пари на поверхні нагрівання.

Роторні апарати однаково підходять для найменших різниць температур ($\Delta t = 1-1,5$ °C), так само для самих великих ($\Delta t = 150-300$ °C).

Невеликих перепадів температур достатньо для утворення бульбашок пари в глибині плівки, тобто для фактичного кипіння рідини, а не її випаровування із вільної поверхні. На відміну від кипіння у великому об'ємі і кипінню у змієвикових апаратах випарюваний розчин знаходиться в безпосередній близькості від стінки, тобто при майже однакових температурних умовах. Відповідно у цих апаратах повністю виключений гідростатичний тиск стовпа рідини. У таких умовах для уварювання достатньо невеликої різниці температур (1-1,5 °C).

З іншого боку, завдяки відцентровій силі, що виникає внаслідок обертання ротора, в тонкому шарі виникає надлишковий тиск, що дозволяє нагрівати плівку маси до температур, близьких до тих, що виникають на стінках гріючих поверхонь апарата. У плівкових апаратах чим тонший шар рідини при випаровуванні, тим вищий її коефіцієнт тепловіддачі, про що свідчить графік, запропонований Якобі (рис. 1.7.) [18]. Графік також показує, що при товщині шару більше ніж 5 мм починають діяти умови кипіння у великому об'ємі.

коэф.тепловіддачі

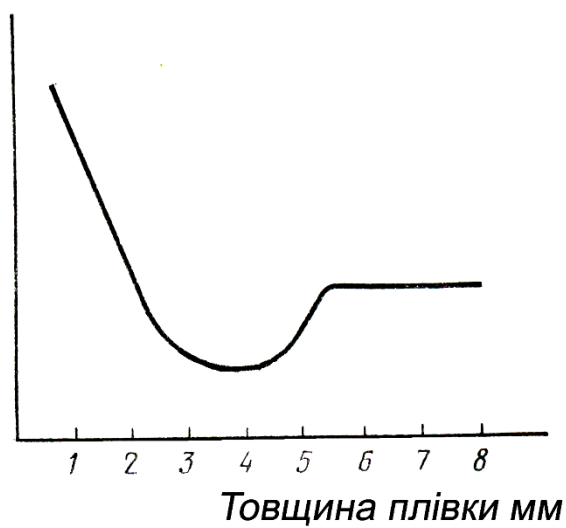


Рис 1.7. Залежність коефіцієнту тепловіддачі від товщини плівки.

2. РОЗРОБКА НОВОГО ТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

Дана модернізація призначена для лінії з виробництва молочних не глазурованих цукерок «Корівка» на ПАТ «Київська кондитерська фабрика Roshen». Після низки попередніх модернізацій та інвестицій протягом останніх 5 років у цукерковому цеху лінія набула сучасного вигляду. Зокрема, на ділянці відливання корпусів цукерок було встановлено найсучасніше автоматизоване обладнання із програмним забезпеченням іноземного виробника Winkler (Німеччина), а також модернізовано зону загортання та упаковки цукерок. Потужність лінії зросла до 27 тон/добу. Продукція вийшла на світовий ринок і отримала відповідні сертифікати якості. Однак залишилась ділянка яка не була модернізована, варильне відділення, яка є початкової стадією виробництва. У варильному відділенні досі використовується вітчизняне обладнання, розроблене у 80-х роках минулого століття. Це змієвикові вакуум-апарати 33-А і 4 установки для уварювання кондитерських мас із ротаційними теплообмінниками А2-ШУУ, продуктивність яких не надто висока. Щоб забезпечити увареною цукерковою масою ділянки із високопродуктивним сучасним обладнанням, обладнання варильного відділення працює з максимальною продуктивністю, що призводить до швидкого зношування підшипникових вузлів і робочих органів ротаційних теплообмінників та значного споживання енергії. Обладнання потребує постійного технічного обслуговування з точки зору ремонтних та очисних робіт. Оскільки нові закордонні аналоги дорогі, а їх сумісність із цією технологією виготовлення невідома, виникає питання пошуку інтенсифікації процесу уварювання цукеркової кондитерської маси та її модернізації на базі працюючих ротаційних теплообмінників А-2ШУУ.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Вересоцький Ю.І.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа	Розробник документа Шапаренко А.В.	Назва, додаткова назва Розробка нового технічного рішення об'єкту дослідження	222148.KP.003.002 ПЗ				
НУХТ	Документ затверджено Якимчик М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова уа	Аркуш 1/14	

Особливості процесу уварювання кондитерської молочної цукрової маси та конструкція теплообмінника.

Рецептурні суміші кондитерських молочних цукрових мас містять молочний білок, який коагулюється навіть за відносно низьких температур. (80°C). Це призводить до швидкого утворення накипу на теплопровідній поверхні [15]. Молочні маси, які поступають на уварювання, мають досить велику в'язкість, (яка в процесі видалення вологи зростає) і малі коефіцієнти тепловіддачі та теплопровідності. У результаті товщина накипу зростає, а коефіцієнт теплопровідності різко падає. Звичайне промивання теплопровідних поверхонь хімічно активними розчинами або водою не дозволяє очистити їх від накипу. Можливе лише механічне очищення їх. У зв'язку з цим для уварювання кондитерських молочних сумішей застосовуються спеціальні апарати, у яких можливе механічне очищення теплопровідних поверхонь. До таких апаратів і належить теплообмінник А2-ШУУ *рис.2.1*

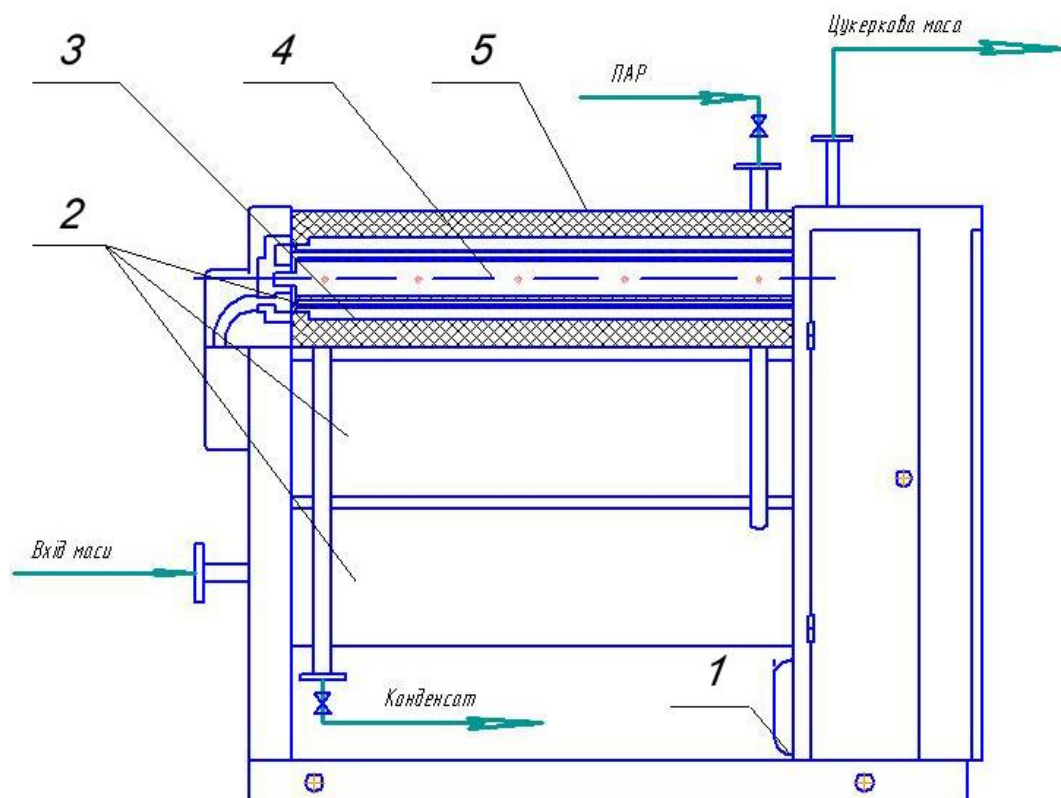


Рис.2.1 *Схема варильного апарату.*

1- електродвигун; 2 - варильні камери; 3 - парова сорочка; 4 - вал із робочими органами; 5 - теплоізоляція.

Даний апарат складається із трьох горизонтально підключених камер. Камери представляють собою циліндричні поверхні з паровою сорочкою, посередині якої обертається порожнистий вал із встановленими на ньому скребковими ножами в шаховому порядку. Завдяки короточасній тепловій дії і турбулентному руху маси, а також завдяки механічному очищенню теплопровідних поверхонь, утворення накипу зменшується. Зі збільшенням частоти обертання ротора теплопередача зростає. Це пов'язано з утворюванням на поверхні уварювання бульбашок, які розбиваються ротором, потоки повертаються на поверхню уварювання, плівка руйнується і відбувається інтенсифікація процесу.

При всіх перевагах, за довготривалої експлуатації існує і ряд недоліків, які даються в знаки. Так, на *рис.2.2.* показано вузли, що потребують модернізації. А саме: I - робочий орган ножа-скребка; II - вузол приводного механізму.

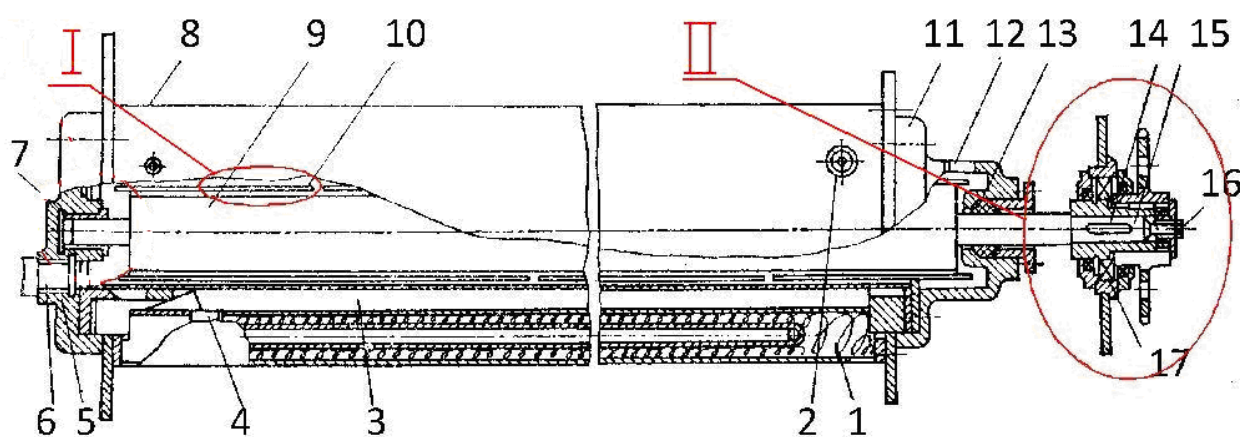


Рис.2.2. Горизонтальна камера установки для уварювання кондитерських молочних цукеркових мас А2-ШУУ: 1 - ізоляція; 2 - вхідний патрубок для пари; 3 - парова камера; 4 - відведення конденсату; 5,11 - кришки; 6 - патрубок для входу маси; 7 - підшипник ковзання; 8 - металевий кожух; 9 - вал; 10 - лопатки; 12 - вихідний патрубок 13 - сальниковий ущільнювач; 14 - шпонка; 15 - приводний вал; 16 - штопор; 17 - кульковий підшипник.

У вузлі робочих органів I – пропонується встановити ніж-скребок з покращеною формою, що посилить процес уварювання кондитерських цукеркових мас за рахунок збільшення її турбулентного змішування. Це дозволить за короткий час і за мінімальних температура отримувати продукт із високими смаковими властивостями.

В вузлі II запропонована вдосконалена конструкція приводу ротаційного теплообмінника з окремим мотор-редуктором для кожного валу. Нова конструкція приводу підвищує коефіцієнт надійності із 0,369 до 0,92 . Отже, дана конструкція приводу ротаційного теплообмінника має набагато вищий рівень надійності, як результат, значно підвищується рівень надійності усієї установки. Використання незалежного приводу для кожного валу не спричиняє несправності усього обладнання, а лише окремого вузла та шляхом регулювання частоти обертання забезпечує можливість автоматичної оптимізації процесу. Також планується встановити додаткову камеру уварювання, що збільшує загальну площу нагрівальної поверхні на 33,3%.

Значно підвищений рівень автоматизації дозволить контролювати і управляти процесом уварювання на всіх його етапах, що в свою чергу і призведе до зменшення ручної праці.

Модернізація окремих вузлів запропонованого теплообмінника значно збільшить продуктивність установки в цілому при однаковому споживанні енергії.

Будова установки

Дана установка (*Рис.2.3.*) складається із теплообмінника 1, збірника 2, (який має зовнішні і внутрішні резервуари), двох дозаторів насосів 3 і 4, паровіддільника 5, вентилятора 6 та пульта управління 7.[14].

Дозатори 3 і 4 з'єднані із збірником 2 всмоктувальними трубопроводами 8 і 9 відповідно, а нагнітальні трубопроводи 10 і 11 – відповідно із верхньою і нижньою робочими камерами теплообмінника.

Верхня камера теплообмінника з'єднана із збірником 2 нагнітальним трубопроводом 12, а нижня камера з'єднана із нижньою камерою нагнітальним трубопроводом 13. Верхня камера D теплообмінника з'єднана зі збірником 2 нагнітальним трубопроводом 14, а із паровіддільником 5 з'єднана нагнітальним трубопроводом 15, на якому встановлено трьохходовий кран 16.

Трубопровід 17 з'єднує камери B і C за допомогою вентилів 18, 19 і клапана 20 із паропроводом.

Паровіддільник 5 і вентилятор з'єднані між собою за допомогою повітропроводу 21, який в свою чергу з'єднаний із збірником.

Робота установки.

Робота зварювального контуру.

Зовнішня ємність збірника 2 заповнюється рецептурною сумішшю, її однорідність підтримується за допомогою змішуючого пристрою. Ця суміш подається по трубопроводу 8 до дозатора 3, який безперервно подає її по трубопроводу 10 у верхню камеру A теплообмінника 1, де вона нагрівається парою до необхідної температури при перемішуванні безперервному. По трубопроводу нагріта суміш 12 поступає у збірник 2, в якому суміш поділяється на підварену рецептурну суміш і водяний пар.

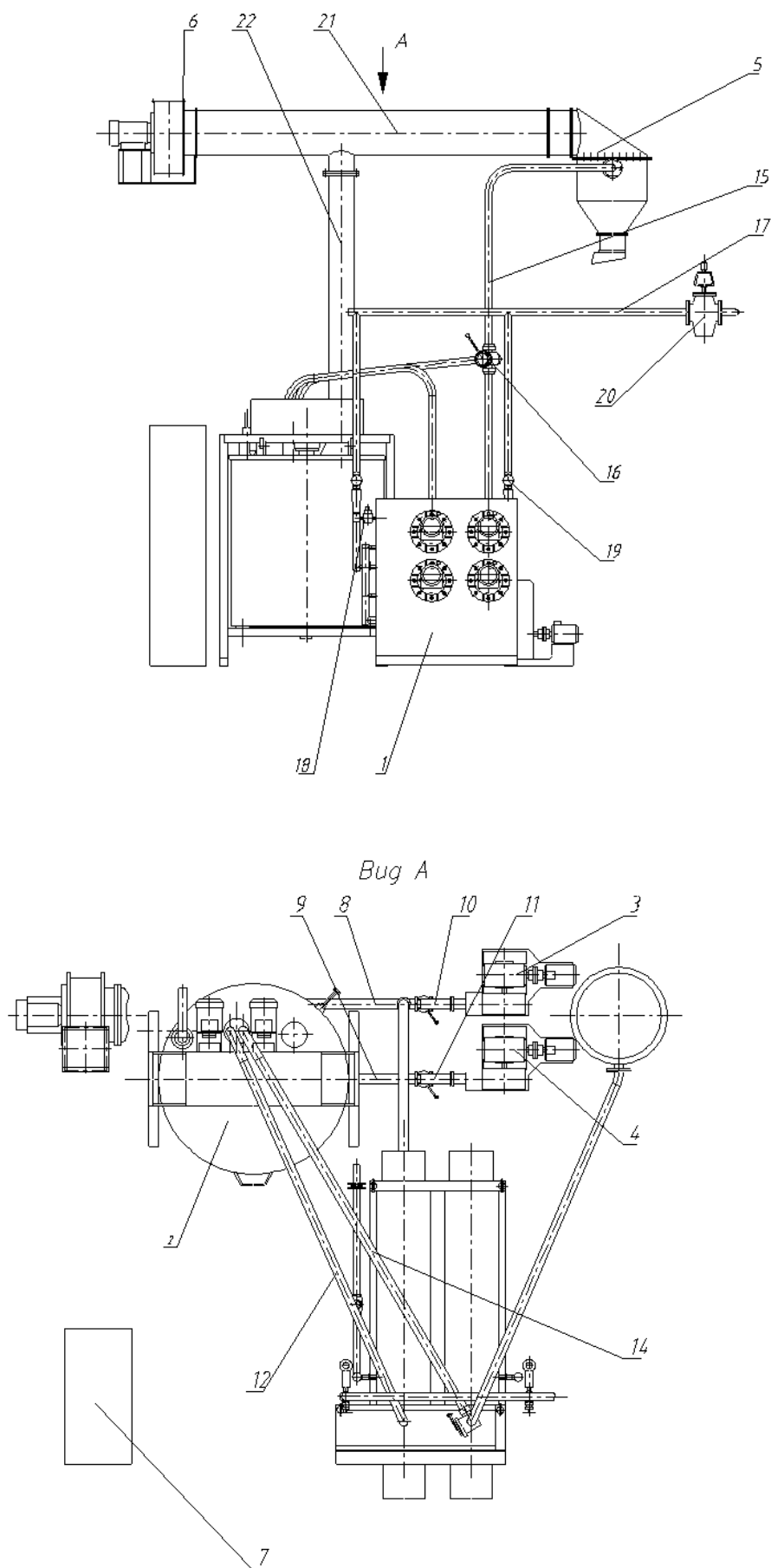


Рис.2.3. Загальний вигляд модернізованої установки.

Суміш надходить у внутрішню ємність збірника і в свою чергу пара відсмоктується вентилятором 6 через повітропровід 22.

За рахунок відділення пари температура суміші знижується.

Встановлюючи потрібну температуру уварювання (виходячи із величини початкової вологості рецептурної суміші) залежно від кількості (тиску) пари, що подається (що регулюється автоматичним клапаном 18) , із потрібним вмістом сухих речовин отримують підварену рецептурну суміш.

Робота контуру уварювання.

Підварена рецептурна суміш із внутрішньої ємності збірника 2 поступає по трубопроводу 9 до дозатора 4, який її подає безперервно у нижню камеру В теплообмінника 1 . В цій камері вона нагрівається парою при безперервному перемішуванні і переходить з неї по трубопроводу 13 у нижню, а потім у верхню робочі камери С і D відповідно. При нагріві при безперервному перемішуванні у цих камерах рецептурна суміш також нагрівається. В результаті чого утворюється нагріта до заданої температури маса продукту – парорідинна суміш, що по трубопроводу 15 поступає у паровіддільник 5. В паровіддільнику 5 відбувається видалення із суміші води у вигляді пару, який відсмоктується вентилятором 6 по повітроводу 21. При відділенні пари в'язкість підвищується, температура кондитерської маси знижується.

Обезводнена (уварена) до потрібного стану кондитерська цукеркова маса витікає із нижньої частини паровіддільника 5.

Режим уварювання рецептурної суміші (тиск пари і температура маси на виході із теплообмінника) встановлюється у залежності від бажаного вмісту сухих речовин у кондитерській масі і її виду, а також від величини бажаної продуктивності установки.

За допомогою регулятора температури керуючим клапаном подачі пари 20 підтримується задана температура уварювання.

За необхідності проведення допоміжного підварювання рецептурної суміші створюється зміна напрямку руху її потоку в контур циркуляції суміші та в збірник 2 по трубопроводу 14 через кран 16.

Цей контур може бути використаний аналогічно у пусковому або при зупинці, а також для митті обладнання установки із використанням пари для підігріву промивочної води, у всіх робочих камерах теплообмінника 1.

Злив продукту чи замивочної води із робочих контурів установки проводять через кран 22 (не показаний) і крани, що встановлені на трубопроводах 8 і 9.

Будова і принцип роботи складових частин установки.

Будова і принцип роботи паровіддільника.

Паровіддільник призначений для відбору водяної пари із нагрітої рецептурної суміші.

Паровіддільник (Рис 2.4.) складається із верхньої камери 1, середньої камери 2, нижньої камери 3 і поворотного лотка – розподільника 4, з'єднаних між собою фланцями і болтами, а також шпильками 5 для закріплення паровіддільника у місці встановлення.

Камера 1 має фланець 6 для приєднання повітропроводу із вентилятором.

Камера 2 має диск 7, конус 8 і розташовану між ними трубу 9. Зовні камери розташована стійка 10 із закріпленою на ній засувкою 11, яка може перекривати отвір 12 виконаний в стінці камери 2.

Нагріта паро до заданої температури рідинна суміш продукту безперервно поступає по трубі 9 в конус 8 і розтікається тонким шаром по його поверхні. При цьому із суміші виділяється водяна пара, яка відсмоктується вентилятором у верхню камеру, а із неї через кільцевий зазор у повітропровід, утворений диском 7 і стінкою камери 2. Залишкова (уварена) кондитерська маса стікає із конуса 8 у камеру 3 через кільцевий зазор між конусом і стінкою камери 2, а потім по розподільнику 4 виходить зовні з паровіддільника.

Температура маси знижується при відділенні пари. Величину зниження температури можна відрегулювати за допомогою засувки 11 шляхом переміщення її на стійці 10. При цьому змінюється величина зазору між стінкою камери 2 і засувкою 11 і разом з тим змінюється кількість підсмоктаного повітря, що заходить через отвір 12. При знятій засувці 11 отвір 12 може бути використаний для огляду і очищення внутрішньої поверхні паровіддільника.

Розподільник 4 може бути використаний для відводу у збірник 4 (або у іншу ємність) змивних вод.

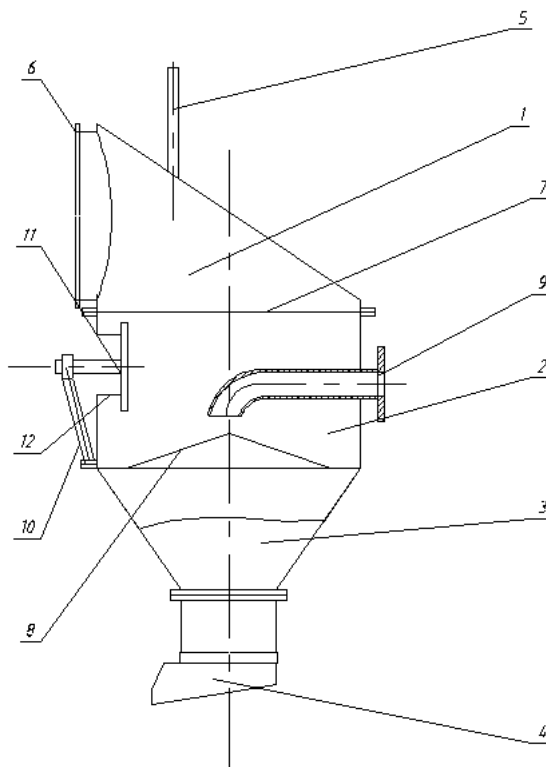


Рис 2.4. Паровіддільник.

Будова і принцип роботи збірника.

Для підтримання підігріву рецептурної суміші призначений збірник, що надходить на підварювання, підтримання однорідності і томлення (у окремих випадках) підвареної рецептурної суміші і відбору виділеної водяної пари.

Збірник (Рис 2.5.) має раму 1, на якій встановлені бак 2 і привід 3, закріплені на рамі за допомогою стяжок 4 і зачинені огорожею.

Бак 2 складається із циліндричної кільцевої зовнішньої ємності 6 і циліндричної внутрішньої ємності 7, які мають спільне конічне дно 8 і закриті зверху загальною кришкою, яка складається із рухомої частини 10 і нерухомої частини 9.

Над кришкою встановлений пристрій 11, який здійснює блокування приводу. На нерухомій частині 9 є патрубок 12 (із встановленим у нього сітчастим фільтром) для підводу рецептурної суміші в ємність 6, патрубок 14

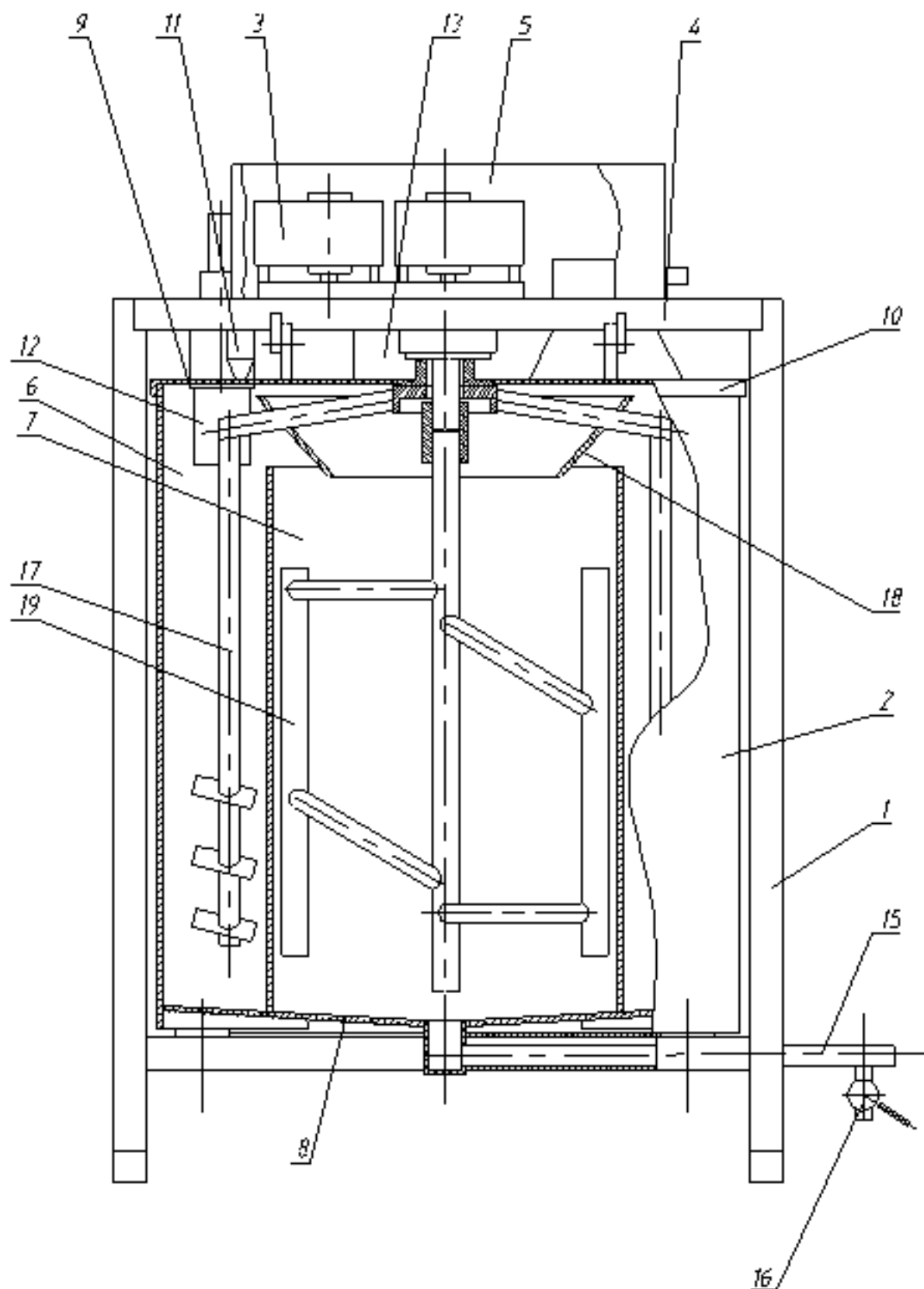


Рис 2.5. Збірник.

(зі встановленою на ньому поворотною засувкою) для під'єднання повітроводу. Кожна з ємностей 6 та 7 має патрубок для підключення до всмоктуючого насоса трубою 15 і крани 16 для зливу продукту.

В середині ємності 6 розташована мішалка 17 , яка має конус 18. В середині ємності 7 розташована мішалка 19 , яка під'єднана до приводу 3.

Збірник має датчики нижнього і верхнього рівнів в ємностях 6 і 7 та датчики температур в ємностях 6 і 7.

Кінематична схема збірника представлена на рис.2.5

У патрубок 12 по трубі поступає рецептурна суміш, проходить через фільтр і попадає у ємність 6 , де мішалкою 17 підтримується її однорідність.

Дана рецептурна суміш виходить із ємності 6 по трубі 15 і після підварювання поступає через патрубок 13 на внутрішню поверхню конуса 18, а далі у ємність 7. Так як конус обертається (при обертанні мішалки 17) то по його поверхні тонким шаром розподіляється гаряча суміш, яка стікає безперервним потоком у ємність 7. При цьому у вигляді пари частина води виходить із суміші.

в ємності 7 накопичується підварена суміш, звідки безперервно відбирається насосом через відповідну трубу для подачі на кінцеве уварювання.

Так як порожнина ємності 7 відділена від порожнини ємності 6 тільки металічною стінкою, то відбувається передача тепла від суміші яка знаходиться в ємності 6 завдяки її теплопровідності. Тим самим забезпечується економічне підігрівання у м'якому режимі холодної рецептурної суміші, що знаходиться у ємності 6.

Забезпечуючи збереження однорідності суміші мішалка 19 обертається.

При уварюванні молочних сумішей (наприклад ірисних мас) у ємності 7 відбувається одночасно і їх пряження.

При цьому ступінь пряження буде залежати від температури нагріву, а також від часу знаходження суміші в ємності 7. У випадку коли установка повинна працювати із використанням тільки камер 1 і 2 (для низької продуктивності) використовуємо тільки одну з ємностей збірника (6 або 7).

Будова і принцип роботи теплообмінника

Теплообмінник призначений для інтенсивного нагріву кондитерської маси у тонкому шарі безперервного потоку рецептурної суміші.

Теплообмінник (Рис. 2.6.) складається із камер для уварювання А,В,С,Д , труби 5 , що з'єднує між собою камери і зливний кран 7.

Для підведення рецептурної суміші у верхню і нижню робочі камери А та В служать патрубки 8 та 9, колектори для підведення пари 10, колектори для відведення конденсату 11 і вентиль 12. Труби 13 для виходу продукту із камери А,Д, колектор для підведення пари 14 , колектор для відведення конденсату 15 і вентиль 16.

На колекторах встановлені манометри 17 і 18 , запобіжні клапани 19 і 20, відповідно, а також встановлені окремі запірні вентиля для конденсату і пари.

Через патрубок у камеру А поступає рецептурна суміш, проходить по ній , нагрівається до необхідної температури і виходить з протилежної сторони через патрубок. В даному випадку клапан подачі пари відкривається автоматично у верхню камеру.

Поступає підварена рецептурна суміш через патрубок у нижню камеру В , проходить по ній, нагрівається, і виходить із протилежної сторони. Потім проступає в камеру С через трубу 5, а з неї у верхню камеру апарата 2, звідки і виходить по патрубку. В даному випадку автоматичний клапан подає потрібну кількість пари у верхню камеру апарату Д.

Теплообмінник складається із камер нагріву А,В,С,Д , які жорстко закріплені у отворах корпусу приводу 3 з однієї сторони і в отворах стійки 4 з іншої сторони. На горизонтальній частині корпусу 5 приводу 3 закріплена болтами стійка 4.

А внутрішня порожнина корпусу приводу захищена щитками.

Зі сторони стійки 4 торці камер закриті огороженням 8.

Робочі вали 19 та 20 відповідно знаходяться в середині камер, на кожному із них розміщені ножі-скребки. Зовнішня поверхня робочого вала і внутрішня поверхня труби (до якої прилягають леза) для проходу заварюваного продукту утворюють кільцеподібну порожнину. Кожна камера закрита кришкою зі

сторони приводу, а з протилежного боку – кришками. У кришках є по 3 різьбові отвори. У одному із них встановлена труба 12 (у верхній кришці) для виходу продукту, а в двох інших пробки 37. Такі ж пробки встановлені у двох отворах нижньої кришки, а у третьому встановлюється патрубок, що використовується для з'єднання.

Верхня та нижня камери А і В з'єднані між собою за „калача” і двох накидних гайок. За рахунок притискання ніпеля до гнізда різьби і теплостійкої прокладки між ними відбувається ущільнення з'єднання.

Возташування ущільнення шийок робочих валів 19 і 20 показано в перерізі Ж – Ж. Складається з лабіринтного ущільнення, яке утворене напресованим на вал 19 і 20 кільцем 42 і встановлене в кришку 135 стаканом 9 і сальниковим ущільненням, яке має набивку із графітовою пропиткою МС 101.

Прокладки 47 забезпечують можливість регулювання зазору у лабіринтному ущільненні за допомогою переміщення стакану 9. Встановлення ножів-скребків в петлях робочого валу і конструкція ущільнення внутрішньої (мідної) труби у корпусі камери за допомогою теплостійких резинових кілець.

Вал 1, який обертається у втулці 2, має петлі 3, в кожній парі яких вільно встановлений один ніж-скребок 4.

Через ущільнюючу прокладку 7 кришка 5 прижата до кільця 6.

Врубі 8 є фланець 9. Між цим фланцем і кільцем 6 встановлені пружні прокладки 10, що забезпечують ущільнення труби 8 у корпусі камери 11. Прокладки 12 забезпечують можливість регулювати зусилля обжиму кілець 10 за рахунок зміни їх кількості.

У кришці 6 є кільцева проточка 13 для надходження до втулки 2 уварювальної суміші в якості мастила для шийки вала.1.

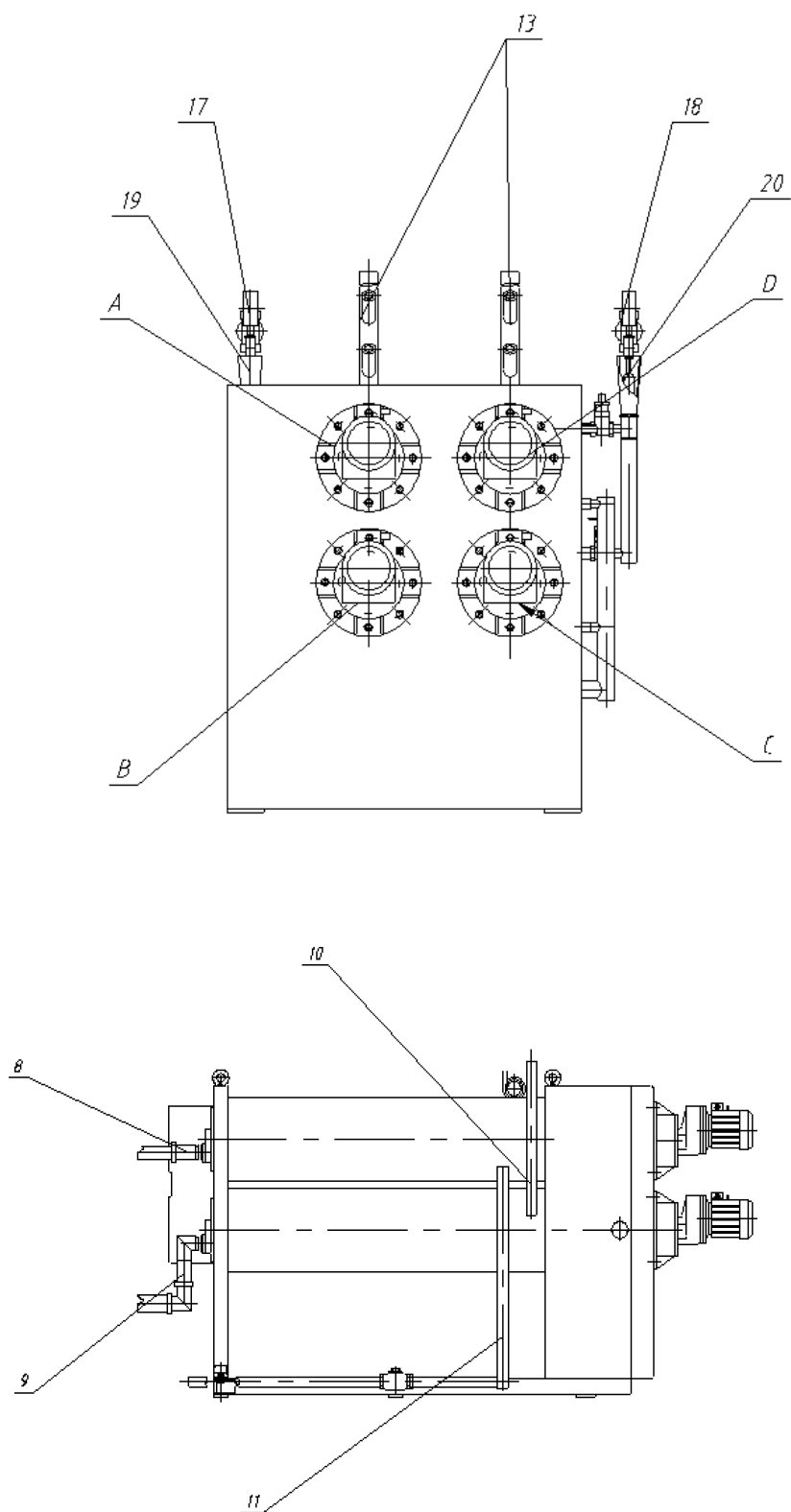


Рис. 2.6. Теплообмінник.

3. ДОСЛІДНА ЧАСТИНА ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

При уварюванні молочних кондитерських мас для визначення оптимальних параметрів, для вдосконалення конструкції ротаційного теплообмінника вкрай необхідно дослідити структурно-механічні властивості молочних сумішей.

Початковий етап виробництва молочних мас – це приготування цукрово-патокової молочної суміші. Цей процес здійснюється за різними технологічними схемами на кондитерських фабриках. Деякі підприємства спочатку готують цукрово-молочний сироп, інші - цукровий чи цукрово-патоковий. При цьому використовується різне технологічне обладнання.

При розробці оптимальних умов безперервного виробництва цукрово-патокової молочної суміші в них визначали вологість, склад редукуючих речовин на суху речовину, текучість, в'язкість, кислотність та кількість нерозчиненого цукру. Під час експериментів робилися спроби отримати рецептурну суміш із найменшою кількістю нерозчиненого цукру, найбільшою текучістю і, по можливості, з найменшою кількістю води. Визначали центрифугуванням кількість нерозчиненого цукру протягом 10 хв. при 6000 об/хв.

Досліджено вплив температури та вологості суміші, тривалість перемішування, швидкості перемішування та послідовність завантаження сировини на зміну текучості та кількості осаду рецептурних сумішей.

За рецептурою цукерок «Корівка» готували молочні суміші.

Для визначення впливу температури та вологості всі компоненти (патоку, цукор, згущене молоко, воду і вершкове масло) додавали одночасно. Швидкість перемішування становила 0,9 м/с, тривалість приготування рецептурної суміші становила 10 хвилин при температурі 20, 40, 60, 70 і 80 °С. При кожній

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Вересоцький Ю.І.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Шапаренко А.В.	Назва, додаткова назва Дослідна частина та узагальнення результатів	222148.KP.003.003 ПЗ				
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова уа	Аркуш 1/30	

температурі рецептурну суміш готували з вологістю 20, 18 і 26%. Представлені графічно на *рис. 3.1.* дані досліджень.

З *рис.3.1.* видно, що із збільшенням температури до 70°C і вологості кількість осаду зменшується і, відповідно, текучість суміші збільшується. Однак осад збільшується не за рахунок нерозчиненого цукру при температурі 80°C, а у результаті утворення коагуляту білків. Отже, оптимальною температурою слід вважати 70°C для приготування рецептурної суміші.

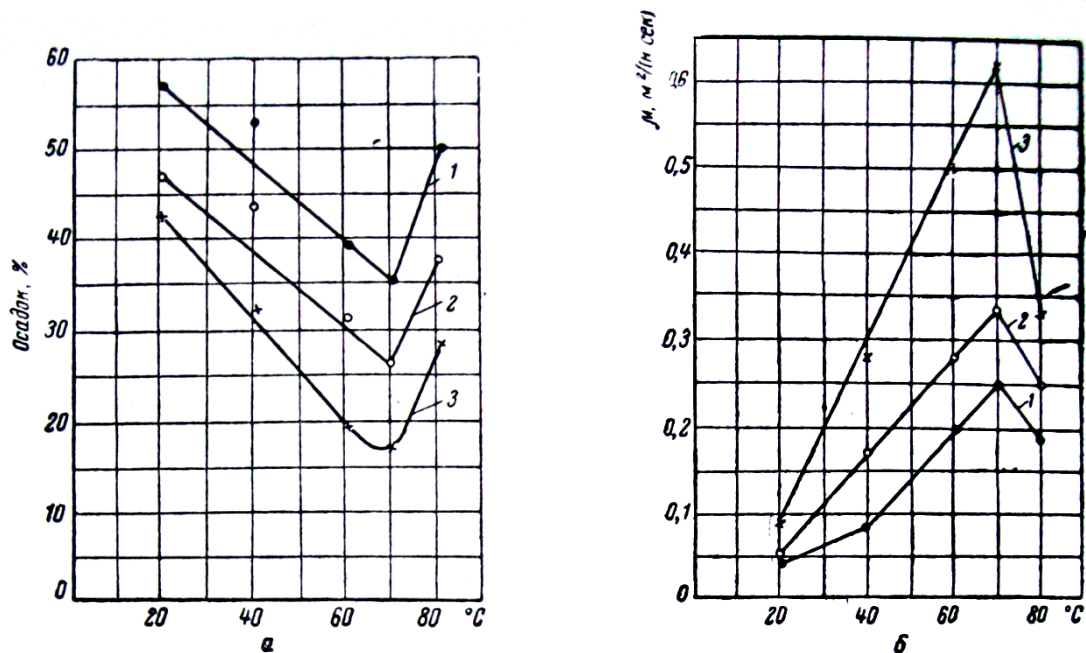


Рис 3.1. Залежність кількості осаду (а) і текучості (б) рецептурної суміші від температури, при вологості 1- 16%; 2- 18%; 3- 20%.

Питання про вплив механічної дії на структуровані системи стає все більш актуальним, оскільки сировина та напівфабрикати кондитерських виробів транспортуються по трубах, змішуються тощо. У цьому випадку необхідні такі умови, щоб рецептурна суміш руйнувалась більше, а текучість її була найбільшою.

Залежність в'язкості від градієнта швидкості рецептурної суміші при 70 °C і вологості 20, 18 і 16% показана на А також з *рис. 3.2.* видно, що при вологості 16% спостерігається найбільше руйнування структури. Тому, готувати рецептурну суміш під час безперервного способу недоцільно з великою кількістю води, оскільки надалі її потрібно вилучати. Враховуючи отримані дані можна зробити висновок, що

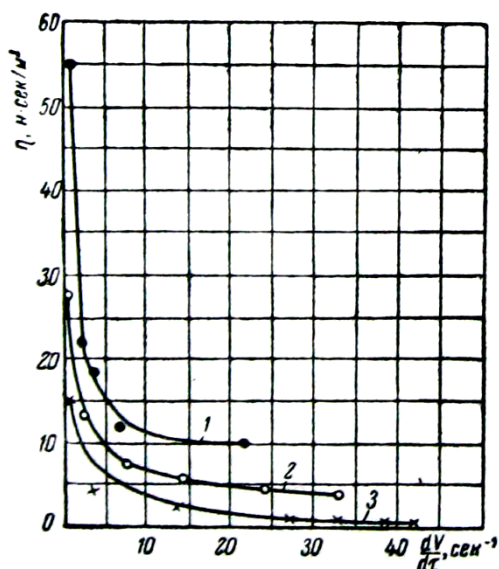


Рис. 3.2 Залежність в'язкості рецептурної суміші від градієнта швидкості: 1- вологість суміші 16%, 2 – 18%, 3 – 20%.

З таблиці також видно, що на фізико-механічні властивості рецептурної суміші впливає фактор часу. Зі збільшенням часу перемішування від 3 до 10 хвилин кількість осаду значно зменшується: при 40°C з 62,5 до 45% та при 70°C з 52,5 до 37,5%. Текучість суміші відповідно збільшується в першому випадку з 0,012 до 0,08 м²/ (н·с), в другому – з 0,15 до 0,2 м²/ (н·с). При подальшому збільшенні тривалості перемішування з 10 до 20 хвилин кількість осаду та значення текучості мало змінюються.

За цих умов оптимальною тривалістю приготування рецептурної суміші можна вважати 10 хвилин при швидкості перемішування 0,9 м/сек. При збільшенні швидкості перемішування до 1,4 м/с збільшується кількість осаду і зменшується текучість за рахунок утворення коагулянту збитої маси.

Були досліджені наступні варіанти для встановлення впливу послідовності завантаження сировини на якість суміші:

- одночасне завантаження усієї сировини;
- цукор, воду і згущене молоко перемішували протягом 5 хв., потім додавали вершкове масло і патоку;
- цукор, воду і патоку перемішували протягом 5 хвилин, потім додавали згущене молоко та масло.

Якісні показники суміші

Таблиця 3.1.

Тривалість Перемішування, хв	Кількість осаду, %	В'язкість $\text{Н}\cdot\text{с}/\text{м}^2$	Текучість $\text{м}^2(\text{Н}\cdot\text{с})$	Граничне напруження зсуву $\text{н}/\text{м}^2$	Вміст ре- дуцируючих речовин %
$t=40^\circ\text{C}$					
3	65,2	78,0	0,012	5200	7,0
6	54,5	22,0	0,045	6100	7,3
10	45,0	12,0	0,082	6600	7,5
15	43,0	11,2	0,089	4900	7,6
20	40,0	10,5	0,098	4900	7,5
$t=70^\circ\text{C}$					
3	52,5	6,7	0,15	7000	7,9
6	49,5	6,0	0,17	8900	8,0
10	37,5	5,3	0,19	4000	8,1
15	34,0	5,1	0,19	4300	8,2
20	32,0	5,0	0,2	8500	8,2

Досліди виявили, що послідовність завантаження сировини на кількість нерозчиненого цукру та плинність рецептурної суміші не робить істотного ефекту. Для спрощення конструкції змішувача рекомендується одночасне подавання всіх компонентів.

З метою вдосконалення поточно-механізованої лінії з виробництва цукерок "Корівка" необхідно провести технологічний процес та належним чином модернізувати обладнання, дослідити реологічні властивості молочних цукеркових мас.

Основною метою нашого дослідження є встановлення оптимальних технологічних параметрів для безперервного виробництва молочних цукеркових мас «Корівка». Ми намагалися отримати масу з в'язкістю, яка сприяє виготовленню цукерок з аморфною структурою, які не розтікаються протягом 1 години при кімнатній температурі. Відомо, що це дозволяє

здійснювати безперервне прокатування та різання шару на корпуси та механічне обгортання готових виробів.

Досліджено вплив різних технологічних факторів на зміну маси молочних цукерок (їх готували із вологістю 10% за рецептурою цукерок «Корівка»). Використовували віскозиметр РВ-8 для досліджень. Порівняли значення ефективної в'язкості при градієнті 20 с^{-1} .

Дослідження показали, що молочні цукеркові маси – це структуровані системи. На *рис.3.3* показаний характер залежності градієнта швидкості та ефективної в'язкості від напруження зсуву. Ефективна в'язкість була розрахована відповідно до математичного рівняння гіпотези Ньютона: $\eta_{\text{до}} = \frac{\theta}{\varepsilon}$.

Температура 70°C .

Важливою особливістю структурованих дисперсних систем є наявність петель гістерезису під час навантаження та розвантаження. Розтікання молочних цукеркових мас починається тоді, коли напруга максимальна. Потім із його збільшенням градієнт швидкості збільшується і структурна сітка та агрегати руйнуються. Кожне значення градієнта швидкості відповідає тривалому рівноважному стану молочних мас, що досягається при дуже повільних змінах.

У зв'язку з цим особливе значення при вивченні структурно-механічних властивостей молодих мас має проблема механічної дії, яка неминуча в технології виготовлення цукерок (перемішування, перекачування тощо).

В *таблиці 3.2.* наведені значення в'язкості молочних цукеркових мас при перекачуванні. Визначали в'язкість при температурі уварювання 115°C .

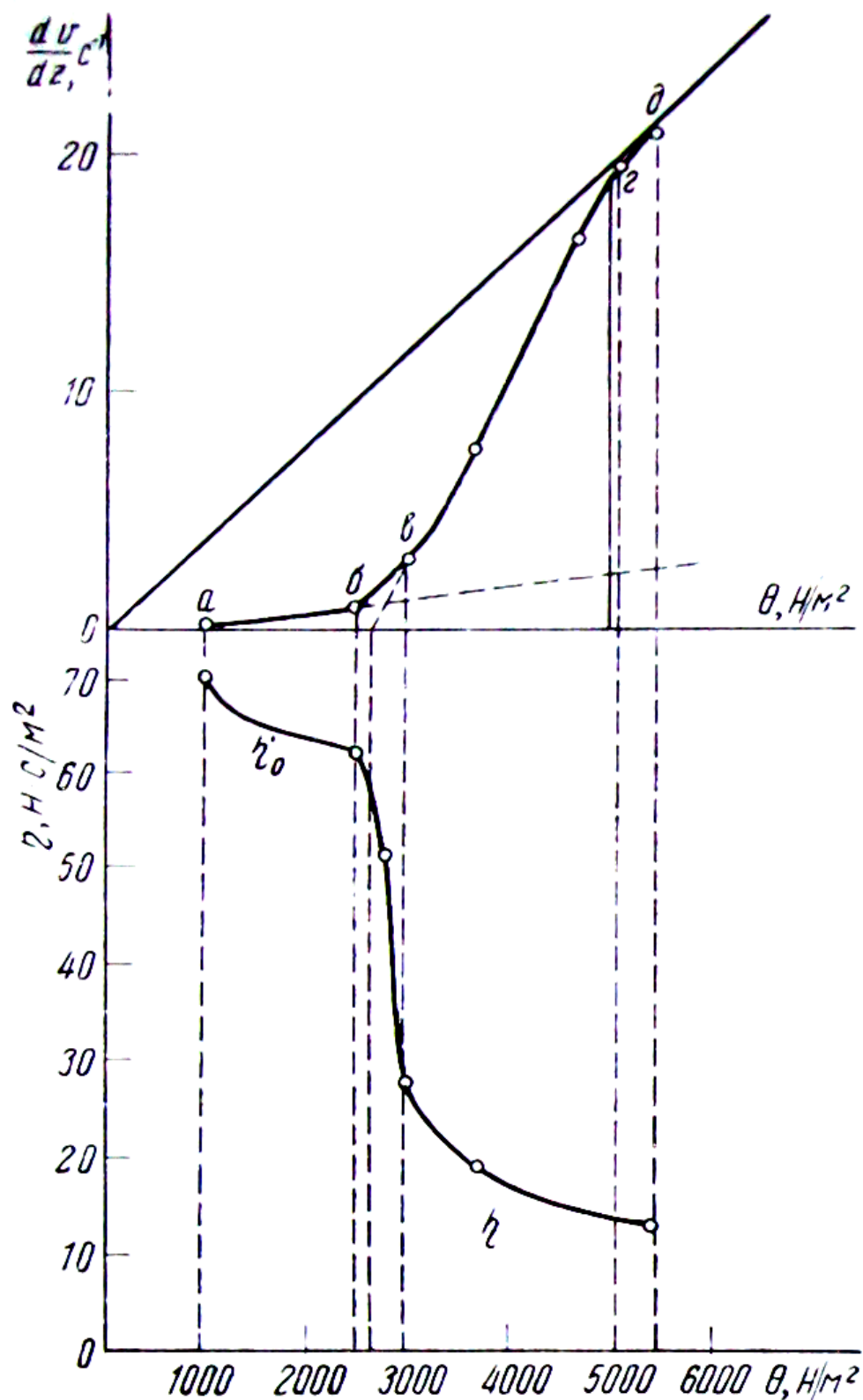


Рис.3.3 Залежність градієнта швидкості і ефективної в'язкості молочних мас від напруження зсуву: *аа* – зона пружних деформацій; *аб* – найбільша в'язкість незруйнованої структури за Шведовим; *бв* – зона лавинного руйнування структури; *вг* – найменша в'язкість по Бінгаму; *д* – зона ньютонівської течії з постійною в'язкістю максимально зруйнованої структури

Показники маси до і після перекачування

Таблиця 3.2.

Вологість маси, %	В'язкість н/с·м ²	
	До перекачування	Після перекачування
	Структура аморфна	Структура кристалічна
8,0	35,0	26,7
8,5	24,2	19,1
9,0	10,0	7,6
9,5	7,5	6,6
10,0	5,2	4,4
10,5	3,8	3,0
11,0	2,9	2,5

Як видно із таблиці, перекачування мас призводить до зменшення в'язкості, а також до кристалізації. Отже молочні маси для цукерок «Корівка» із структурою типу «тягучка» необхідно самопливом подавати на охолодження та формування, щоб уникнути механічного впливу.

Від вологості, тривалості теплової дії, температури при уварюванні залежить в'язкість молочних цукеркових мас (Рис.3.5.;Рис.3.6), а також і від співвідношенні рецептурних компонентів

Значно впливає на властивості в'язкості молочних мас вологість. Ми дослідили маси із діапазоном вологості 8-12% (допускається уніфікованою рецептурою). Визначення проводили за температури 115°C.

Характер кривої $\eta=f(W)$ показує, що в'язкість цукеркових мас різко збільшується при вологості 8-10%. Підвищення в'язкості молочних мас до 12% приводить до значного зменшення в'язкості. Тому однією із необхідних умов безперервного виготовлення цих мас з найбільшою в'язкістю є уварювання молочних цукеркових мас до вологості не більше 10%.

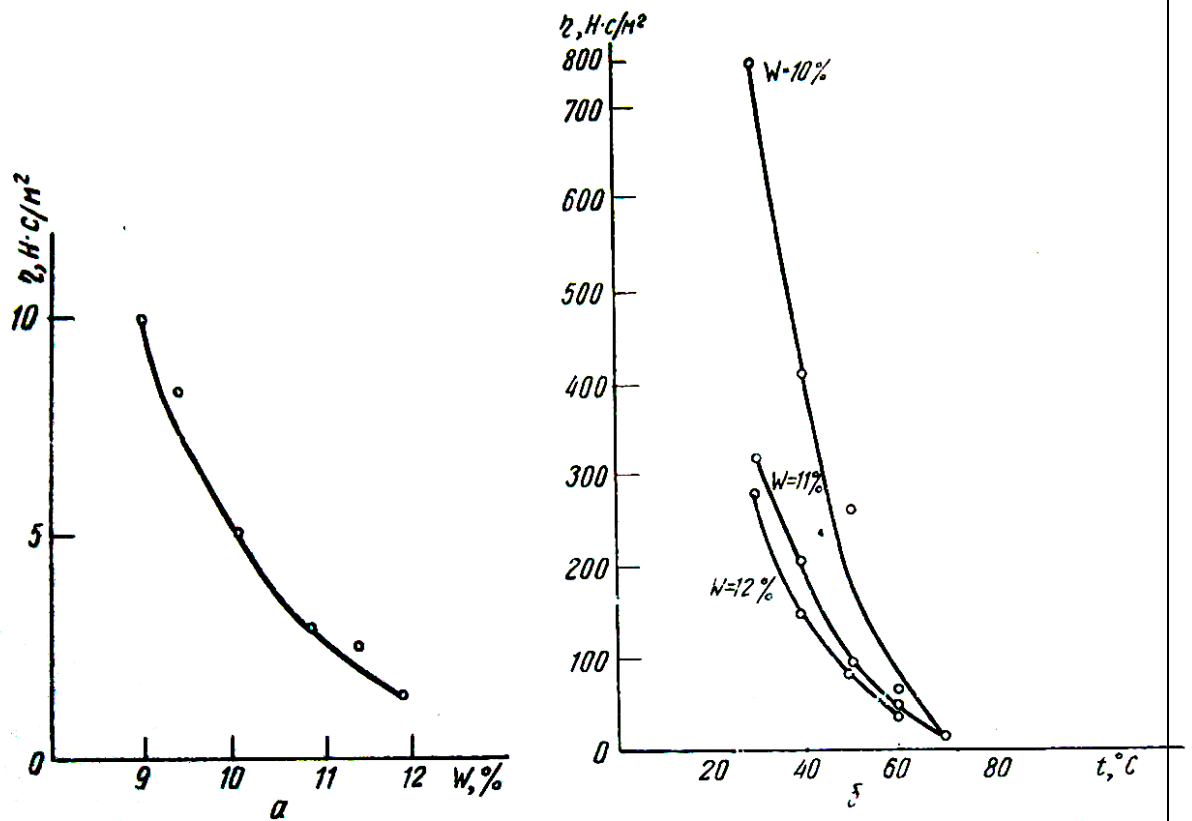


Рис.3.5. Залежність в'язкості молочної цукрової маси від Вологості (а) та температури (б)

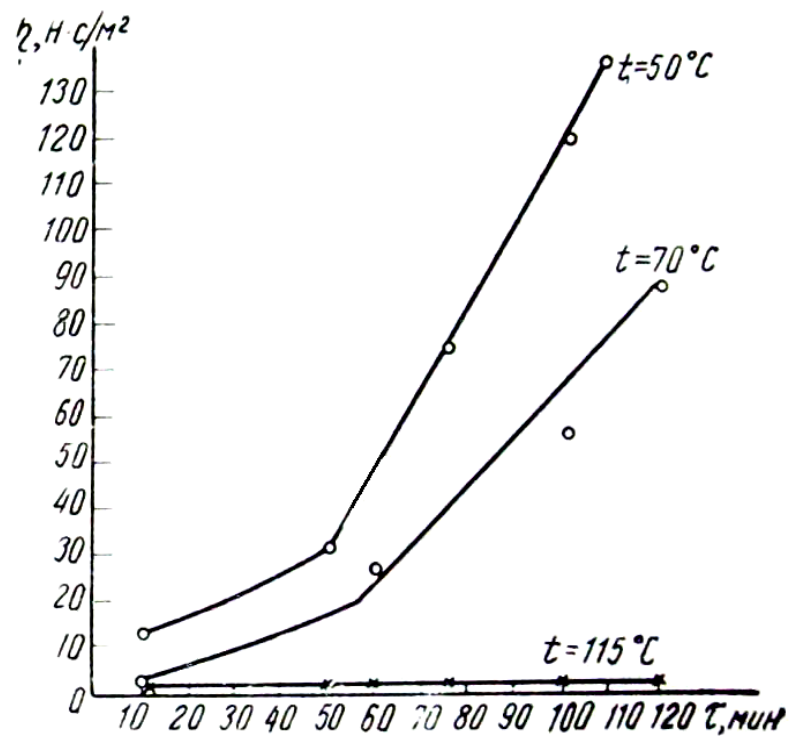


Рис.3.6. Залежність в'язкості молочної цукрової маси від тривалості теплової дії.

Суттєво впливає на властивості в'язкості молочних цукеркових мас температурний фактор. Як показали дослідження, в'язкість значно збільшується за температури 40 - 20°C. Так як було встановлено раніше, процес структуроформування корпусів цукерок залежить від в'язкості маси, що формується, отже необхідно здійснювати їх формування за температури не вище 30°C.

Дослідження також показали, що в'язкість молочних цукеркових мас залежить від тривалості теплової дії при уварюванні. При підборі обладнання для поточно-механізованої лінії це необхідно враховувати. При дослідженні теплової дії молочні цукеркові маси доводили до вологості 9,5%, але протягом 10, 50, 75, 100 та 120 хвилин. В'язкість визначали за температури уварювання 115, 70 та 50°C. В'язкість практично не залежить від тривалості уварювання при температурі 115°C і становить 1,5-4 Н·с/м². При охолодженні цукеркових мас до 50°C значення в'язкості змінюються у залежності від тривалості теплової дії при уварюванні.

Вибір матеріалів і захисних покриттів для підшипника ковзання ротаційного теплообмінника.

Теплообмінник може працювати із такими видами сировини: ірисна маса – патока, молочні продукти, цукор, жири (маргарин або вершкове масло); молочні маси – патока, молоко, цукор; мармеладна маса – желейна речовина, розчин цукру, патока, харчові кислоти, барвники та ароматичні речовини.

Основними компонентами усіх цих мас, які можуть уварюватися на установці А2-ШУУ є цукрові розчини (із різними концентраціями цукру) і патока, тому їх вплив є основним на процес зношення деталей, які контактують з ними. Вміст жирових, кислотних і молочних компонентів також є значним і їх вплив потрібно враховувати при дослідженні процесів зносу деталей.

В джерелі (Прейс) описані експерименти з дослідження зносу металів в 15%-ному розчині білого цукру . Досліди відбувалися при швидкостях

222148.KP.003.003 ПЗ	Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш
----------------------	---------------	-----------------	------------	-------

ковзання 0,05; 0,5; 1,0 м/с і нормальному тиску 20 кг/см². Вивчали зношення пар тертя сталі Ст.5 із чавуном СЧ 15-32, бронзами Бр.ОЦС 5-5-5 та Бр. АЖ 9-4 і бабітом БН. В окремих порціях розчину досліджували різні пари тертя.

Пара тертя Ст5-СЧ15-32 у дистильованій воді повержена окислювальному зносу; а в парі тертя Ст5-БН окислювальне зношення супроводжує схоплення, в парі Ст5-Бр. ОЦС5-5-5 схоплення являється ведучим видом зносу.

Додавання 15% цукрози до дистильованої води сприятливо впливає на роботу пари Ст5-Бр.ОЦС5-5-5, практично виключає схоплення. Зносостійкість пар тертя сталі із чавуном і бабітом цукроза в такій кількості підвищує незначно.

При збільшенні концентрації цукрози у розчині до 45-60% величина зносу і коефіцієнт тертя досліджених металів досягають мінімального значення; в всіх випадках відбувається частіше всього окислювальне зношення.

Збільшення концентрації розчину веде до зміни характеру зношення розглянутих пар тертя. Ведучим стає абразивне зношення, отже зносостійкість металів зменшується, а коефіцієнт тертя зростає. Так як при абразивному зношенні зносостійкість металів в основному залежить від їх твердості, то у даних умовах найбільшу зносостійкість має пара сталь-чавун і найменшу сталь-бабіт.

Інтервал температур уварювання в цій установці коливається у межах 102-135°C. За цих температур розчинність цукрози дуже висока, тому кристалів у розчині нема. А також нагрів розчинів до таких температур знижує його динамічну в'язкість. Тому у інтервалі даних температур характер зношення у всіх досліджуваних пар тертя – окислювальний.

Сприяє пластифікації поверхні тертя додавання цукрози у воду. При 45%-ному вмісті цукрози була отримана найбільша ступінь пластифікації. При збільшенні вмісту цукрози пластифікуючи дія її на поверхню тертя зменшується.

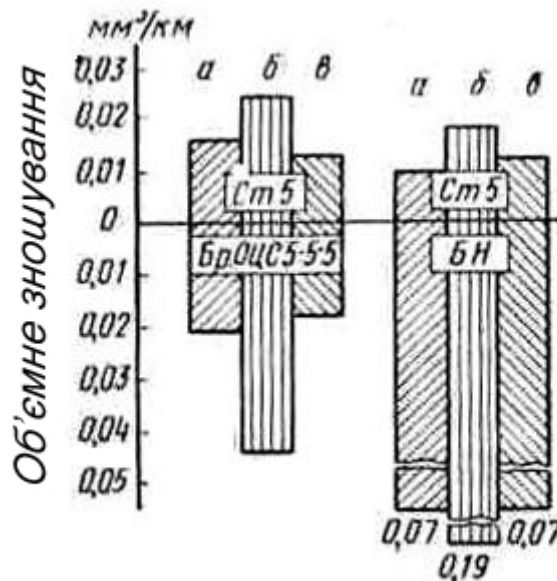


Рис.3.7. Діаграма зношення металів в розчинах цукрози:

а- 60% цукрози, $t=18^{\circ}\text{C}$; б-70% цукрози , $t=18^{\circ}\text{C}$; в-70% цукрози , $t= 50^{\circ}\text{C}$

На протікання хімічних та електрохімічних процесів суттєво впливає цукроза: зменшуючи електропровідність розчину, вона інгібує процес корозії сталейних виробів. Але інгібіруюча властивість цукрози у значній ступені залежить і від наявності інших речовин в розчині, тих, що визначають його активність.

Досліди проведені Б.П.Штефаном показали, що вплив цукрози на процес тертя металів у хімічно активних розчинах, аналогічний впливу, що спостерігається при випробовуванні металів в нейтральному середовищі. Разом із тим встановлено, що момент тертя металів залежить і від хімічної активності середовища – у кислому він вище, ніж в лужному.

Приведені графіки залежності граничного навантаження, що призводить до схоплення досліджуваних металів, від концентрації цукрози і хімічної активності середовища (рис.3.8).

Із графіку видно, що пара тертя сталь-бронза здатна витримати менше навантаження до заїдання, ніж пара сталь-чавун, як в кислому так і у лужному середовищі.

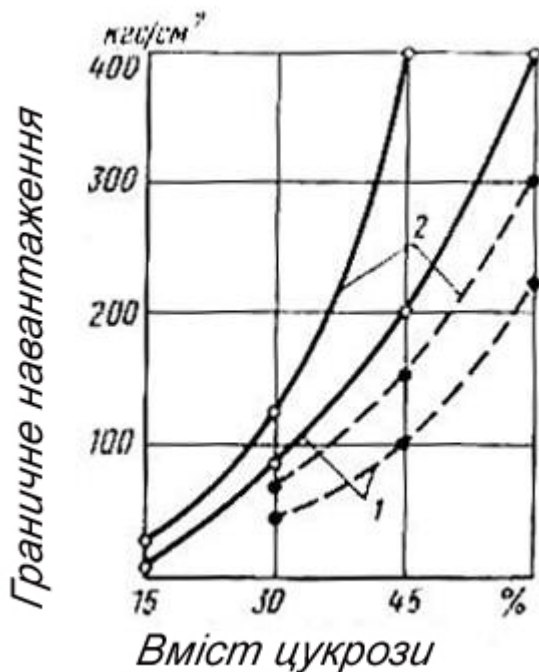


Рис.3.8 Залежність граничного навантаження на пару тертя від концентрації цукрози та хімічної активності розчину:

1- сталь 45- Бр.ОЦС5-5-5; 2- сталь 45- СЧ28-48;
_____ pH 6; ---- pH 8

Тертя металів у кислому середовищі характеризується постійним електродним потенціалом досліджуваного зразка, що говорить про відсутність (розчинення) захисних плівок на поверхні тертя, а також інтенсифікації процесів захоплення; лужне середовище навпаки, заважає захопленню і зменшує ступінь пластичної деформації поверхонь тертя.

Таким чином, наявність цукрози у рідкій фазі сприяє зниженню інтенсивності зношення і коефіцієнта тертя металів, а ще підвищенню опору

пари тертя схопленню. Разом із тим величина цих характеристик залежить і від хімічної активності середовища.

Залишки маси охолоджуються при зупинці установки, що призводить до кристалізації цукрози, а поверхня тертя попадає під вплив абразивного зношення. Доцільно при виборі пари тертя підібрати матеріали, які мають бути стійкими, як в умовах корозійного, так і абразивного зношення.

В книзі Г.А.Прейса наведені результати дослідів по зносостійкості металів ц мелясі та патоці. Вміст патоки у зварюваних масах великий, тому слід враховувати її вплив на деталі обладнання. Найбільшою зносостійкістю у патоці при нормальному тискові 40кг/см^2 у дослідженому інтервалі швидкостей 0,05-1 м/сек. ковзання володіють пари тертя сталь Ст.5-чавун СЧ15-32 і сталь Ст.5-бронза Бр.ОЦС 5-5-5 (рис.72).

Порівняно високу зносостійкість має пара сталь Ст.5-латунь Л62 при швидкостях ковзання 0,05 м/сек. Коли швидкість велика вона зношується інтенсивніше ніж пари сталь-чавун і сталь Ст5- бронза Бр.ОЦС 5-5-5.

Найбільше зношення в патоці спостерігається у парах сталь Ст.5-бабіт БН і сталь Ст.5 – бронза Бр.АЖ 9-4.

З рис.74 і табл.20 слідує, що при підвищенні нормального тиску і температури середовища зношення усіх досліджених нами металів збільшується. Однак для різних пар металів це збільшення не однакове. Так, підвищення температури при одному і тому ж нормальному тиску призводить до збільшення зношення пар тертя сталь-чавун, сталь-бронза Бр.ОЦС 5-5-5 і сталь –бабіт БН в більшому ступені, а ніж збільшення нормального тиску і, навпаки, зносостійкість пар тертя сталь-бронза Бр.АЖ 9-4 і сталь –латунь Л62 при збільшенні нормального тиску інтенсивніше знижується. При терті сталі по чавуну, бронзі Бр.ОЦС 5-5-5 і бабіту БН основне значення мають хімічні процеси, які визначають швидкість утворення і властивості поверхневих плівок. Тертя ж сталі Ст.5 по латуні Л62, а особливо по бронзі, супроводжується схопленням, тому і визначальним фактором для них є нормальний тиск,

збільшення якого підсилює цей процес. Збільшення зношення всіх металів, викликане підвищенням температури і може бути пояснено зменшенням в'язкості, а відповідно, і властивістю змащення патоки.

Враховуючи це та дані табл. 21 можна зробити висновок, що найбільшу зносостійкість мають пари тертя сталь Ст.5-чавун СЧ15-32 та сталь Ст.5 – бронза Бр.ОЦС 5-5-5.

Більшість мас мають в своєму складі маргарин та жирो-вершкове масло, вони складаються із великої кількості органічних кислот. Вплив жирів на зносостійкість металів у цілому позитивний тому, що жири відіграють роль мастила і покращують умови роботи вузлів тертя, зменшуючи вплив абразивного зношення. Жири також інгібрують окислювальні процеси і тому являються по суті консервантами. А покриваючи контактуючі поверхні тонкою плівкою вони сповільнюють корозійні процеси.

Додавши до складу мас підкислюючі компоненти (лимонна кислота, ароматичні добавки), викликає збільшення кислотності середовища, як наслідок прискорюючи процеси корозії. Загалом більшість фруктово-ягідних начинок мають кислотне середовище, а тому при виборі пари тертя у цих середовищах потрібно орієнтуватися на пари стійкі проти корозійного зношення.

Установка універсальна – на ній можливо уварювати фруктово-ягідні начинки, молочні, мармеладні та ірисні маси. Нагрівання мас відбувається за допомогою пари $P \leq 0,6 \text{ МПа}$. Температура нагріву не має бути більшою 135°C, а частота обертання робочих валів 227об/хв; 3,87 об/сек.

Як бачимо, умови роботи деталей досить важкі – деталі знаходяться під впливом високих температур і високих швидкостях ковзання. Проаналізувавши все вище згадане, можна сказати, що найбільш оптимальними парами (вал-підшипник) при роботі із даними середовищами є саме сталь Ст.5-чавун СЧ15-32 і сталь Ст.5-бронза Бр.ОЦС5-5-5. Ці пари мають найбільшу стійкість проти абразивного і корозійного зношення та схоплення в них практично відсутнє.

3.1. Дослідження структурно-механічних властивостей цукрової молочної суміші.

Експерименти [20] виявили, що послідовність завантаження сировини на кількість нерозчиненого цукру та текучість рецептурної суміші не робить істотного впливу. Для спрощення конструкції змішувача рекомендується одночасне подавання всіх компонентів. Оптимальною тривалістю приготування рецептурної суміші згідно з дослідженнями можна вважати $\tau=10$ хв. при швидкості перемішування $v=0,9$ м/с.

Температурний фактор також суттєво впливає на в'язкі властивості молочних мас. Дослідження показали [20], що в'язкість значно зростає при температурі 40-20 °С. Оскільки, як було встановлено раніше, процес структурування форм цукерок залежить від в'язкості маси, що утворюється,

тому їх формування необхідно проводити при температурі, що не перевищує 30 °С.

Досліди також показали, що в'язкість молочних цукеркових мас залежить від тривалості теплової дії під час уварюванні. Це необхідно враховувати при модернізації обладнання для поточної механізованої лінії.

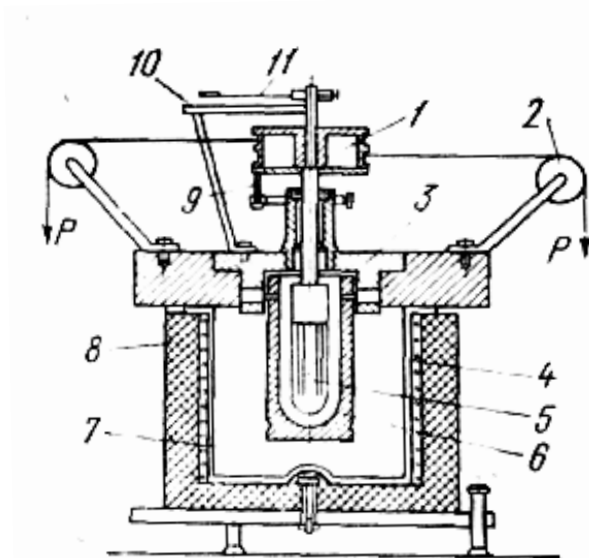


Рис. 3.9. Віскозиметр РВ-8 системи М. П. Воларовича:

1 - шків; 2 - блоки; 3 - настановна гайка; 4 - склянка для термостатуючої рідини; 5 - ротор; 6 - склянка; 7 - спіраль електронагріву; 8 - ізоляція; 9 - стопор; 10 - шкала; 11 - стрілка

При дослідженні теплової дії молочні цукеркові маси доводили до вологості 9,5%, протягом 10, 50, 75, 100 та 120 хв. В'язкість визначали за допомогою віскозиметра РВ-8 (рис 3.9) при температурі уварювання 115, 70 и 50°С. Дані досліджень додаються графіком (рис 3.10.).

При температурі 115 °С в'язкість майже не залежить від тривалості уварювання мас і становить 1,5-4 Н·с/м². При охолодженні маси до 50°С значення в'язкості змінюються залежно від тривалості теплової дії під час уварювання.

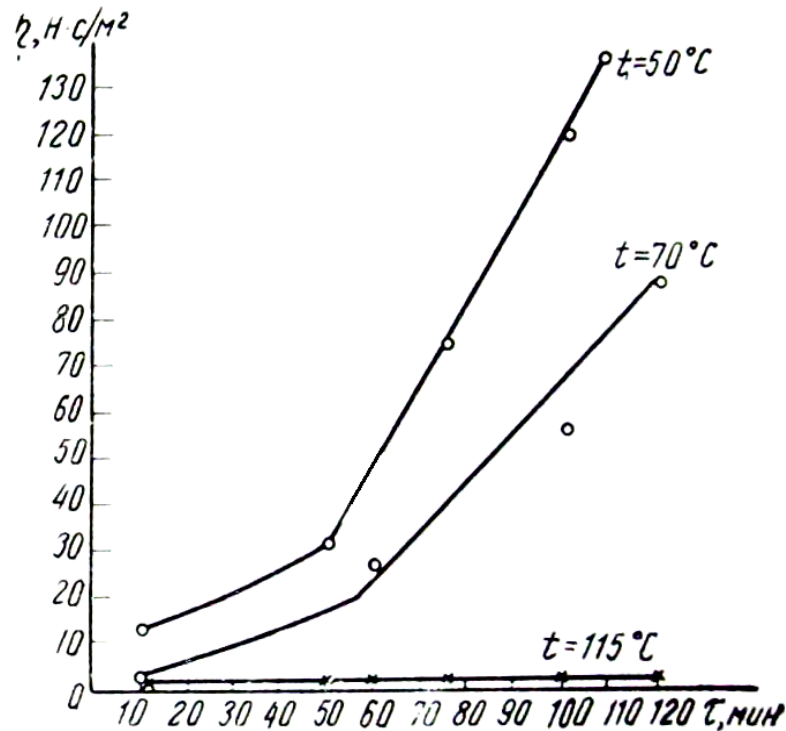


Рис.3.10. Залежність в'язкості цукеркової маси від тривалості теплової дії при $t=50,70,115$ °С.

3.2 Створення математичної моделі

Однакова геометрія всіх 16 скребкових ножів (робочих органів), розміщених на одному валу, дозволяє спростити модель спочатку до двох ножів, а потім дослідити вплив геометрії скребкового ножа на змішування молочної цукеркової маси під час її уварювання.

Програма FlowVision дозволяє визначити швидкість руху маси, її напрямок, розподіл тисків у камері, час проходження частинок через камеру, під час експерименту змінити вхідні параметри, а також швидко змінити геометричну форму і розміри обладнання.

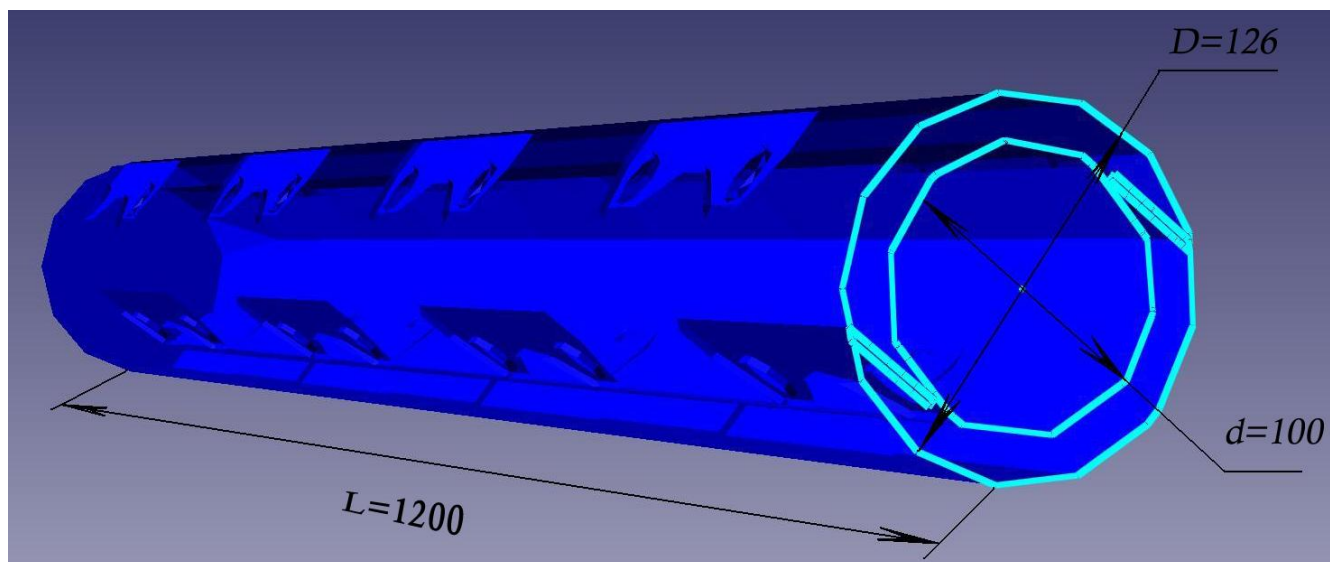


Рис.3.11. Загальна геометрія робочої камери.

3.2.1. Створення області розрахунку

Ми виконаємо тривимірну модель киплячої камери з реальними розмірами існуючої установки в програмному комплексі Компас 3-D та імпортуємо її до програмного пакету FlowVision. Завантажуємо вал з ножами як рухомий об'єкт. У пункті «Подобласть#1», «Фильтры» вибираємо «Загрузить» При цьому відповідно масштабуємо. У підпункті «Свойства» обираємо «Вращение» та встановлюємо 25,1 рад/с. Встановлюємо модель розрахунку як «Несжимаемая жидкость», речовина – цукеркова молочна маса при $t = 115^{\circ}\text{C}$ з щільністю $\rho = 1400 \text{ кг/м}^3$, та молекулярною в'язкістю $\eta = 2,5 \text{ Па}\cdot\text{с}$.

3.2.2. Фізичні параметри і граничні умови.

Для розрахунку необхідно встановити граничні умови. У нашому випадку їх повинно бути три: граничні умови вільного виходу рідини, граничний стан стінки циліндричної камери та стовбура з ножами та граничний стан надходження рідини. У FlowVision спочатку потрібно створити опис граничних умов, а потім призначити відповідні грані бажаними граничними умовами.

Щоб створити граничну умову в дереві опцій, виберіть «Гр. условия», викликаємо меню правою кнопкою миші та вибираємо в ньому «Создать». При створенні граничної умови «Стенка» як параметр поля «Шероховатость»

вводимо 5. Для граничної умови введення продукту «Тип границы» обираємо «Вход/выход»; в полі «Скорость» обираємо «Нормальная скорость» і в якості параметра вводимо величину, яка відповідає швидкості руху маси на вході 0,168 (м/с).

Для вільного виходу «Тип границы» обираємо «Свободный выход». Далі потрібно вибрати додаткові властивості граничної умови. В нашому випадку для цього необхідно у вкладках «Скорость», «Турбэнергия» та «Турбдиссипация» обрати відповідно «Нулевое давление/выход», «Нулевой поток» і «Нулевой поток».

3.2.3. Завдання початкової розрахункової сітки та кроку за часом обчислювального алгоритму

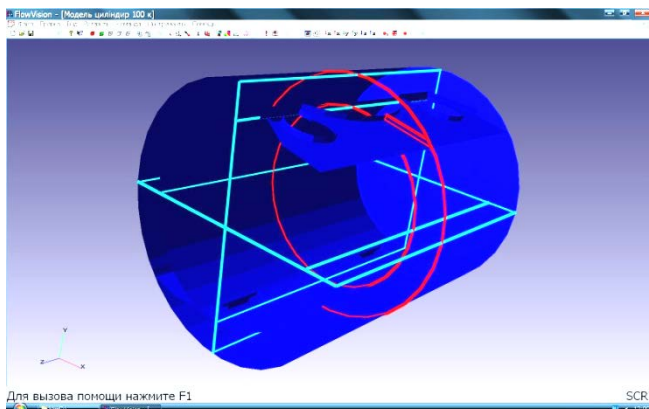
Наші параметри початкової розрахункової сітки:

вісь x – 20 чарунок

вісь y – 20 чарунок

вісь z – 30 чарунок

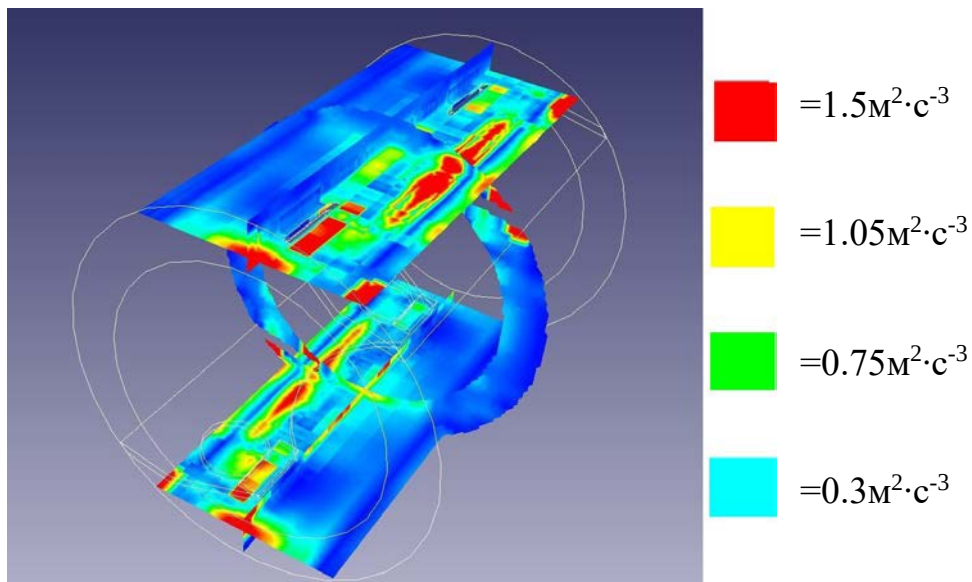
Крок за часом обчислювального алгоритму КФЛ задаємо = 100.



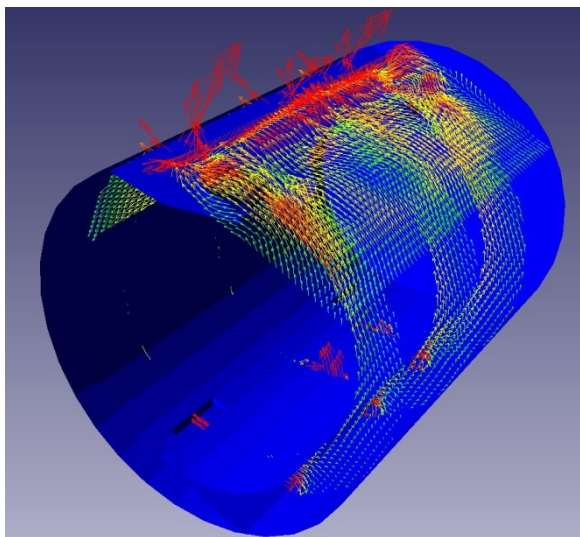
Розглядаємо протікання процесу на ділянці пари ножів, що обертаються для спрощення обчислювального процесу. Проаналізуємо дані після 15с протікання процесу обчислень.

Рис.3.12.Ділянка пари ножів.

Для цього ми створюємо необхідні площини перерізів у найбільш інтенсивних зонах процесу, а потім у них будуємо «слои» змінних. Це будуть зони набігання ножа-скребка на прошарок молочної цукрової маси.



а.



б.

**Рис 3.13. Зони турбдисипацій – а,
та діаграма векторів швидкостей – б.
Модель №1.**

З рис 3.13 а видно, що перемішування молочної цукеркової маси відбувається лише частково під час протікання процесу. Про це також свідчить просторова векторна діаграма швидкостей. Для більш детального аналізу зон турбдисипацій (перемішувань) ми створимо ще одну модель за схемою (рис. 3.14.). Розмістимо ніж у горизонтальному потоці маси, що рухається з лінійною швидкістю та відповідає радіальній швидкості обертання вала. Тобто $V_1 = 25,1 \text{ рад/с} = 1,5 \text{ м/с}$. Швидкістю подачі маси у камеру, тобто швидкістю руху

молочної маси, перпендикулярній до V_1 , в цьому випадку ми нехтуємо, оскільки вона становить $V_2=0,1$ м/с,

що набагато менше від V_1 . Решта вихідних параметрів залишаються незмінними, і послідовність їх введення у програму відповідає пунктам 3.2.1, 3.2.2, 3.2.3, вище. Новостворена модель має форму паралелограма, в який розміщений ніж-скребок.

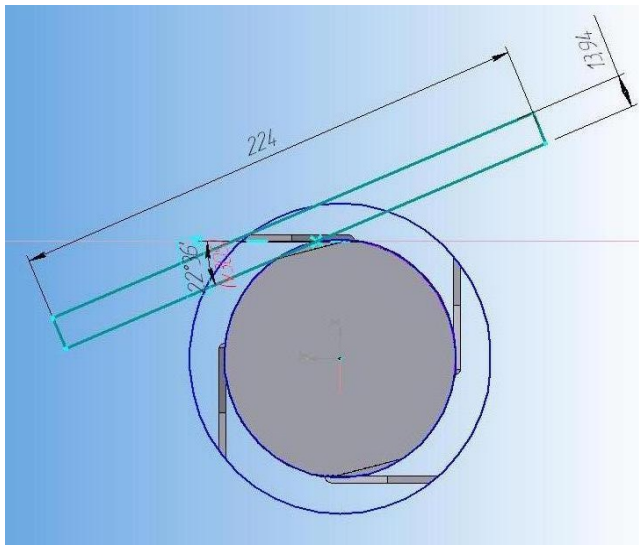


Рис. 3.14. Схема створення моделі №2 для визначення оптимальної форми ножа-скребка

3.3.Аналіз моделі з існуючою формою ножа-скребка

Проаналізуємо отримані дані після 15с обчислень протікання процесу. Для цього створюємо необхідні площини перерізів по всій довжині і ширині камери. Для візуального перегляду руху частинок після проходження ножа-скребка у пункті «Все пространство» створимо «слой» «Вспышки из скорости» (рис 3.15)

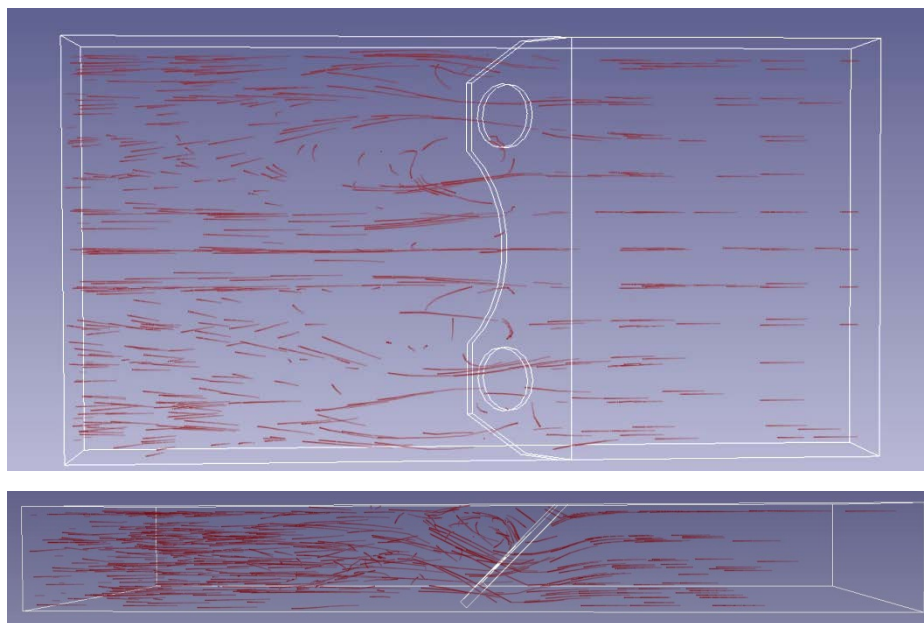


Рис 3.15. Рух частинок після проходження ножа-скребка. Модель №2

За результатами розрахунку моделі №2, як видно з *рис 3.15.*, перемішування не є інтенсивним та відбувається тільки у верхньому прошарку. До того ж за ножом-скребком утворюється застійна зона у верхній його частині.

3.4.Розробка оптимальної форми ножа-скребка

Близько 10 різних геометричних форм ножа-скребка було розроблено для інтенсифікації перемішування молочної цукеркової маси під час її уварювання. У роботі представлені три форми, що дали найкращі результати при перемішуванні цукеркової маси по всій поверхні робочої камери. Для збільшення зони перемішування в нижній частині ножа додано перегородку (*рис 3.16.*). Для зменшення зони застою у верхній частині ножа-скребка по радіусу сегмента ($R=50\text{мм}$) зроблено три додаткові отвори діаметром 12мм (*рис 3.17.*).

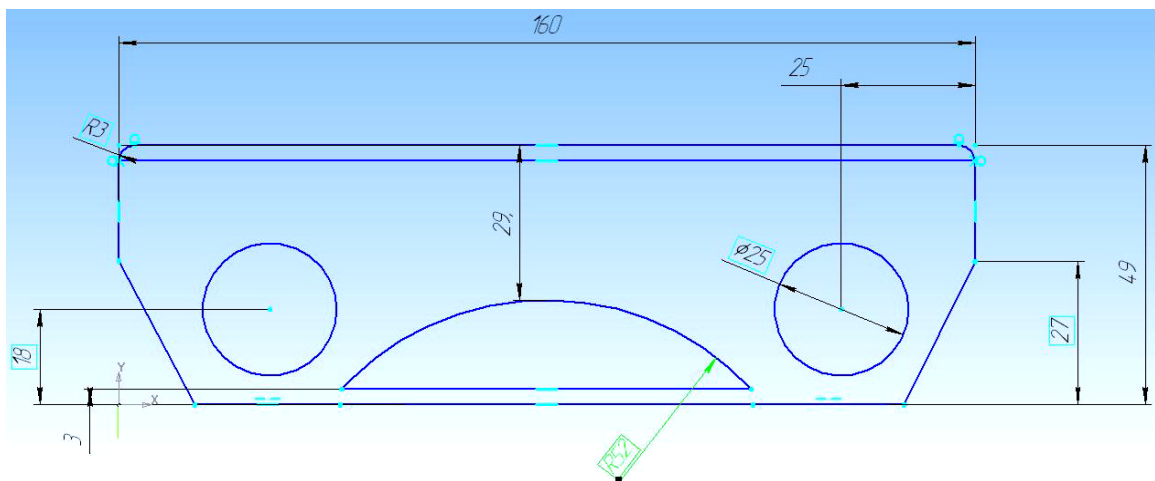


Рис. 3.16. Форма ножа-скребка з перегородкою.

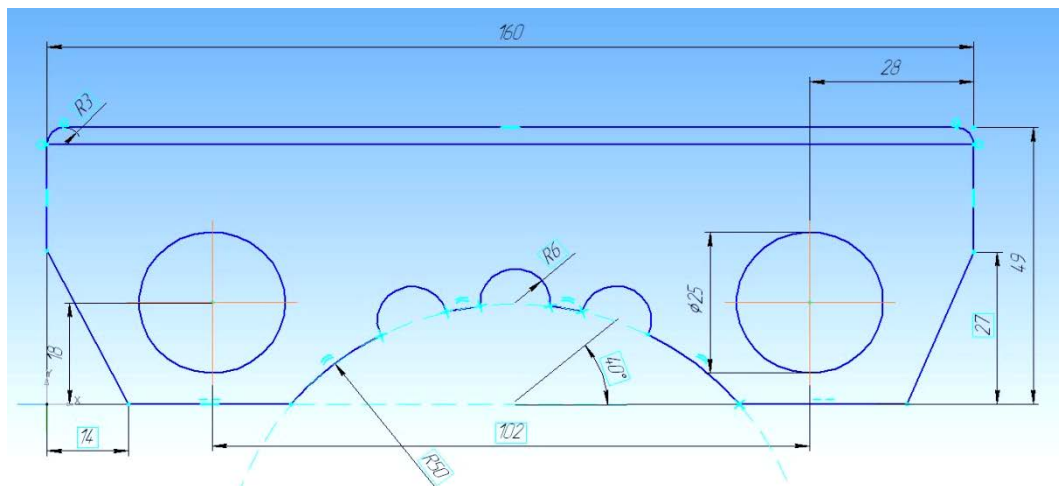


Рис.3.17 .Форма ножа-скребка з додатковими отворами.

Створюємо моделі №3 та №4 для нових форм ножів-скребків по схемі *рис. 3.14*, відповідно до пунктів 3.2.1, 3.2.2, 3.2.3. Проаналізуємо отримані дані після 15с обчислень протікання процесу. Створимо переріз найбільшої площини, що розтинатиме ніж-скребок навпіл та створимо в ньому «слой» - «Заливка из ТурбДиссипация». Даний «слой» покаже нам швидкість розподілення турбулентної енергії, тобто швидкість, з якою кінетична енергія руху маси перетворюється в теплову (там, де відбувається інтенсивне перемішування).

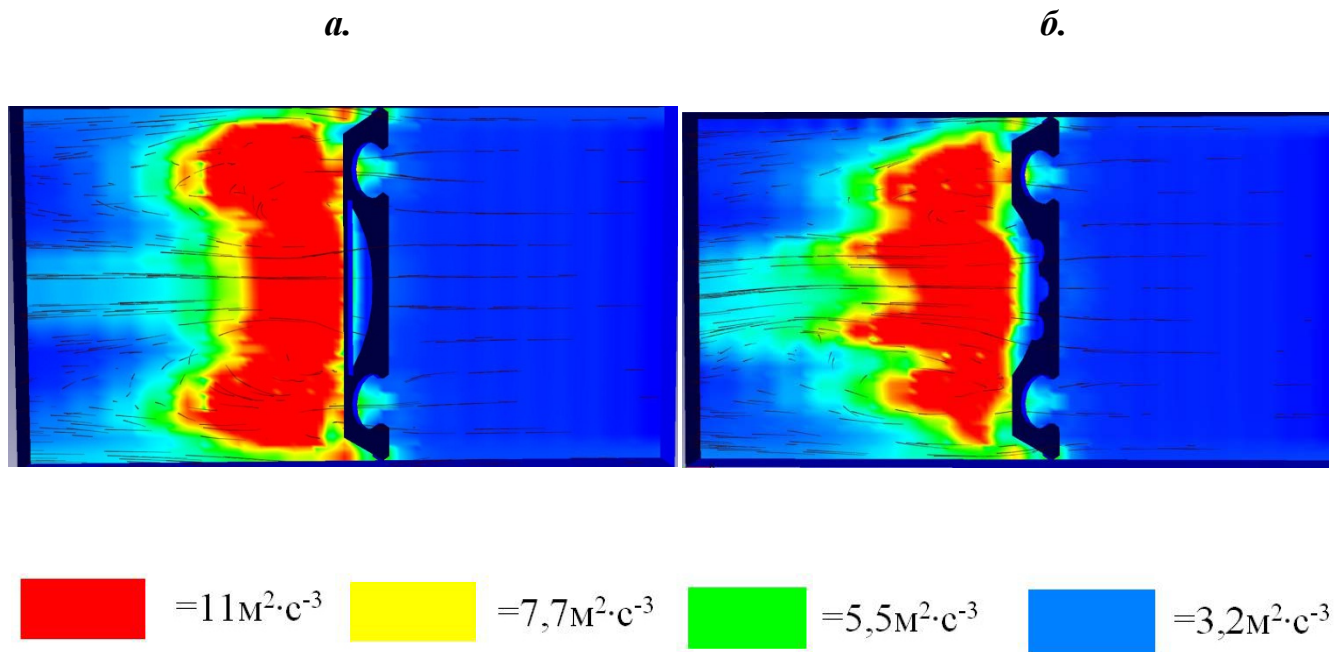


Рис. 3.18. Турбулентна дисипація. а - Модель №3, б - Модель №4.

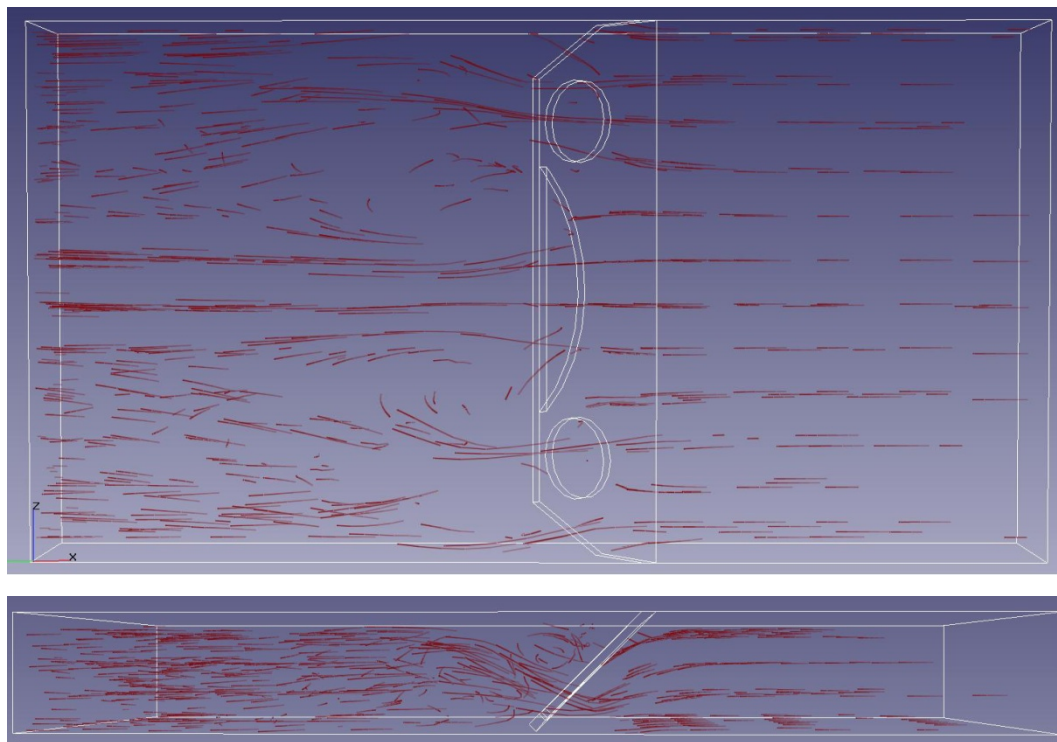


Рис.3.19.Рух частинок маси після походження ножа-скребка. Модель №3

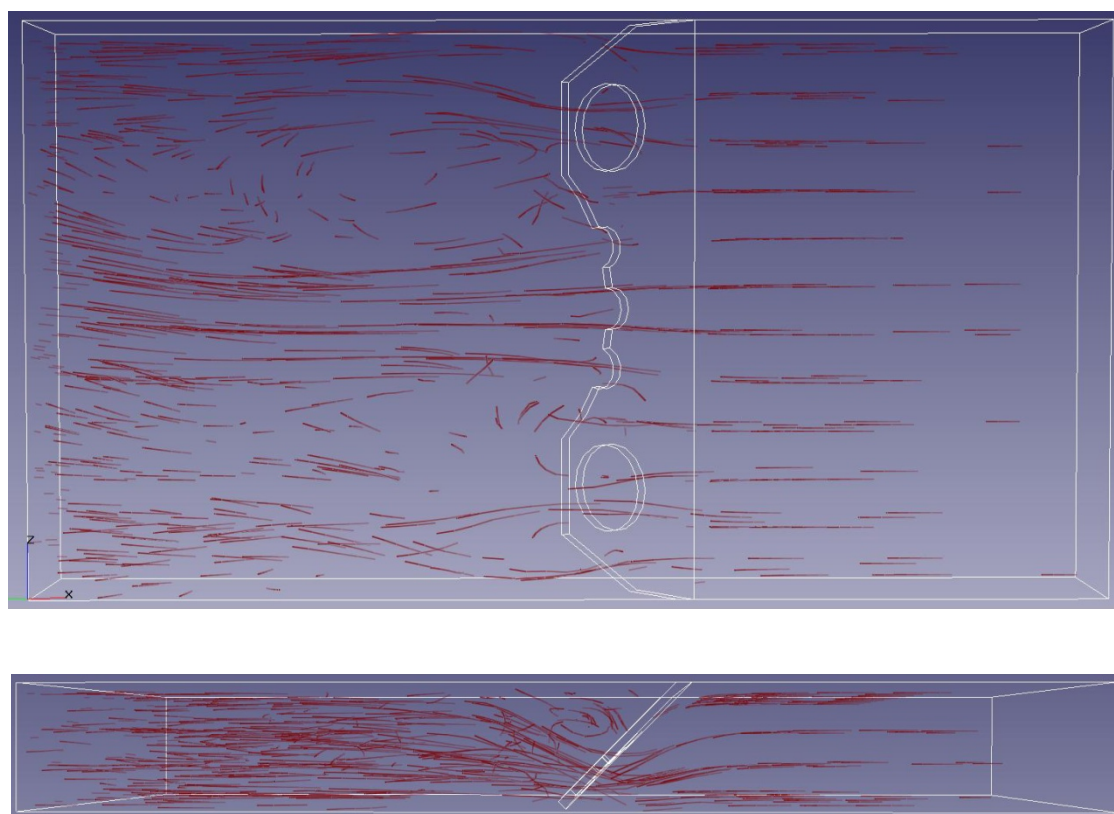


Рис.3.20.Рух частинок маси після походження ножа-скребка. Модель №4.

The drawing shows a mechanical part with the following dimensions and features:

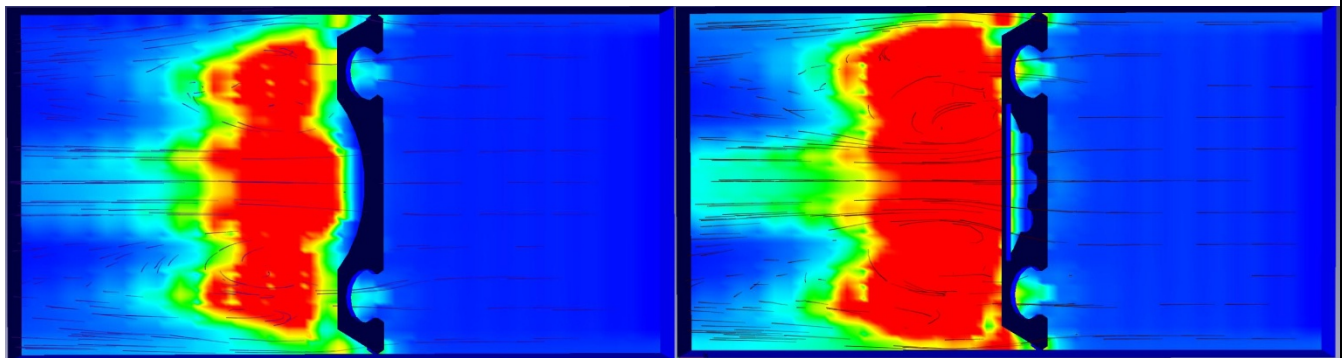
- Front View (Top):**
 - Overall width: 160
 - Overall height: 49
 - Top edge: Horizontal line with a radius of R3 at the corners.
 - Internal features: Two circular holes with a diameter of $\varnothing 25$ and a central profile with three semi-circular bumps.
 - Dimensions: 104 (distance from left edge to first hole), 28 (distance from second hole to right edge), 30 (height of the central profile), 18 (height of the first bump), 10° (angle of the first bump), and 10° (angle of the second bump).
- Top View (Bottom):**
 - Overall width: 160
 - Overall height: 29
 - Left edge: Vertical line with a radius of R3 at the top corner.
 - Internal features: Two circular holes with a diameter of $\varnothing 25$ and a central profile with three semi-circular bumps.
 - Dimensions: 130 (distance from left edge to first hole), 30 (distance from second hole to right edge), 13 (height of the central profile), and 10° (angle of the first bump).

Створимо Модель № 5 побудувавши нову форму (рис 3.21.). Проаналізуємо отримані дані після обчислень протікання процесу та порівняємо їх із даними отриманими у моделі №2 при використанні ножа-скребка існуючої форми.

3.5. Порівняння існуючої і удосконаленої форм ножа-скребка.

Для порівняння експериментальних даних використаємо графічні зображення. Як видно з *рис.3.22* в моделі з оновленою формою ножа-скребка зона турбулентного розподілу значно збільшується порівняно з існуючою. Червоному кольору на рисунку відповідає найбільше числове значення, синьому – найменше.

Проміжні значення відповідно кольоровому спектру – інші кольори.



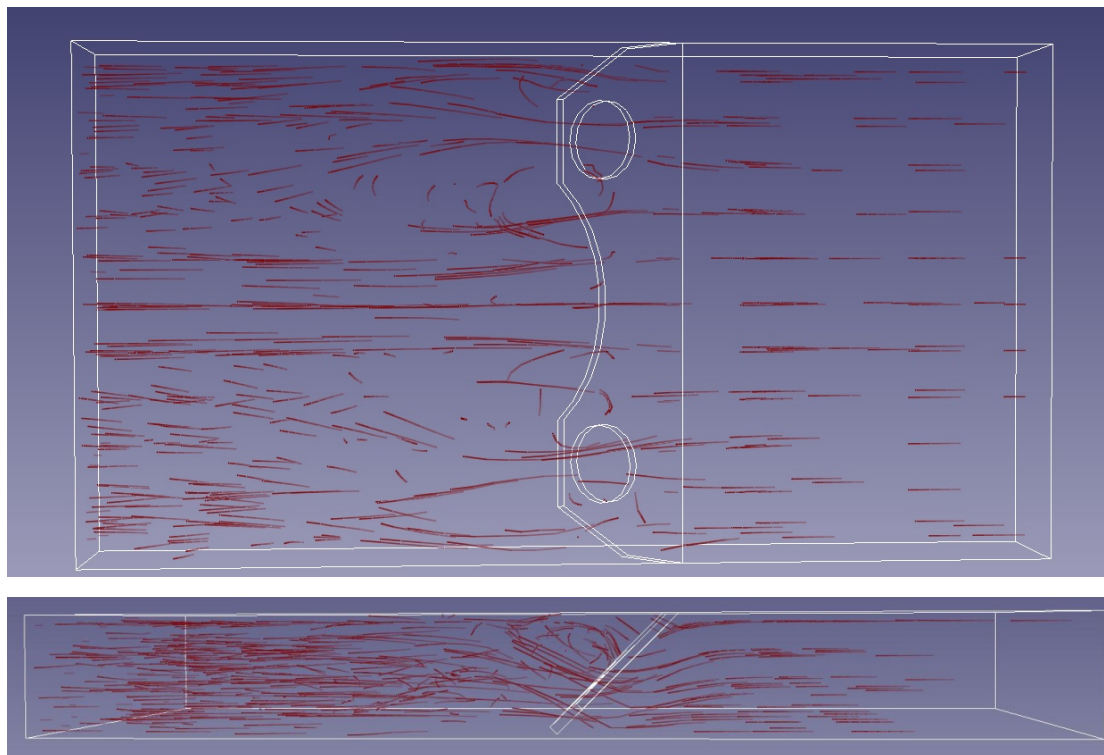
а.

б.

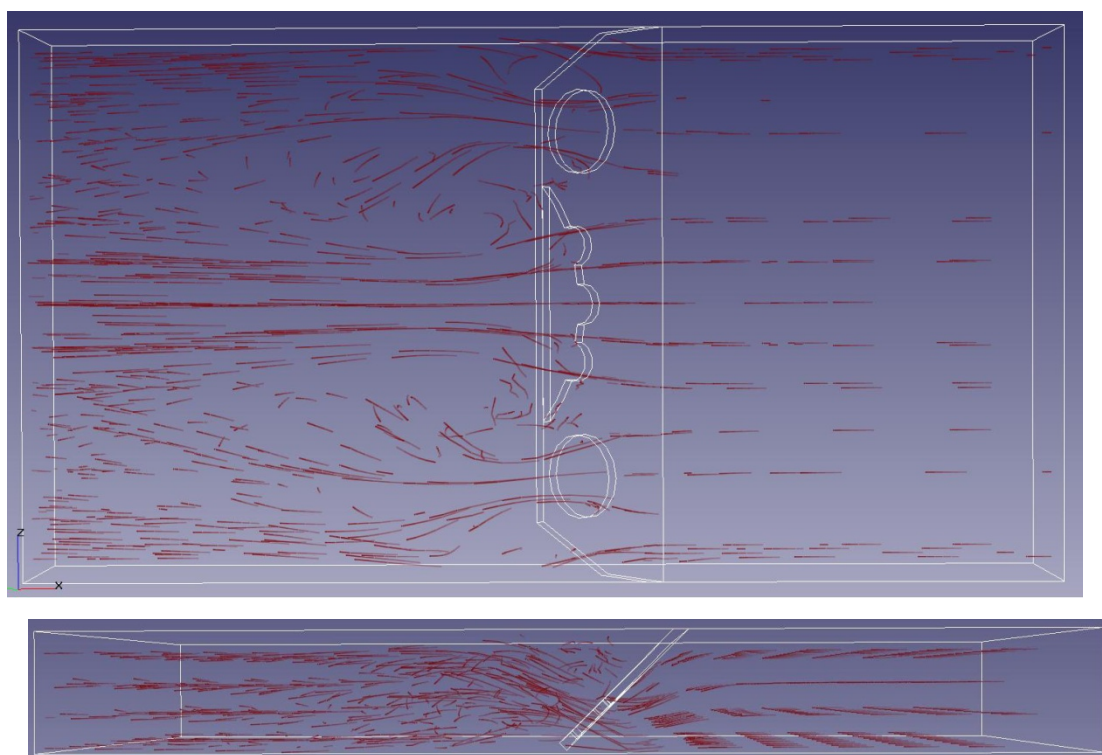


Рис.3.22. Турбулентна дисипація: а - існуючої форми ножа-скребка; б - удосконаленої форми ножа-скребка;

Програма FlowVision дозволяє спостерігати траєкторії руху в уповільненому режимі. А також це дає змогу чітко простежити та проаналізувати, як змінюється рух у залежності від форми робочого органу. Порівняння руху частинок маси після початку існуючої та вдосконаленої форми ножа-скребка зображено на *рис.3.23*. З *рис.3.23.б* видно, що після проходження оновленої форми ножа-скребка траєкторія руху частинок є більш складною, турбулентний режим поширюється на значно більший об'єм робочої камери порівняно з існуючою формою (*рис.3.23.а*)



а.

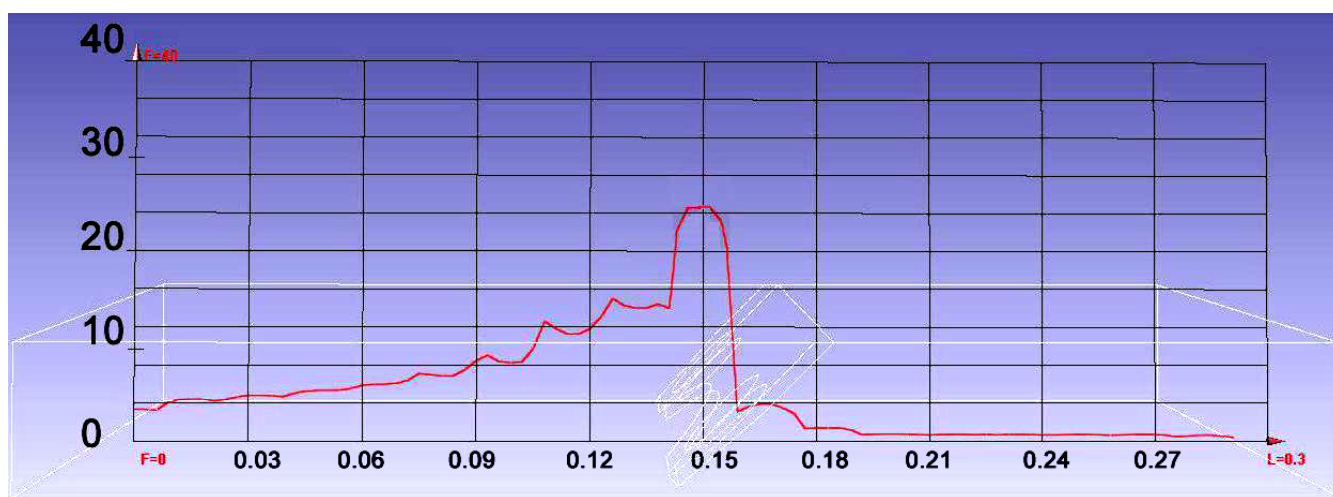


б.

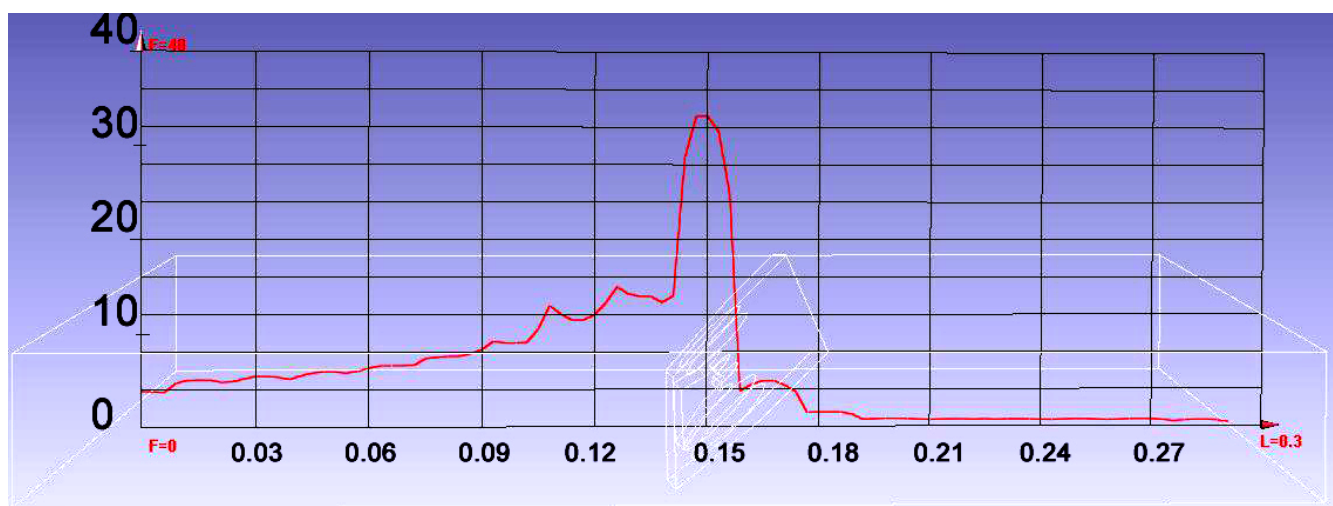
Рис.3.23 Порівняння руху частинок маси після проходження ножа-скребка: а - існуюча форма; б - удосконалена форма.

Щоб більш точно проаналізувати числові значення турбулентної дисипації спробуємо побудувати в обох моделях двомірні графіки у площині паралельній до руху маси. (рис. 3.24.)

Побудовані програмою FlowVision безпосередньо в робочій камері моделі графіки числових значень турбулентних дисипацій показують, що турбулентна дисипація (змішування) починає відбуватись на відстані 0,17м від початку координат, і безпосередньо перед площиною ножа та становить $\varepsilon=4\text{м}^2\cdot\text{с}^{-3}$. При проходженні всієї площини ножа у першому випадку (рис.3.24 а) $\varepsilon=24\text{м}^2\cdot\text{с}^{-3}$, а у другому випадку (рис.3.24 б) зростає до $\varepsilon=36\text{м}^2\cdot\text{с}^{-3}$.



а.



б.

Рис.3.24. Графіки числових значень турбулентних дисипацій:
а - існуюча форма ножа-скребка; б - Удосконалена форма ножа-скребка.

3.6. Дослідження впливу геометрії ножа-скребка на процес інтенсифікації тепломасообміну.

Ці дослідження також можна виконати за допомогою програми FlowVision використовуючи ту саму модель. Спочатку у властивостях «Вещество» потрібно встановити параметри кондитерської цукрової маси: теплопровідність, теплоємність, молекулярну в'язкість та густину, а потім у властивостях вікна «Подобласть» обвирати вікно «Изменить модель», де у вікні «Енергия» поставити галочку, це дозволить нам ввести температуру у граничних умовах стінок. Ми також додамо ще дві граничні умови – стінка гаряча, стінка холодна у вікні «Температур» вводимо значення 110 і 30 відповідно, це значення температури на цих стінках. Далі в «Постпроцесоре» створюємо новий слой «Заливка из температуры». Введемо всі необхідні параметри, а у вікні «Раскраска» задамо мінімальне і максимальне значення температури. Після того як ми збережемося можна проводити розрахунок. Дані розрахунку показані на рис.3.25 і 3.26.

3.6.1. Інтенсивність тепломасообміну із існуючою формою ножа-скребка.

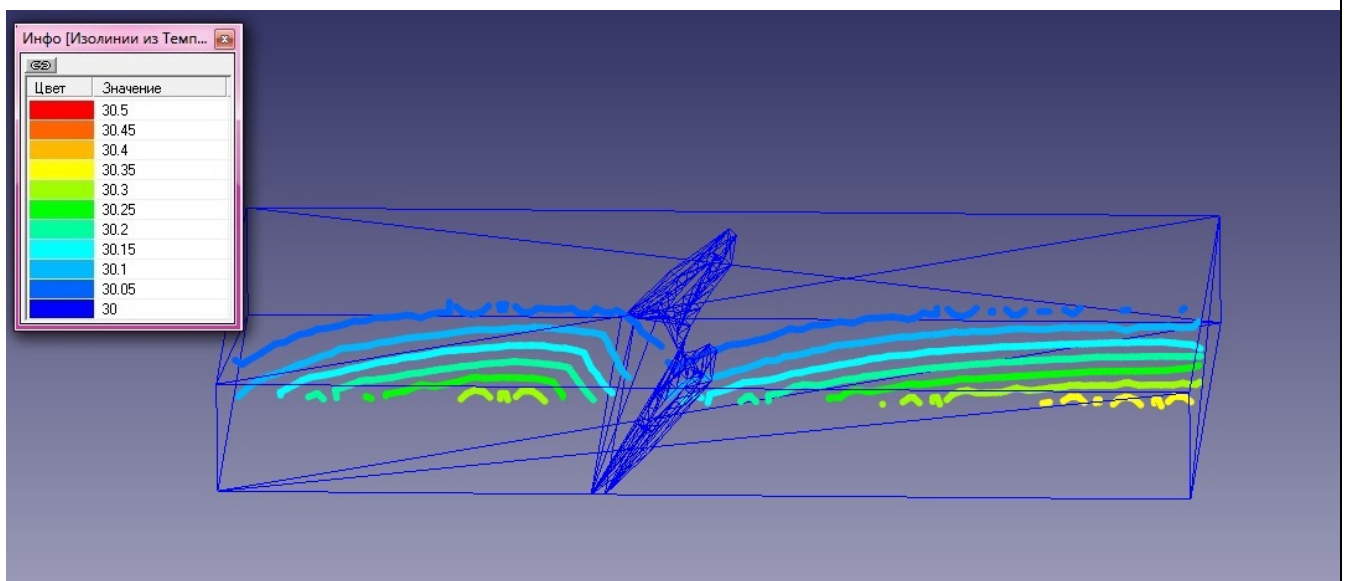


Рис.3.25. Ізолінії температури із існуючою формою ножа-скребка.

Під час першого проходження маси через ніж-скребок маса не змогла нагрітися до значень заданої максимальної температури, про що свідчать ізолінії, показані на рисунку.

Для порівняння ми обчислюємо тепломасообмін між стінкою та масою за однакових умов, але з покращеною формою ножа-скребка.

3.6.2. Інтенсивність тепломасообміну із удосконаленою формою ножа-скребка.

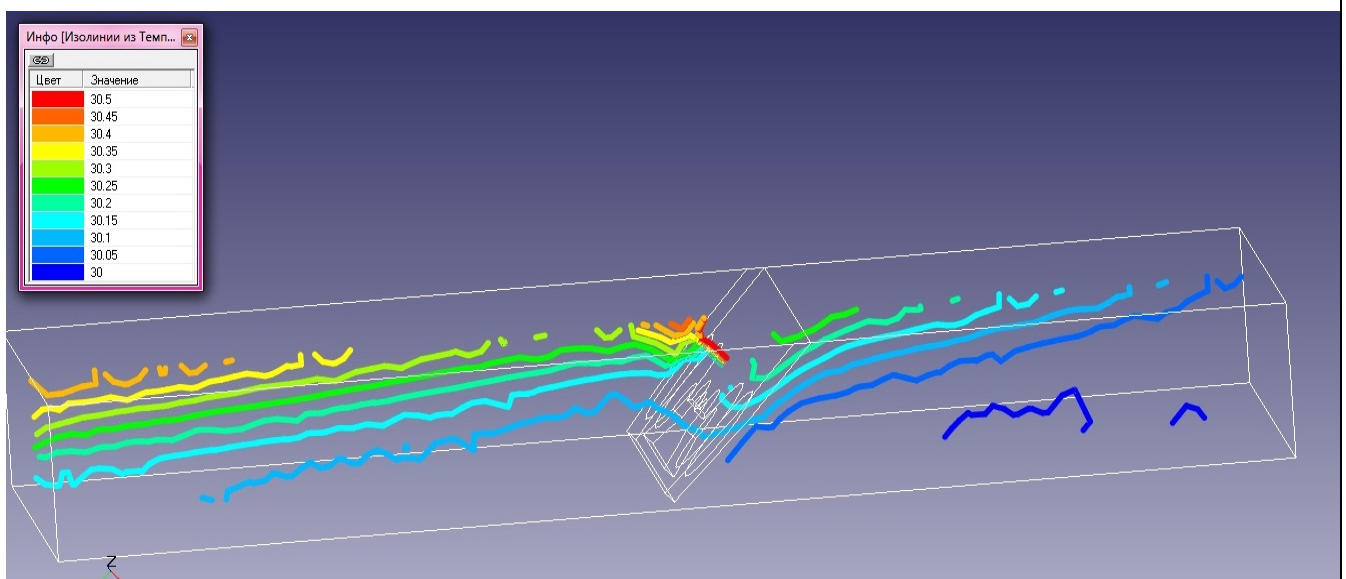


Рис.3.26. Ізолінії температури із удосконаленою формою ножа-скребка.

З рисунку видно, що під час першого проходження маси через ніж-скребок нагрівання за тих самих температур відбувається набагато швидше, ніж на попередньому рисунку, оскільки зі зміною геометрії ножа-скребка, змішування стало більш інтенсивнішим, тертя між частинками посилилося, що в свою чергу призвело до підвищення температури у середині маси за рахунок тертя, про що і свідчать ізолінії червоного кольору.

Висновки

Отже, досліджено структурно-механічні властивості молочної цукеркової маси за рецептурою «Корівка». У результаті проведених за допомогою програмного комплексу FlowVision дослідів було проаналізовано рух цукеркової маси через кільцеподібну камеру ротаційного теплообмінника; визначено інтенсивність перемішування молочної цукеркової маси в процесі її уварювання; обрано оптимальну форму ножа-скребка, що забезпечує більш інтенсивне змішування і, відповідно, покращує весь процес, збільшуючи продуктивність теплообмінника при однаковому споживанні енергії.

4. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

4.1. Технологічний розрахунок установки

Початковими параметрами для технологічних розрахунків по ірисній масі [11] є:

Густина ірисної маси $\rho=1400 \text{ кг/м}^3$;

В'язкість ірисної маси $\mu \cdot 10^5=2,48 \cdot 10^4 \text{ Па} \cdot \text{с}$;

Вміст сухих речовин в рецептурній суміші $CP_n=83\%$;

Вміст сухих речовин в увареній масі $CP_k=91\%$;

Продуктивність насоса дозатора Ж7-ШДС 630 кг/год. [3].

Робочі об'єми змішувача м^3 :

- Внутрішня ємність 0,375;
- Зовнішня ємність 0,475;

Визначення продуктивності установки

Продуктивність по увареному розчину [2]:

$$G_k = \frac{G_n \cdot CP_n}{CP_k} = \frac{G_n \cdot 83}{91} = 0,912 G_n ;$$

Початкова кількість рецептурної суміші лімітується об'ємом зовнішньої ємності змішувача $0,475 \text{ м}^3$. Знаходимо масу суміші яка знаходиться в цьому об'ємі:

$$m = V \cdot \rho = 0,475 \cdot 1400 = 665 \text{ кг};$$

Врахувавши відхилення густини при зміні температури приймаємо $m=670 \text{ кг}$. Тобто $G_n=670 \text{ кг/год}$;

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Вересоцький Ю.І	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Шапаренко А.В.	Назва, додаткова назва		222148.KP.003.04 ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В.	Розрахункова частина		Інд. змін.	Дата видання	Мова ua	Аркуш 1/37

$$G_k = 0,912 \cdot 670 = 611 \text{ кг/год};$$

Продуктивність установки регулюється дозатором, тобто продуктивність установки по ірисній масі приймаємо 610 кг/год.

Кількість випареної вологи:

$$W = G_n - G_k = 670 - 610 = 60 \text{ кг/год};$$

Розрахунок потужності для приводу робочих валів

Для інтенсифікації теплообміну в робочих камерах та запобіганню пригорання молочних мас, в камерах встановлені вали з ножами – скребками.

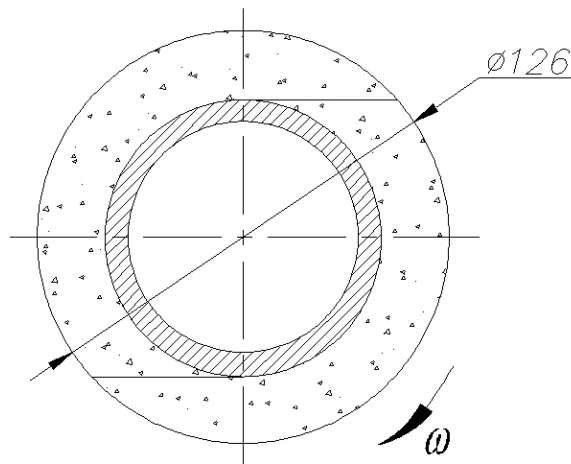


Рис. 4.1.1.

Для розрахунку потужності при встановленому режимі перемішування використовують критеріальне рівняння, загальний вид якого [2]:

$$Eu = C_0 \cdot Re^m \cdot Fr^q \cdot \psi_m;$$

$$\text{Де } Eu = \frac{N}{\rho \cdot n^3 \cdot d^5} - \text{критерій Ейлера};$$

$$Re = \frac{\omega \cdot d \cdot \rho}{\mu} - \text{критерій Рейнольдса};$$

$$Fr = \frac{n^2 d_m}{g} - \text{критерій Фруда, який характеризує дію відцентрових сил інерції};$$

C_0 – константа, яка залежить від типу мішалки ;

Дану мішалку можна розглядати як лопатну, ввівши необхідні симплекси геометричної подібності, які враховують відхилення відповідних геометричних розмірів.

Ψ_m – поправочний множник;

$$\Psi_m = \Psi_D \cdot \Psi_H \cdot \Psi_h \cdot \Psi_B \cdot \Psi_S \cdot \Psi_l \cdot \Psi_{\Pi} \cdot \Psi_{\lambda};$$

$$\text{де } \Psi_D = \left(\frac{\Gamma_D}{\Gamma_{D_0}} \right)^{K_1}; \Psi_H = \left(\frac{\Gamma_H}{\Gamma_{H_0}} \right)^{K_2}; \Psi_h = \left(\frac{\Gamma_h}{\Gamma_{h_0}} \right)^{K_3};$$

$$\Psi_b = \left(\frac{\Gamma_b}{\Gamma_{b_0}} \right)^{K_4}; \Psi_B = \left(\frac{\Gamma_B}{\Gamma_{B_0}} \right)^{K_5}; \Psi_S = \left(\frac{\Gamma_S}{\Gamma_{S_0}} \right)^{K_6};$$

$$\Psi_l = \left(\frac{\Gamma_{lt}}{\Gamma_{lt_0}} \right)^{K_7}; \Psi_{\Pi} = \left(\frac{Z_{\Pi}}{Z_{\Pi_0}} \right)^{K_8}; \Psi_{\lambda} = \left(\frac{\Gamma_{\lambda}}{\Gamma_{\lambda_0}} \right)^{K_{91}};$$

Де $\Gamma_D, \Gamma_{D_0}, \Gamma_H, \Gamma_{H_0} \dots$ - симплекси геометричної подібності відповідно розглядуваної та стандартної лопатевої мішалки.

$$\Gamma_D = D/d_m = 1; \Psi_D = (1/2)^{1,2} = 0,435;$$

$$\Gamma_H = H/d_m = 1183/150 = 7,88; \Psi_H = (7,88/3)^{0,5} = 1,62;$$

Γ_h знехтуємо, мішалка горизонтальна;

$$\Gamma_b = b/d_m = 1183/150; \Psi_b = (7,88/0,3)^{0,3} = 2,665;$$

Γ_B знехтуємо;

$$\Gamma_{lt} = lt/d_m = 12/150; \psi_1 = (0,08/0,63)^{0,7} = 0,23;$$

Де D – діаметр камери ; d_m – діаметр мішалки;

H – висота шару рідини в камері, м.;

h – Відстань мішалки від дна, м;

l_T – довжина лопаті , м;

$$\psi_m = \psi_D \cdot \psi_H \cdot \psi_h \cdot \psi_b \cdot \psi_1 = 0,435 \cdot 1,62 \cdot 2,665 \cdot 0,23 = 0,43;$$

$$Eu = 0,36 \cdot 4380^{0,67} \cdot 0,22^{0,33} \cdot 0,43 = 26,6;$$

Потужність для приводу мішалки :

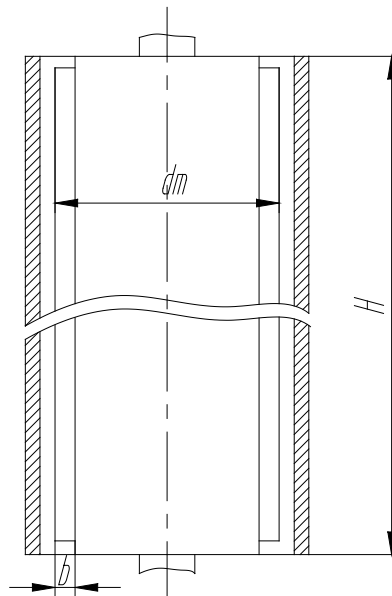


Рис.4.1.2.

$$N = Eu_m \cdot n^3 \cdot d_b^3 \cdot \rho = 26,6 \cdot 3,78^3 \cdot 0,15^5 \cdot 1400 = 152,73 \text{ Вт};$$

Враховуючи збільшення в'язкості суміші під час зупинок та пускові навантаження збільшуємо потужність в 2,5 рази.

$$N_B = A_1 \cdot N; \text{ де } A_1 = 2,5; N_B = 2,5 \cdot 153,73 = 382 \text{ Вт};$$

Приймаючи ККД приводу $\eta_{\text{пр}} = 0,85$; Потужність електродвигуна

$$N_{\text{дв}} = N_{\text{пр}} / \eta = 382 / 0,85 = 450 \text{ Вт};$$

Для приводу беремо черв'ячний моторредуктор МЧ-63 фланцевого виконання з двигуном АІР63В2 потужністю 0,55 кВт, $n = 3000$ об/хв. Частота обертання вихідного вала 224 об/хв. [7].

Тепловий розрахунок

Тепловий баланс установки

$$Q = D \cdot (I_{\text{г}} - c' \cdot \Theta) = G_H \cdot c_H \cdot (t_k - t_H) + W \cdot (I - c') + Q_{\text{конд}} + Q_n; \quad [2]$$

де D – витрата гріючої пари, кг/год;

$I, I_{\text{г}}, i_H, i_k$ – ентальпії вторинної та гріючої пари, вихідного та увареного розчинів відповідно; $I_{\text{п.к.}} = c' \cdot \Theta$ – ентальпія парового конденсату, де c' – питома теплоємність, Θ – температура конденсату, °С.

Відповідно рівняння теплового балансу має вигляд:

$$G_h \cdot i_H + D \cdot I = G_k \cdot i_k + W \cdot I + D \cdot c' \cdot \Theta + Q_{\text{конд}} + Q_n;$$

тут ентальпія вихідного розчину $i_H = c_H \cdot t_H$ (де c_H та t_H – його питома теплоємність та температура); ентальпія увареного розчину $i_k = c_k \cdot t_k$ (c_k та t_k – його питома теплоємність і температура, рівна температурі кипіння розчину в апараті).

$$t_H = 60^\circ\text{C}; c_H = 3,2 \text{ кДж} / \text{кг} \cdot \text{K};$$

$$t_k = 124^\circ\text{C}; c_k = 2,5 \text{ кДж} / \text{кг} \cdot \text{K};$$

$I_r - c' \cdot \Theta = r$ – теплота конденсації гріючої пари. Так як пара подається в камери рід тиском $0,6 \text{ МПа} = 6 \text{ атм.}$ r при даному тиску $2086,3 \text{ кДж/ кг}$; $I = 525,03 \text{ кДж/ кг}$.

c' – питома теплоємність води при температурі t_k ; $c' = 4,2 \text{ кДж/ кг} \cdot \text{K}$;

Підставляючи значення i_n , i_k та G_n , G_k в рівняння вище отримуємо :

$$G_n \cdot c_n \cdot t_n + D \cdot I_\zeta = G_n \cdot c_n \cdot t_n - W \cdot c' \cdot t_k + W \cdot I + D \cdot c' \cdot \Theta + Q_{\text{конд}} + Q_n ;$$

Витрата гріючої пари:

$$D = \frac{G_n \cdot c_n \cdot (t_k - t_n) + W \cdot (I - c' \cdot t_k) + Q_{rjyw} + Q_n}{I_\zeta - c' \cdot \Theta} ;$$

$Q_{\text{конц}}$ – теплота концентрування виражає тепловий ефект концентрування розчину. Так як при концентруванні розчину тепло може поглинатися або виділятися, то $Q_{\text{конц}}$ може входити не тільки у витратну, але і в приходжу частину теплового балансу. Теплота концентрування незначна, тоді значенням її знехтуємо.

Величину Q_n звичайно приймають у вигляді відсотка від теплового навантаження Q установки ; звичайно $Q_n = 3 - 5 \% Q$.

$$D = \frac{670 \cdot 3200 \cdot 64 + 40 \cdot (525030 - 4200 \cdot 397)}{2086300} = 43,867 \frac{\text{кг}}{\text{год}} ;$$

Кількість теплоти, яка підводиться в одиницю часу з гріючою парою, або теплове навантаження апарата:

$$Q = D \cdot (I_\zeta - c' \cdot \Theta) = G_n \cdot c_n \cdot (t_k - t_n) + W \cdot (I - c' \cdot t_k) + Q_{\text{онц}} + Q_n$$

$$Q = 91519722 \text{ Дж} = 91519,72 \text{ кДж};$$

Визначення необхідної поверхні нагріву теплообмінника

Основне рівняння теплопередачі:

$$F = \frac{Q}{k \cdot \Delta t_{cp}};$$

де Q – теплове навантаження теплообмінника, Вт;

k – коефіцієнт теплопередачі, Вт/ (м²·К);

Δt_{cp} – середня різниця температур теплоносіїв, К.

При теплопередачі через гладку циліндричну стінку можна використати рівність:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}};$$

де α_1, α_2 – коефіцієнти теплопередачі відповідно для гарячого та холодного теплоносія, Вт/ (м²·К);

Площу у даному випадку визначають по середньому діаметру:

$$d_{cp} = \frac{d_n + d_e}{2};$$

Вплив забруднення враховують вводячи коеф. використання поверхні теплообміну φ . Тоді дійсний коефіцієнт теплопередачі:

$$K_d = \varphi \cdot K, (\varphi = 0,7 - 0,8);$$

У даному випадку теплоносій рухається у кільцевому каналі теплообмінника (труба в трубі *рис.6.3.*) коефіцієнт тепловіддачі визначають з рівняння:

$$Nu = 0,023 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,4} \cdot \left(\frac{D_e}{d_n}\right)^{0,45};$$

де D_e – внутрішній діаметр зовнішньої труби;

d_n – зовнішній діаметр внутрішньої труби;

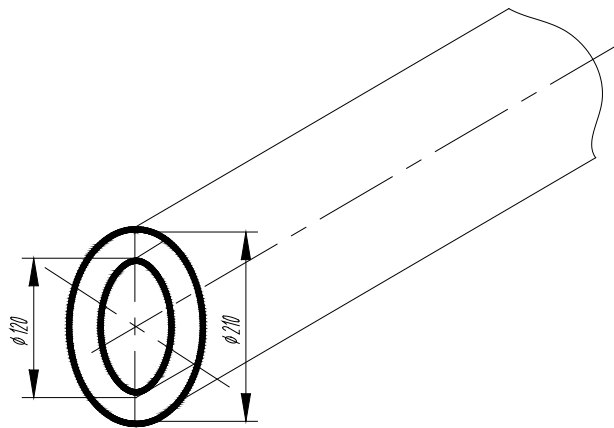


Рис. 4.1.3.

Основними критеріями подібності , які входять до критеріального рівняння для визначення числа Нуссельта є:

Критерій Рейнольда:

$$Re = \frac{\omega \cdot d \cdot \rho}{\mu};$$

який характеризує гідродинамічний режим руху теплоносія;

Критерій Прандтля :

$$Pr = \frac{\nu}{a};$$

який характеризує фізичні властивості теплоносія;

ω – швидкість руху теплоносія, м/с;

ρ – густина теплоносія, кг/м³;

Ірисна маса 1400 , гріюча пара 959,67 – для плівки конденсату , т.к. тепловіддача плівкова [11]:

μ – коефіцієнт динамічної в'язкості , Па· с:

Ірисна маса 0,026 , гріюча пара 291,13·10⁻⁶ ;

c – питома теплоємність , Дж/(кг· К):

Ірисна маса 3200, гріюча пара 4220,41;

λ – коефіцієнт теплопровідності Вт/(м· К):

Ірисна маса $52,76 \cdot 10^{-2}$, гріюча пара $68,23 \cdot 10^{-2}$;

Проведемо розрахунки для зварюваної суміші:

Маса рухається у двох взаємно перпендикулярних площинах – в осьовому та коловому напрямках;

Швидкість в осьовому напрямку можна знайти виходячи з продуктивності:

$$Q = 3600 \cdot F \cdot \rho \cdot V;$$

де Q – продуктивність по ірисній масі 610 кг/год.;

F – Площа каналу камери, м²:

$$F = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,15^2}{4} = 0,0176 \text{ м}^2;$$

де d – внутрішній діаметр внутрішньої труби, м;

ρ – густина маси, кг/ м³;

V – швидкість руху маси в осьовому напрямку, м/с;

Звідки швидкість:

$$V = \frac{Q}{3600 \cdot F \cdot \rho} = \frac{610}{3600 \cdot 0,0176 \cdot 1400} = 0,007 \text{ м/с};$$

Частота обертання робочих валів 224 об/хв. Тоді Re для обертального руху:

$$Re_1 = \frac{n \cdot d_m^2 \cdot \rho}{\mu} = \frac{3,78 \cdot 0,15^2 \cdot 1400}{0,026} = 4580;$$

Критерій Re при обертальному русі значно більший ніж у поступальному, тому обертальний рух є визначальним.

$$Pr_1 = \frac{3200 \cdot 0,026}{52,76 \cdot 10^{-2}} = 158;$$

$$Nu_1 = 0,023 \cdot 4580^{0,8} \cdot 158^{0,4} \cdot \left(\frac{210}{160}\right)^{0,45} = 167;$$

$$\alpha_1 = \frac{Nu_1 \cdot \lambda_1}{d} = \frac{167 \cdot 52,76 \cdot 10^{-2}}{0,15} = 587,39 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К});$$

Проведемо розрахунки по гріючій парі:

$$Re_2 = \frac{30 \cdot 0,21 \cdot 959,67}{291,13 \cdot 10^{-6}} = 20767083;$$

$$Pr_2 = \frac{4220,41 \cdot 291,13 \cdot 10^{-6}}{68,23 \cdot 10^{-2}} = 1,8;$$

$$Nu = 0,023 \cdot 20767083^{0,8} \cdot 1,8^{0,4} \cdot \left(\frac{210}{160}\right)^{0,45} = 23490;$$

$$\alpha_2 = \frac{23490 \cdot 68,23 \cdot 10^{-2}}{0,21} = 76320 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К});$$

Розраховуємо коефіцієнт теплопередачі:

δ – товщина стінки 0,004 м;

$\lambda_{\text{ст.}}$ – коефіцієнт теплопровідності для міді 384 Вт/(м· К);

$$k = \frac{1}{\frac{1}{587,39} + \frac{0,004}{384} + \frac{1}{76320}} = 580 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К});$$

Знаходимо середню різницю при протитечійній схемі руху теплоносіїв:

222148.KP.003.004 ПЗ	Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш
----------------------	---------------	-----------------	------------	-------

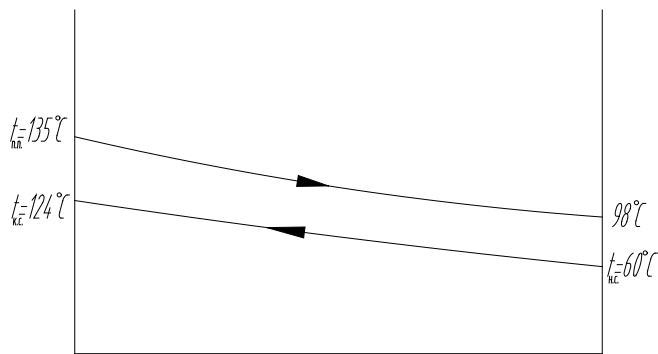


Рис.4.1.4

$$\Delta t_{\delta} = 98 - 60 = 38^{\circ}\text{C};$$

$$\Delta t_{\text{м}} = 135 - 124 = 11^{\circ}\text{C};$$

$$\Delta t = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{\text{м}}}{\ln \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{\text{м}}}} = \frac{38 - 11}{\ln \frac{38}{11}} = 21,77^{\circ}\text{C};$$

Площа необхідна для нагрівання :

$$F = \frac{9151,9720}{21,77 \cdot 555} = 0,75 \text{ м}^2;$$

Знайдемо довжину робочої камери при $d = 0,21 \text{ м}$:

$$F = \pi \cdot d \cdot l; \quad l = \frac{F}{\pi \cdot d} = \frac{0,75}{0,21 \cdot 3,14} = 1,13 \text{ м};$$

Гідравлічний розрахунок

Він виконується для визначення потужності для приводу насосів та для встановлення оптимального режиму роботи апарата.[1].

Потужність необхідна для переміщення суміші через установку визначають по формулі.

$$N = \frac{V \cdot \Delta P}{\eta};$$

де V – об’ємна витрата суміші, м³/с.;

ΔP – перепад тиску в установці, Па;

η – ККД насоса – дозатора;

Гідравлічний опір установки складається з втрат тиску на подолання опору тертя та подолання місцевих опорів $\Delta P_{\text{м.с.}}$.

$$\Delta P = \Delta P_{\text{тр}} + \Delta P_{\text{м.с.}} = \left(\lambda \cdot \frac{l}{d} + \sum \xi \right) \cdot \frac{\omega^2 \cdot \rho}{2};$$

де λ – коефіцієнт опору тертя ;

l – довжина труб, м;

d – діаметр труб, м;

ξ – коефіцієнт місцевого опору;

ω – швидкість руху суміші, м/с;

ρ – густина суміші, кг/м³;

Критерій Re визначений раніше ($Re = 56$), якщо $Re < 2320$, то режим руху є ламінарним , коефіцієнт опору визначаємо за формулою :

$$\lambda = \frac{64}{Re} = \frac{64}{56} = 1,14;$$

$$\sum \xi = 3 \cdot \xi_1 + 11 \cdot \xi_2 + 5 \cdot \xi_3 + 4 \cdot \xi_4 + 2 \cdot \xi_5;$$

де $\xi_1 = 0,5$ – вихід під кутом 90° ;

$\xi_2 = 1,1$ – різкий поворот під 90° ;

$\xi_3 = 0,76$ – плавний поворот на 90° ;

$\xi_4 = 1,0$ – вихід в камеру ротаційного теплообмінника;

$\xi_5 = 1,0$ – вихід в збірник та на тарілку паровідділювача;

$$\sum \xi = 3 \cdot 0,5 + 11 \cdot 1,1 + 5 \cdot 0,76 + 4 \cdot 1,0 + 2 \cdot 1,0 = 23,4; [4]$$

Перепад тиску в установці:

$$\Delta P = \left(1,14 \cdot \frac{15}{0,048} + 23,4 \right) \cdot \frac{0,007^2 \cdot 1400}{2} = 1300 \text{ Па};$$

Об'ємна витрата суміші:

$$V = \frac{G_k}{\rho \cdot 3600} = \frac{610}{1400 \cdot 3600} = 0,00012 \text{ м}^3 / \text{с};$$

Потужність двигуна:

$$N = \frac{0,00012 \cdot 1300}{0,8} = 1700 \text{ кВт};$$

η – ККД черв'ячного редуктора 0,8; [5]

Вибираємо насос – дозатор марки Ж7–ЩДС , $H = 4 \cdot 10^5$ Па, $N = 0,75$ кВт.[3]

Розрахунки виходячи з умов безпечної експлуатації.

Розрахунок робочого вала на міцність.

Потужність та крутний момент на робочих валах .

$$N_3 = 0,55 \text{ кВт. } T=19 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Так як вал є довгим то на нього впливає сила тяжіння. Тому при розрахунках необхідно її врахувати.

$G_B=mg$; де m - маса вала ; $m=V\rho$; Вал полий тому його об'єм можна розрахувати як його розгортку :

$$V=\pi \cdot D \cdot l \cdot \delta=3,14 \cdot 0,126 \cdot 1,5 \cdot 0,008=0,00475 \text{ м}^3.$$

Де D - діаметр вала , l - довжина, δ - товщина стінки, ρ -густина матеріалу вала (сталь 7800 кг/м).

$$m = 0,00475 \cdot 7800=37 \text{ кг.}$$

Приймаємо масу вала з урахуванням цапф 40 кг. Звідки вага вала :

$$G_B=40 \cdot 9,81=395 \text{ Н.}$$

Визначаємо реакції опор в вертикальній площині:

$$\Sigma M_A^B = 0 \quad - G_B \cdot 425 + R_B^B \cdot 1050 = 0;$$

$$R_B^B = \frac{G_B \cdot 425}{1050} = \frac{395 \cdot 425}{1050} = 160 \text{ Н};$$

$$\Sigma M_B^B = 0 - R_A^B \cdot 1050 + G_B \cdot 625 = 0$$

$$R_A^B = -\frac{G_B \cdot 625}{1050} = -\frac{395 \cdot 625}{1050} = 235 \text{ Н};$$

$$\Sigma X = R_A^B - G_B + R_B^B = 0;$$

Будуємо епюру крутних моментів (рис.6.6): $T = 19 \text{ Н}\cdot\text{м}$. Характер епюри такий, що момент поступово знімається (в середині вала він має половинне значення).

Згинальні моменти в горизонтальній площині відсутні. Будуємо епюру згинальних моментів (мал. 6.6.)в вертикальній площині по отриманих значеннях .

$$M_1^6 = R_A^6 \cdot 0,75 = 250 \cdot 0,75 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Розраховуємо еквівалентні моменти:

$$M_{екв} = \sqrt{M_{сум}^2 + (\alpha T)^2}, \text{ Н} \cdot \text{м} \text{ де } \alpha = 1$$

$$M_{екв} = \sqrt{100^2 + (9)^2} = 100 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Будуємо епюру еквівалентних моментів

Розраховуємо діаметр вала в перерізах:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{M_{екв}}{0,1[\sigma_{зг}]}}$$

де: $[\sigma_{зг}]$ - допустимі напруження згину;

$$[\sigma_{зг}] = \frac{\sigma_{-1}}{[n] \cdot K_\sigma}$$

де: $[n] = 2,2$ - коефіцієнт запасу $[n] = 1,2 - 2,0$;

$K_\sigma = 2,3$ - коефіцієнт концентрації напружень $K_\sigma = 1,6 - 2,5$

Тоді:

$$[\sigma_{зг}] = \frac{270}{2,2 \cdot 2,3} = 53,36 \text{ МПа}$$

Тоді діаметр вала при максимальному значенні приведенного моменту:

$$d_{\max} = \sqrt[3]{\frac{100 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 53,36}} = 26,52 \text{ мм};$$

Так як вал пустотілий знаходимо мінімальну товщину стінки вала. Для кільця момент опору згину:

$$W = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot S}{4};$$

Товщина стінки вала, якщо задатись $D = 126 \text{ мм}$;

$$S = \frac{4 \cdot M_{\max}}{D^2 \cdot \pi \cdot [\sigma]} = \frac{4 \cdot 100}{126^2 \cdot 3,14 \cdot 53,36} = 0,2 \text{ мм};$$

Розрахунок вала на витривалість.

1. Матеріал валу—сталь 45, нормалізована з характеристикою [5]:

$\sigma_B = 610 \text{ МПа}$ - тимчасовий опір розриву;

$\sigma_{-1} = 270 \text{ МПа}$ - границя витривалості при симетричному циклі напруг згину;

$t_1 = 150 \text{ МПа}$ – границя витривалості при симетричному циклі напруг кручення;

$\psi_\sigma = 0,1$; $\psi_t = 0,05$ - коефіцієнти чуттєвості матеріалу до асиметрії циклу напруг, відповідно при згині і крученні.

Сумарні згинальні моменти в запропонованих небезпечному перерізі : I-I; $M_{\text{сум}}^{I-I} = 100 \cdot 10^3 \text{ мм}$; Крутний момент, який передається валом, $T = 19 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{мм}$. Вал працює в нереверсивному режимі. Допустимий запас витривалості $[n] = 1,8$ [5]

2. Перевіряємо запас міцності по границі витривалості в перерізі I-I

2.1. Визначаємо ефективні коефіцієнти концентрації напруг при згині і крученні валу, які викликані шліцьовою ділянкою [5]:

$$K_{\sigma} = 1,5 \quad \varepsilon_{\sigma} = 0.85$$

$$K_{\tau} = 2,35 \quad \varepsilon_{\tau} = 0.75$$

$$\text{При } R_a = 2,5 \quad K_{\sigma}^n = K_{\tau}^n = 1.0775 [5]$$

Ефективні коефіцієнти концентрації напруг для даного перерізу валу при відсутності технологічного зміщення:

$$K_{\sigma D} = \frac{K_{\sigma} + K_{\sigma}^n - 1}{\varepsilon_{\sigma}} = \frac{1,5 + 1,0775 - 1}{0.85} = 1,855;$$

$$K_{\tau D} = \frac{K_{\tau} + K_{\tau}^n - 1}{\varepsilon_{\tau}} = \frac{2,35 + 1,0775 - 1}{0,75} = 3,23;$$

Приймаємо отримані значення

2.2. Визначаємо запас міцності для нормальних напружень:

$$n_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{K_{\sigma D} \cdot \sigma_a + \psi_{\sigma} \cdot \sigma_m}$$

де: σ_a - амплітуда номінальних напруг згину

$$\sigma_a = \frac{M_{\text{сум}}^{I-I}}{W_0} = \frac{100 \cdot 10^3}{3340} = 29,9 \text{ МПа}$$

де: W_0 - осьовий момент опору для вала з прямобічними шліцями; при $z \times d \times D = 8 \times 32 \times 36 \quad W_0 = 3340 \text{ мм}^3 [5]$:

Тоді :

$$n_{\delta} = \frac{270}{1,855 \cdot 29,9} = 4,86;$$

2.3. Знаходимо запас міцності для дотичних напруг. Попередньо визначаємо полярний момент опору [5] при $W_p \approx 2 \cdot W_0$; $W_p = 2 \cdot 3340 = 6680 \text{ мм}^3$; напруження кручення:

$$\tau = \frac{T}{W_p} = \frac{19 \cdot 10^3}{6680} = 2,84 \text{ МПа};$$

2.4. Амплітуда і середнє значення номінальних напруг кручення

$$\tau_a = \tau_m = \frac{\tau}{2} = \frac{2,84}{2} = 1,42 \text{ МПа}$$

2.5. Запас міцності для дотичних напруг

$$n_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{K_{\tau D} \cdot \tau_a + \psi_{\tau} \cdot \tau_m} = \frac{150}{3,23 \cdot 1,42 + 0,05 \cdot 1,42} = 32,2;$$

2.6. Загальний запас міцності в перерізі I-I

$$n = \frac{n_{\sigma} \cdot n_{\tau}}{\sqrt{n_{\sigma}^2 + n_{\tau}^2}} = \frac{4,86 \cdot 32,2}{\sqrt{4,86^2 + 32,2^2}} = 4,82 > [n] = 1,8;$$

Перевірка міцності шліцьового з'єднання.

Крутний момент на валу двигуна:

$$T = N/\omega = N / \left(\frac{\pi \cdot n}{30} \right) = 550 / \frac{3,14 \cdot 3000}{30} = 2 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Крутний момент на валу редуктора:

$$T_1 = T \cdot \eta \cdot U = 2 \cdot 0,98 \cdot 8,5 = 19 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Зовнішній діаметр вала $D = 36$ мм, довжина шліців $l = 70$ мм. Матеріал вала – сталь 45. Шліци без термообробки. Центрування по внутрішньому діаметру вала d . Умови експлуатації середні.

Вибираємо по стандарту шліцьове прямо бічне з'єднання легкої серії з числом зубів $z = 8$; $D = 36$ мм; $d = 32$ мм; $b = 6$ мм; $f = 0,3$ мм; $r = 0,2$ мм.[6]

Визначаємо напруження зминання :

$$h = \frac{D-d}{2} - 2 \cdot f = \frac{36-32}{2} - 2 \cdot 0,4 = 1,2 \text{ мм};$$

$$d_{cp} = \frac{D+d}{2} = \frac{36+32}{2} = 34 \text{ мм};$$

$$\sigma_{cm} = \frac{2 \cdot T}{0,75 \cdot d_{cp} \cdot z \cdot h \cdot l} = \frac{2 \cdot 19000}{0,75 \cdot 34 \cdot 8 \cdot 1,2 \cdot 70} = 2,2 \text{ МПа};$$

Визначаємо допустимі напруження зминання бічних граней зубів (шліців) для рухомого з'єднання при середніх умовах експлуатації [6] для вала без термообробки $[\sigma_{cm}] = 50$ МПа;

Отже шліци працездатні $\sigma_{cm} = 2,2 \text{ МПа} < [\sigma_{cm}] = 50 \text{ МПа}$.

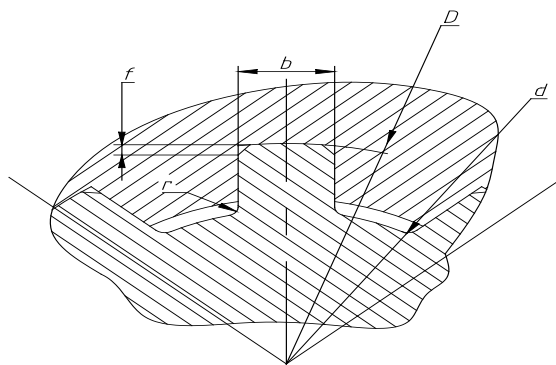


Рис.4.1.5. Шліцьове з'єднання

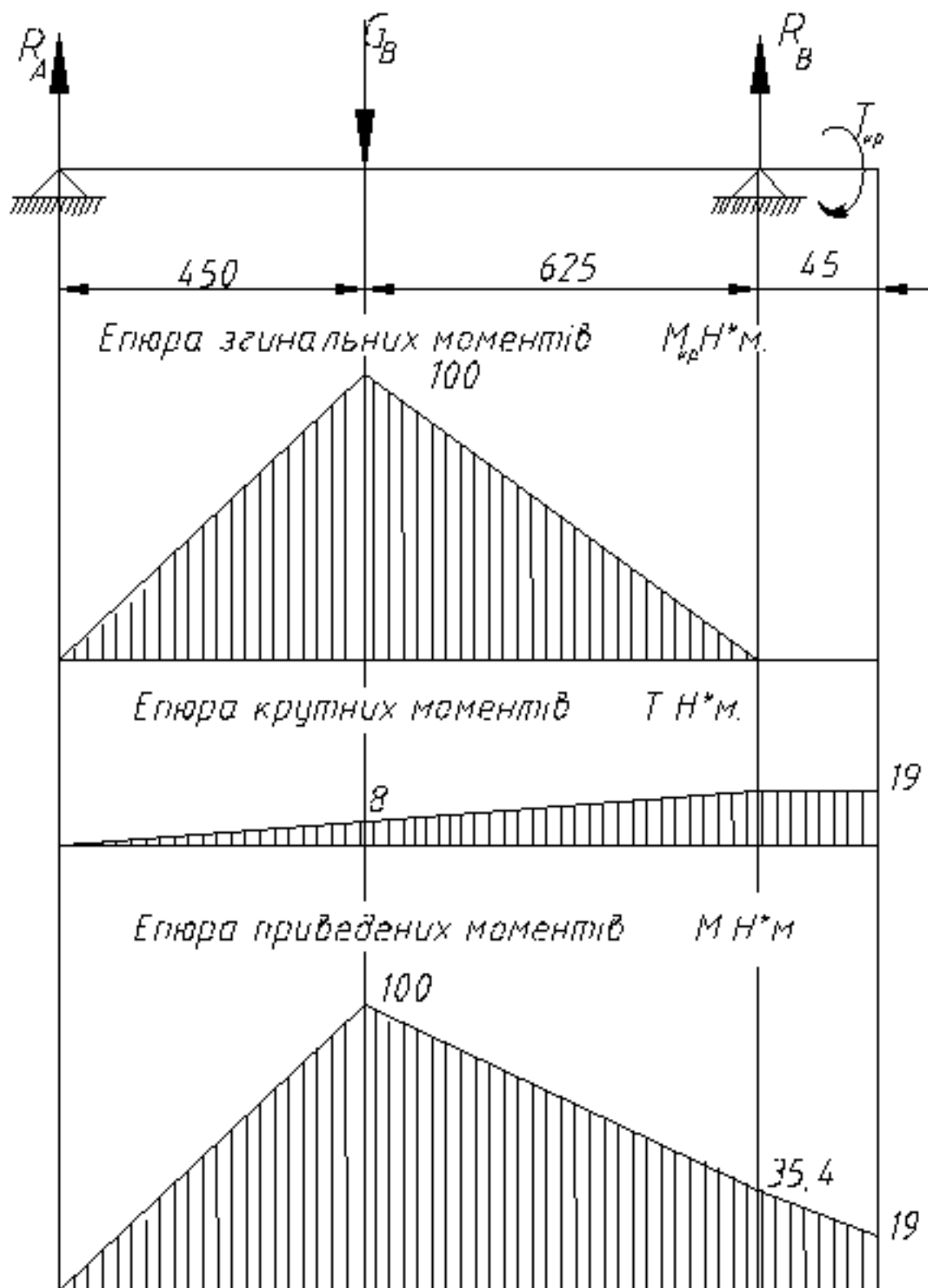


Рис.4.1.6. Еп'юри моментів.

Показник	Абсолютне значення		Відносне значення показників.
	До модернізації	Після модернізації	
Продуктивність, кг/год.	610	610	1
Маса, кг	2580	2200	1,17
Потужність двигунів, кВт	8,14	5,94	1,37
Займана площа, м ²	11,9	9,9	1,2

Коефіцієнт автоматизації	0,75	0,95	1,26
--------------------------	------	------	------

Розрахунок коефіцієнта технічного рівня.

Показники технічного рівня

Таблиця 4.1.1

Коефіцієнт технічного рівня при незмінному значенні продуктивності,

$$\text{визначається так : } K_{Ty} = \frac{1}{n} \sum q_i;$$

де n – кількість показників, q_i – відносне значення показників, відповідно до та після модернізації.

$$q_i = \frac{P_i}{P_{ia}} ;$$

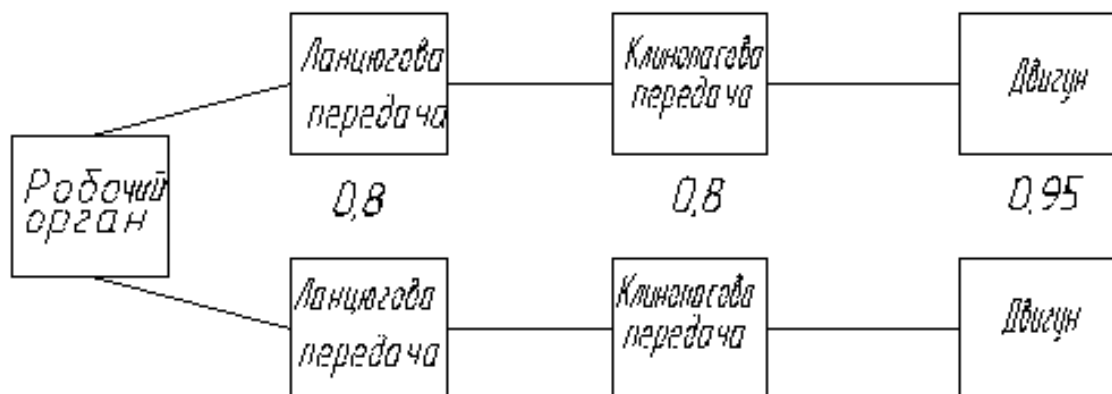
де P_i та P_{ia} - абсолютне значення відповідних показників до та після модернізації.

$$K_{Ty} = \frac{1 + 1,17 + 1,37 + 1,2 + 1,05 + 1,26}{6} = 1,17;$$

Розрахований коефіцієнт технічного рівня $1,17 > 1$, а це значить що модернізація є ефективною і доцільна до впровадження на виробництві

Розрахунок надійності приводу теплообмінника

До модернізації



Після модернізації

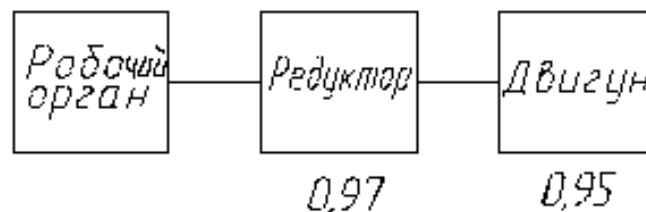


Рис.4.1.7.Порівняння надійності приводу до та після модернізації

Коефіцієнт надійності приводу теплообмінника до модернізації :

$$P = (0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,95)^2 = 0,369;$$

Коефіцієнт надійності теплообмінника після модернізації :

$$P = 0,97 \cdot 0,95 = 0,92;$$

Отже запропонована конструкція приводу ротаційного теплообмінника має набагато більший рівень надійності, як наслідок значно підвищився рівень надійності всієї установки. Застосування безпосереднього незалежного приводу не спричиняє виходу з ладу усього обладнання, а лише окремого вузла. Також застосування такого приводу дозволяє виконувати вузловий ремонт.

4.2. Підбір конструкційних матеріалів

При модернізації установки конструкція вузла приводу робочих валів змінюється, тому працездатність валів залежатиме від правильного вибору матеріалів для деталей цього вузла.

Вузол включає в себе: пустотілий проміжний вал, робочий вал, шпонку і корпусні деталі: корпус підшипників, кришки, гніздо. Враховуючи це, при виборі матеріалів обов'язково необхідно знати під впливом якого виду зношення знаходиться дана деталь.

Виготовляємо робочий вал із нормалізованої сталі 45 $\sigma_b = 610$ МПа, $\sigma_{-1} = 270$ МПа, $\tau_1 = 150$ МПа. Шліцевим без термообробки виконаний кінець робочого вала. Шпонка виконується із суцільнотягнутої сталі Ст. 6, матеріал шпонки має бути менш міцним за вал.

Корпусною деталлю є гніздо та має досить складну конфігурацію, тому виготовляється воно литтям з чавуну СЧ15. Для здешевлення конструкції кришка теж виготовляються з чавуну СЧ15.

Ножі-скребки кріпляться на лисках робочого вала. Ножі контактують із продуктом знаходячись під впливом абразивного і корозійного зношення. Тому ці ножі-скребки раціонально виготовляти із Сталі 40Х13 за ГОСТ 5632 – 72.

Для покращення процесу теплообміну камеру нагріву виготовляють з міді М2.

Раму обладнання виготовляють з квадратного профілю із конструкційної сталі Ст3 звичайної якості за ГОСТ 8278 – 75.

Виготовляють щитові частини із холоднокатаного листа Ст3.

Підшипник ковзання, що змащується кондитерською масою знаходяться під впливом абразивного і корозійного зношення тому його доцільно виготовляти із монолітних матеріалів: чавун СЧ15 і бронза Бр.ОЦС5 – 5 – 5.

Всі труби, що з'єднують обладнання установки, я підбираю із легованої сталі 08Х17Т, ємності і приймальні конуси збірника і паровіддільника виконую із листового матеріалу 08Х17Т.

4.4. Технологія машинобудування

Вступ

Технологічний процес складання має свої особливості, які залежать від конструкції машини чи вузла. Незважаючи на розмаїття обладнання харчової промисловості, основні напрями технології його складання можна узагальнити для всіх складальних цехів і дільниць заводів харчового машинобудування.

Технологічний процес складання полягає у з'єднанні в певній послідовності деталей у складальні одиниці, а складальних одиниць та окремих деталей – у механізми (агрегати) і в цілому – в машини.

Деталь – це первинний елемент виробу, виконаний з однорідного матеріалу без застосування складальних операцій, але з використанням, за потреби, захисних чи декоративних покриттів.

Складальна одиниця (вузол) – елемент виробу, що складається з двох і більше складових частин (деталей), з'єднаних між собою складальними операціями на підприємстві-виготовлювачі.

4.4.1. Розроблення технологічного процесу складання пневмоциліндра.

Привід валу шибера подачі пари до парової камери для уварювання кондитерської маси здійснюється за допомогою пневмоциліндра. До його передніх та задніх кришок від повітророзподільного крана підходять шланги, які закінчуються штуцерами. По одному з них надходить стиснене повітря, а по другому – повітря випускається в атмосферу. Під дією стисненого повітря поршень зі штоком переміщується. Для запобігання витoku стисненого повітря передбачені гумові прокладки і манжети 7 та 16. Нерухомість всіх деталей забезпечується їх з'єднанням болтами 15, шпильками 10 і гайками 11.

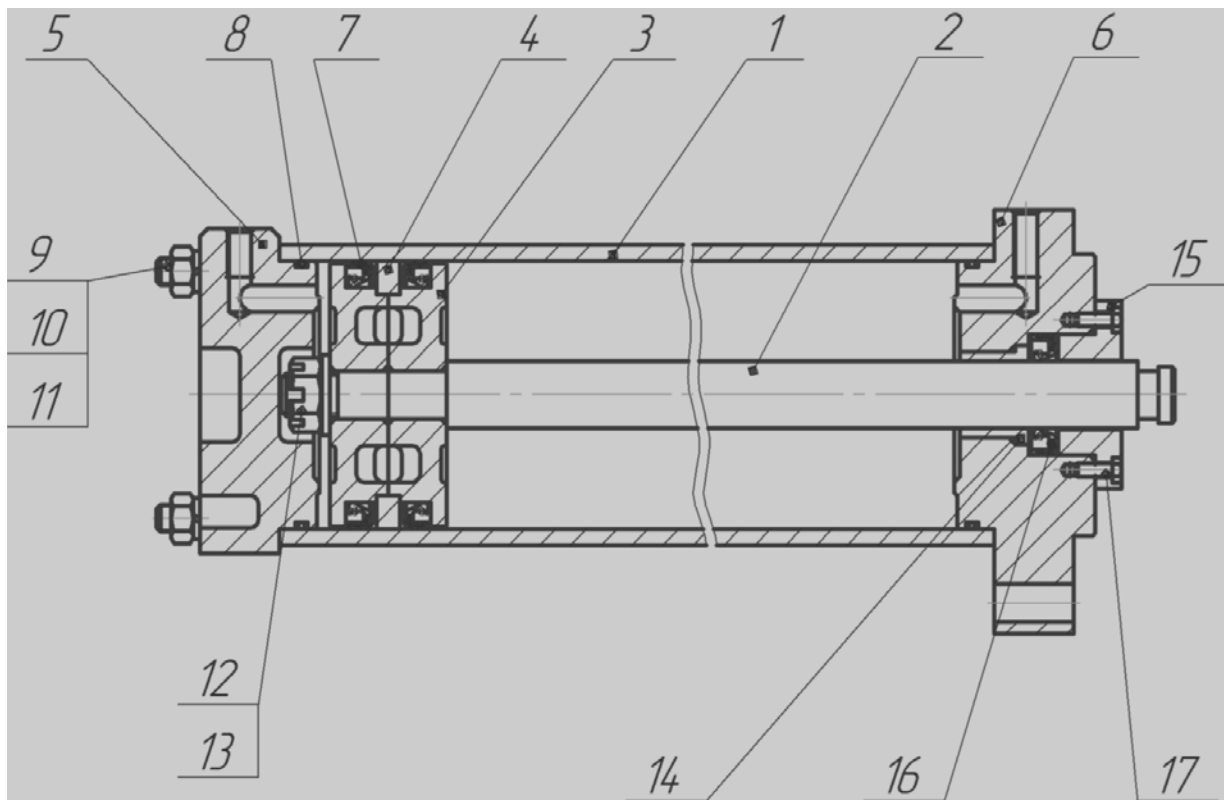


Рис. 4.4.1. Пневмоциліндр зіштовхувача

Таблиця 4.4.1. Подетальний склад пневмоциліндра

Номер позиції деталі	Назва деталі	Кількість деталей	Номер позиції деталі	Назва деталі	Кількість деталей
1	Корпус	1	10	Гайка М10×1,5	4
2	Шток	1	11	Шайба 10	4
3	Поршень	1	12	Гайка М16×1,5	1

4	Втулка	1	13	Шайба 16	1
5	Задня кришка	1	14	Втулка	1
6	Передня кришка	1	15	Кришка ущільююча	1
7	Манжета 1.1-80x105-1	2	16	Манжета 1.1-25x42-1	1
8	Кільце	2	17	Болт М5×14	4
9	Шпилька М10×42	8			

З аналізу конструкції пневмоциліндра (рис.4.4.1) необхідно виділити складальні одиниці 1-го порядку, а саме: Ск.1 – корпус, Ск.2 – поршень, Ск.3 – кришка передня, Ск.4 – кришка задня, а також окремі стандартні деталі – кільце8, шайби 11 і гайки 10.

Схема складання пневмоциліндра представлена діаграмою на рис.4.4.2.

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. У прямокутниках розміщені найменування деталей і номери їхніх позицій на кресленні, а в прямокутниках з двома потовщеними лініями подано найменування складальних одиниць 1-го порядку. Застосовані також умовні позначення, що містять технологічні вказівки: Ст – складання на стенді; Вр – складання на верстаті; К – кантування; С – свердлильні роботи; Вив. – вивірка; Конт. – контроль; Вип. – випробування; Фар. – фарбування.

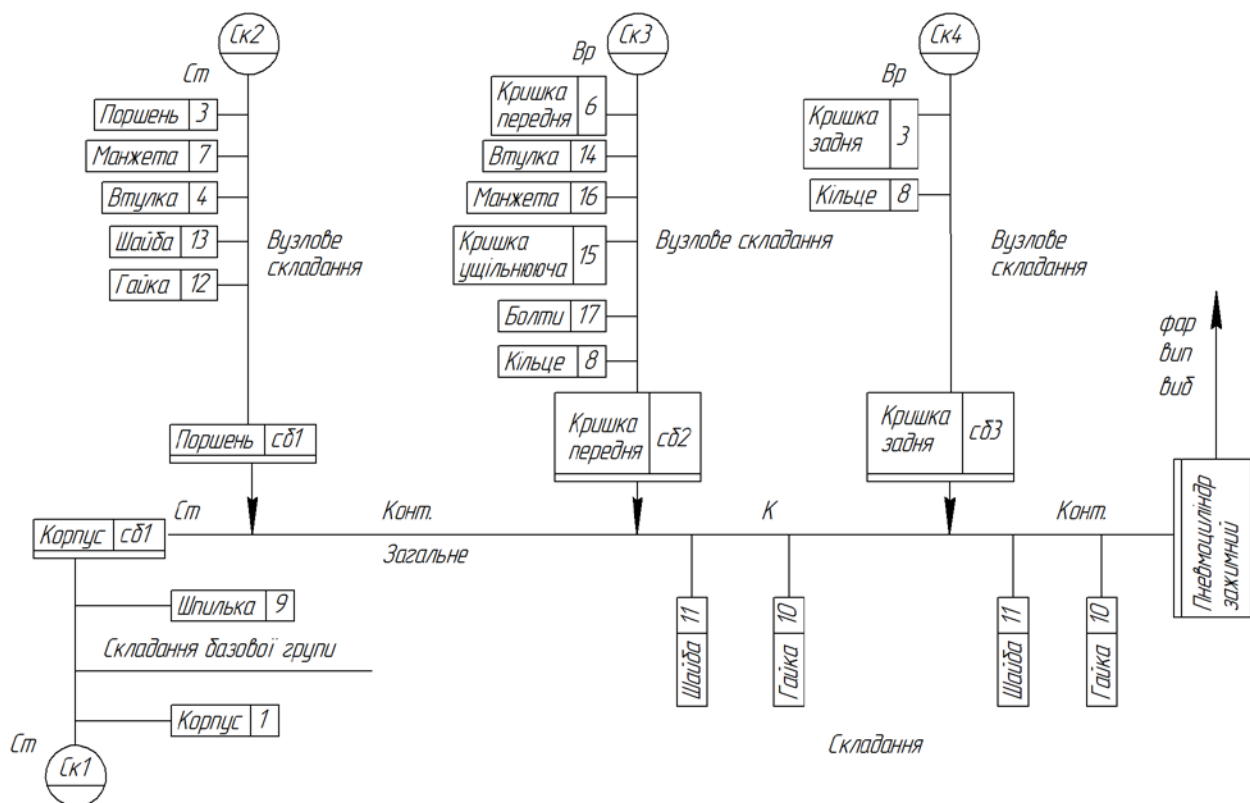


Рис. 4.4.2. Технологічна схема складання пневмоциліндра

Таблиця 4.4.2. Технологічний маршрут складання пневмоциліндра

№ операції	№ переходу, зміст переходу
10. Збирання корпусу (Ск. 1)	10.1. Установити корпус на складальному стенді й закріпити його 10.2. Очистити різьбові отвори від стружки 10.(3-6). Вкрутити шпильку М10×42 в отвір (з використанням шпильковерта) 10.7. Переустановити корпус і закріпити 10.(8-11). Вкрутити шпильку М10×42 в отвір (з використанням шпильковерта)
20. Збирання поршня	20.1. Установити поршень на складальному стенді і закріпити його 20.2. Очистити канавки поршня

(Ск. 2)	20.3. Надіти манжету 1.1-80x105-1 на задню частину поршня 20.4. Надіти втулку на задню частину поршня 20.5. Надіти манжету 1.1-80x105-1 на передню частину поршня 20.6. З'єднати передню та задню частини поршня 20.7. Встановити шток в поршень 20.8. Встановити шайбу на шток 20.9. Накрутити гайку M16 притримуючи шток від провертання 20.10. Встановити складальний вузол «поршень Ск. 2» в «корпус Ск. 1».
30. Збирання передньої кришки	30.1 Установити передню кришку на складальному стенді і закріпити її 30.2. Очистити отвір підведення стисненого повітря 30.3. Очистити отвори для болтів від стружки 30.4. Встановити втулку 30.5. Встановити манжету 1.1-25x42-1 30.6. Встановити ущільнюючу кришку 30.7. Закрутити болт M5x14 30.8. Встановити ущільнююче кільце 30.9. Встановити складальний вузол «передня кришка Ск. 3» в «корпус Ск. 1». 30.(10-13). Встановити шайби на шпильки 30.(13-16). Накрутити гайки M10x1,5
40. Збирання задньої кришки	40.1 Установити задню кришку на складальному стенді і закріпити її 40.2. Очистити різьбові отвори та отвір підведення стисненого повітря від стружки

	40.3. Встановити ущільнююче кільце 40.4.Встановити складальний вузол «задня кришка Ск. 4» в «корпус Ск. 1». 40.(5-8). Встановити шайби на шпильки 40.(9-12). Накрутити гайки M12×1,5
50. Контрольна	50.1. Проконтролювати роботу циліндра під тиском
60. Фарбування	60.1 Пофарбувати виріб
70. Консервація	70.1. Нанести захисне покриття

4.5. Правила монтажу та технічного сервісу модернізованого обладнання

4.5.1. Монтаж установки

Монтаж обладнання у цеху починається після його розконсервації та облаштування місця встановлення. Після цього:

- 1) розташувати обладнання за загальним кресленням загального виду; необхідно встановити теплообмінник так , щоб забезпечувалась можливість видалення робочих валів з камер при його розбиранні.
- 2) за допомогою віджимних пристроїв та прокладок виставити обладнання по рівню;
- 3) встановлення насосів має бути виконано у паралельному розташуванні;
- 4) забезпечити перпендикулярність насосів і теплообмінника;
- 5) відповідними трубопроводами і повітропроводами з'єднати складові частини установки між собою та із цеховими системами;

Підведення пари від цехової труби до установки виконати трубою, яка забезпечуватиме $D_u=50$ мм.

2. Поблизу паровіддільника на повітроводі 22 встановити засувку, яка забезпечуватиме можливість регулювання витрати повітря через паровіддільник;

6) верхні продуктові трубопроводи встановити з кутом нахилу достатнім для самотікання ;

7) встановити трубопроводи для підводу пари, що будуть використані для продувки води , яка буде використана для миття і відводу замивної води.

8) у відповідності з встановленими правилами виконати заземлення обладнання;

9) підключити обладнання до щита керування;

10) підключити до цехової мережі щит керування;

11) по всьому обладнанню лінії перевірити величину опору ізоляції;

12) Виконати теплоізоляцію паропроводів і необхідне покращення трубопроводів.

Що саме перевіряється. Методика перевірки.	Технічні вимоги.
1. Технічний стан збірника, паровіддільника, теплообмінника, дозаторів і вентилятора.	Шляхом огляду перед початком зміни наявність на місті огорожень, вентилів і ручок кранів, маховичків, стан сальникових ущільнень робочих валів і арматури, відсутність течій із трубопроводів і арматури, наявність в паровіддільнику засувки, фільтра у збірнику, наявність контрольно-вимірювальних приладів і світлових індикаторів тощо.
Шляхом огляду і замірів один раз на тиждень.	Стан внутрішньої порожнини паровіддільника, у редукторах і збірниках рівень рідкого мастила, наявність з'єднання із заземленням.
Шляхом огляду, заміру або регулювання один раз на місяць.	Затяжку кріплення робочих валів теплообмінника.
Один раз на три місяці	Відсутність нагару (накипу) на робочому валу верхньої камери. А при роботі з молочними масами стан ножів-скребків.

2. Характер роботи механізмів.	під навантаженням і на холостому ході. Плавний, без стуків, без ривків і підвищеного шуму.
3. Обов'язковий сигнал при роботі обладнання.	При поточній перевірці обладнання. При раптовій зупинці двигуна дозатора 4 спрацьовування звукової сигналізації, а також ввімкнення світлових індикаторів при включенні відповідних датчиків рівня і двигунів.
4. При поточній експлуатації робота контрольно-вимірювальних приладів.	Датчики та манометри при проведенні технологічного процесу повинні показувати дійсні параметри.

Можливі несправності і способи їх усунення.

Таблиця 4.5.2

<i>Найменування несправності, зовнішній прояв і допоміжні признаки</i>	<i>Причина</i>	<i>Метод усунення</i>
Паровіддільник. 1. Повне відкачування виділеної пари не відбувається	Достатнє розрідження не утворюється	Відрегулювати положення засувки
2. Переохолодження увареної маси	Кількість повітря, яке проходить через отвір розподільника більше необхідного.	Зменшити продуктивність вентилятора за допомогою засувки на повітроводі або відрегулювати положення засувки.
Теплообмінник 1. Не ввмикаються двигуни	Ланцюг керування двигуном не замкнений	Перевірити роботу витратомірів
2. Підвищений шум	Зношений підшипник ковзання	Перевірити ступінь зносу і при необхідності замінити підшипник

3. Підвищена текучість рідини через ущільнюючі пристрої робочих валів	Не підтягнута натискна втулка, зношена набивка	Піджати натискну втулку та замінити набивку, а також в лабіринтному ущільненні перевірити величину зазору
4. Не повне уварювання рецептурної суміші, поява пари в порожнині камери	Не забезпечують ущільнення труби 8 кільця 10.	За допомогою кільця 6 обжати прокладки. Перевірити стан кілець і при необхідності замінити їх. Зусилля обжимання не повинно бути надто великим. При обжиманні прокладок повинна бути виставлена перпендикулярно вісі робочого вала вертикальна поверхня кільця 6

5.Робочий вал повертається з великим зусиллям або не повертається зовсім	Натискна втулка ущільнюючого пристрою занадто підтягнута. Немає зазору в лабіринтному ущільненні через перекошування валу.	Ослабити затяжку натискної втулки
	Кришка із підшипником ковзання перекошена.	Відрегулювати положення кришки
	Ніж погнутий чи заклинив	Витягнути вал і замінити ніж
	Занадто зношений ніж-скребок заклинив.	Витягнути вал і замінити ніж
	Густим шаром нагару заповнена робоча порожнина.	Дістати вал , очистити вал та порожнину від нагару.
6. На холостому ході апарата гріються підшипники ковзання	Відсутнє змащування	Забезпечити змащування
	Кришки з підшипниками перекошені	Відрегулювати положення кришки
7. Низька продуктивність	Не забезпечений відвід конденсату	Перевірити величину противотиску конденсату в системі цеху і стан арматури відводу конденсату
	Через наявності значного шару нагару на петлях вала ножі не очищають поверхню мідної труби.	Дістати вал і очистити його від нагару
	Підвищена вологість рецептурної суміші	Забезпечити необхідну вологість рецептурної суміші
	У верхній камері недостатня температура нагріву рецептурної суміші	Перевірити клапан подачі пари до верхньої камери

8.Логометр показує температуру суміші, яка відрізняється від дійсної	Наявність нагару на термометрі	Витягнути термометр і очистити його від нагару
--	--------------------------------	--

4.5.2. Технічне обслуговування.

Щоденно перед початком зміни проводити зовнішній огляд обладнання. у Відповідно схемі (рис 4.5.2.) проводити змащування приводу збірника установки та приводу теплообмінника.

При зборці підшипники ковзання робочих валів камер теплообмінника (після розбирання чи після ремонту) вручну змастити органічним жиром.

Профілактичний догляд і огляд обладнання проводити щоденно і по мірі необхідності, при цьому:

- 1) проводити очищення від залишків продукту місць обладнання доступ до яких обмежений;
- 2) проводити очищення від мастила місць які не призначені для змащення;
- 3) доповнити чи замінити сальникову набивку ущільнюючих пристроїв;
- 4) огляд ножів, труби та стан валів проводити по мірі необхідності, але не рідше ніж один раз на 4 місяці;
- 5) слабим розчином каустичної соди промити теплообмінник.

Планово-попереджувальні ремонти які передбачають заміну швидкозношувальних деталей проводити виходячи із умов експлуатації.

Виходячи з умов експлуатації проводити перший капітальний ремонт, але не раніш ніж через 4 роки після початку роботи установки.

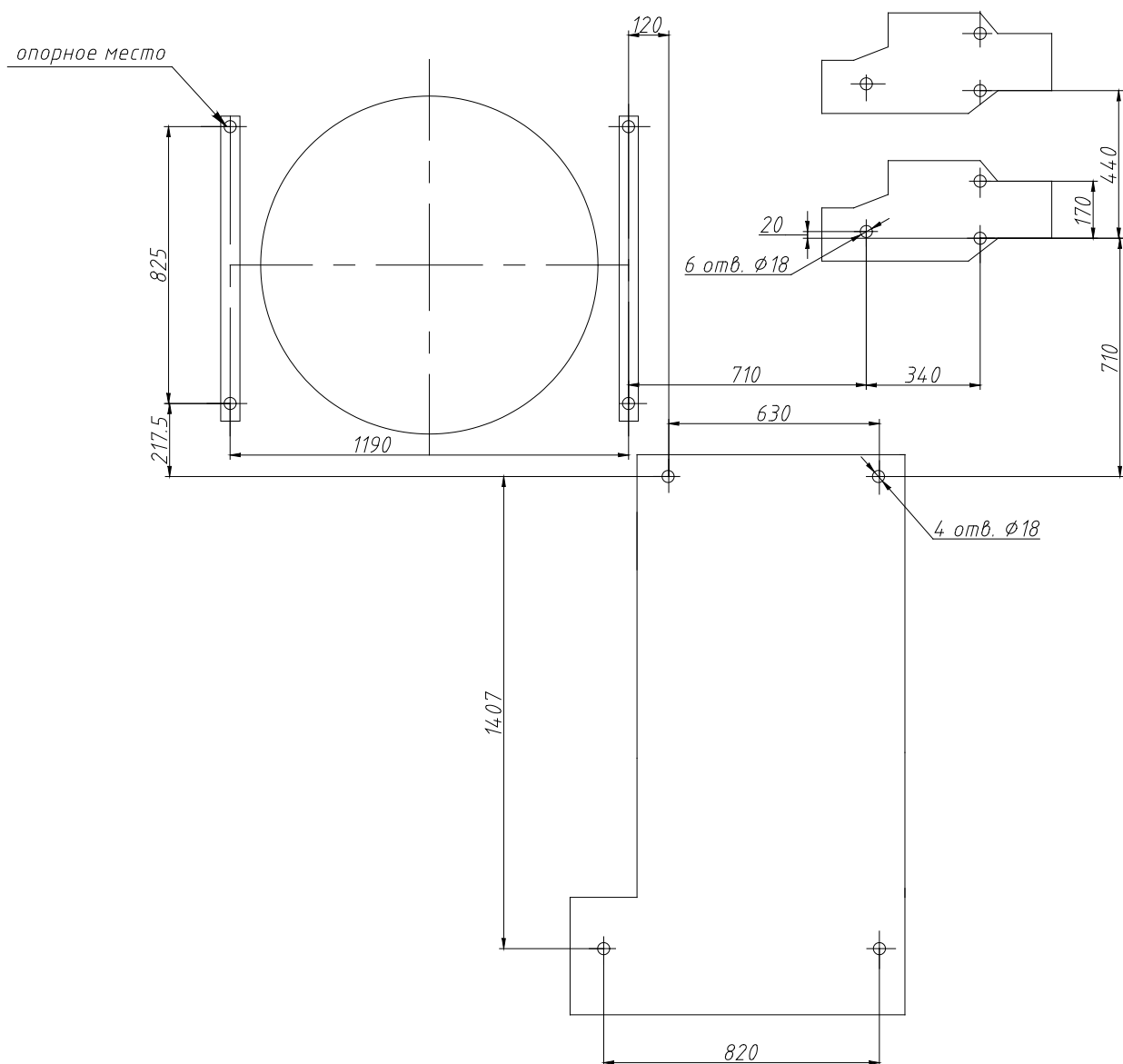
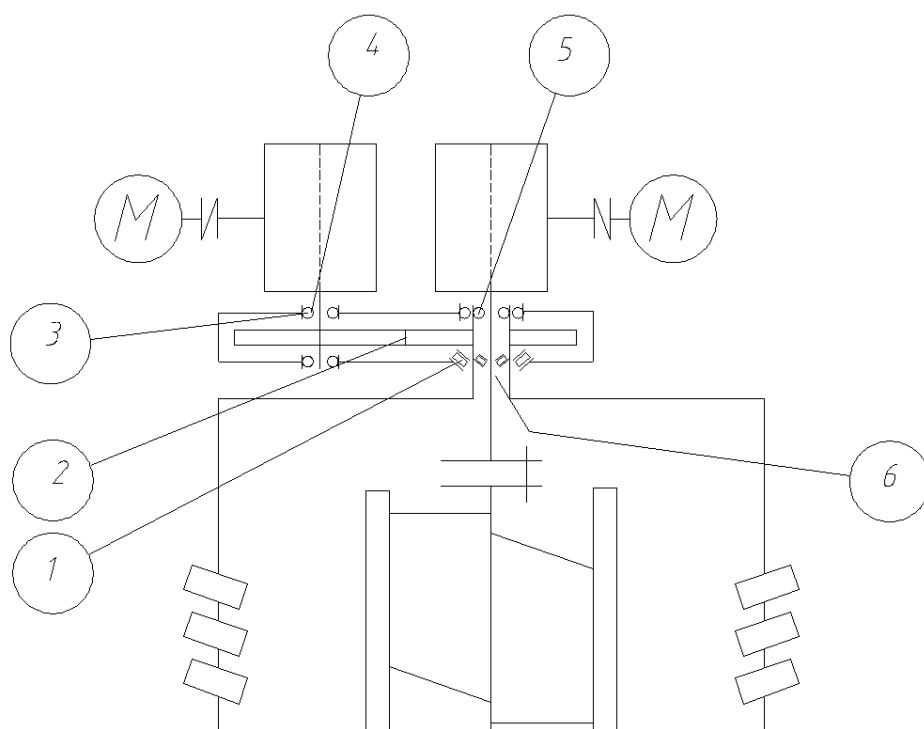
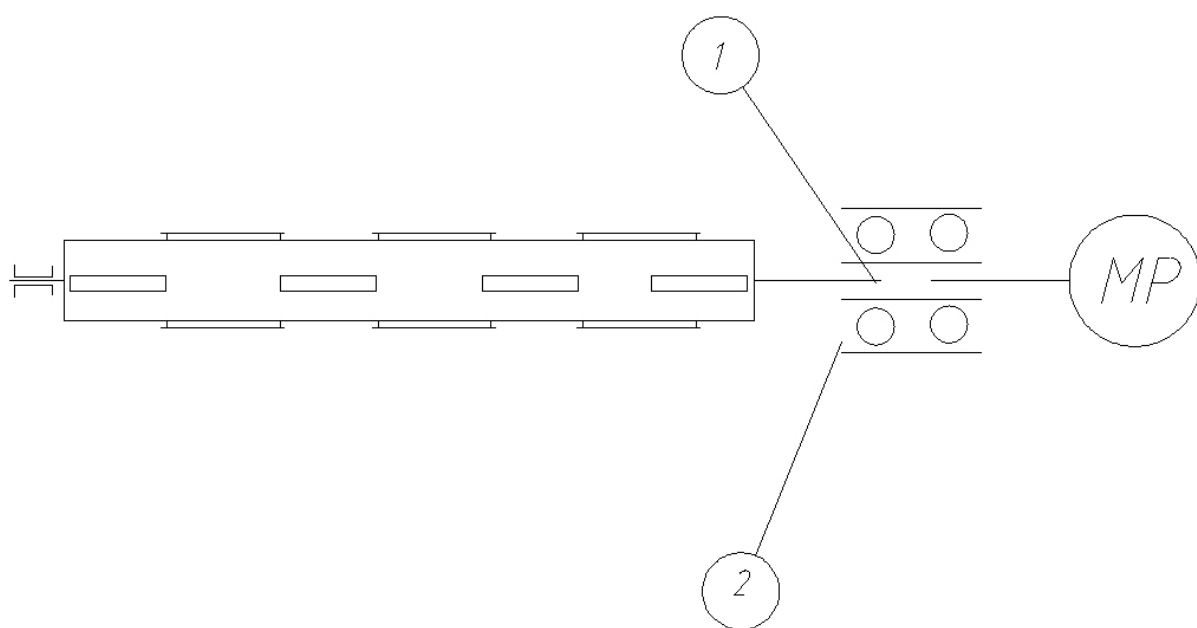


Рис. 4.5.1. План розташування отворів під фундаментні болти



а – збірник



б – установка

Рис. 4.5.2. Схема змащування

5.ПРИНЦИПИ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ОБ'ЄКТОМ ПРОЕКТУВАННЯ

5.1. Склад електрообладнання.

Складається електрообладнання установки із пульта оператора, щита керування та обладнання встановленого на місці.

5.1.1. В збірнику встановлені двигуни М2 і М3 приводу мішалок зовнішньої і внутрішньої ємності відповідно. Встановлений кінцевий вимикач SQ₁ для блокування кришки бака і встановлені термоперетворювачі опору 9-1 і 10-1 для забезпечення візуального контролю температури за допомогою контролера і перетворювача. А із зовнішньої і внутрішньої ємності відповідно встановлені датчики рівня 1-1 і 2-1 для контролю верхнього і нижнього рівнів продукту в зовнішній ємності бака, а також керування роботою двигуна М1 насосу підкачки продукту у зовнішню ємність бака.

5.1.2. Встановлені двигуни М9-М12 для приводу робочих валів на теплообміннику, термоперетворювачі опору 12-1 і 11-1 для забезпечення візуального контролю зварюваного продукту за допомогою перетворювача і контролера.

5.1.3. Привід дозаторів (в контурі підварювання і уварювання відповідно) забезпечений двигунами М4 і М5 із частотними перетворювачами, а вентилятор забезпечений двигуном М8. Забезпечений двигуном М9 привід виконавчого механізму клапану подачі пари 25ч 940нж.

5.1.4. Забезпечує контроль температури увареної маси (після виходу із паровіддільника) термоперетворювач опору 13-1 у місці її збору і встановлюється після монтажу установки.

5.1.5. Для візуального контролю вологості уварювальної маси на трубопроводі встановлений психрометричний гігрометр.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Вересоцький Ю.І	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Шапаренко А.В.	Назва, додаткова назва Принципи автоматизованого управління об'єктом проектування	222148.KP.003.05 ПЗ				
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова уа	Аркуш 1/7	

5.1.6. На щиті керування установки розташовано: запобіжна апаратура для двигунів, перетворювачі сигналів для термоперетворювачів опору, ввідний автомат, датчики рівня, витратомірів і гігрометру, контролер для передачі усіх параметрів на дисплей на пульті оператора. Плавкими вставками захищені ланцюги керування. Живлення електрообладнання установки здійснюється від провідної мережі змінного струму із напругою 380 В, частотою 50 Гц.

5.1.7. Для візуального спостереження за параметрами процесу і керування ними на пульті оператора встановлений дисплей, світлові індикатори: контролю нижнього і верхнього рівнів рецептурної суміші у збірнику, пускова апаратура для двигунів, включення установки та включеного циклу; перемикач для ручного керування установкою, сигнальна сирена та кнопка вимкнення аварійних сигналів.

5.2.Робота засобів автоматизації.

Робота засобів автоматизації полягає у керуванні роботою двигунів приводів, контролю рівнів рецептурної суміші та наявності її, підвареної рецептурної суміші, увареної рецептурної суміші і увареної кондитерської маси, контролю температури рецептурної суміші, що надійшла на уварювання, контролю витрати рецептурної суміші, що надходить на підварювання і уварювання, контролю вологості кондитерської маси на виході із паровіддільника, шляхом регулювання кількості (тиску) пари, що подається регулювання температури уварювання, шляхом регулювання частоти обертання двигунів приводів насосів-дозаторів регулювання продуктивності установки.

Ось так працює функціональна схема:

У залежності від рецептурної суміші, що буде уварюватись на установці оператор обирає відповідну програму, що має у собі всі контрольовані температури (якщо необхідно, то є можливість задавати температуру з пульта керування вручну). При вмиканні установки спрацює датчик нижнього рівня 2-1 у ємності, а сигнал через перетворювач поступає на контролер, який посиляє сигнал на двигуни М1 привода насоса рецептурної суміші, який і качає суміш доки не спрацює датчик верхнього рівня 1-1. Після включення

паралельно насосу М1 вмикаються двигуни М2 і М3 приводу мішалок в зовнішній ємності. Коли спрацьовує датчик верхнього рівня 1-1, то програма контролера включає двигун М4 приводу насоса-дозатора рецептурної суміші, яка подається на підварювання. Частота обертання двигуна залежить від заданої продуктивності установки. При прокачуванні суміші по трубі спрацьовує витратомір, який одночасно фіксує витрату (продуктивність установки) і подає сигнал на контролер, програма якого вмикає двигун М9 приводу вала камери підварювання. Залежно від рецептурної суміші контролер встановлює необхідну температуру у камерах теплообмінника. Підварена суміш надходить з камери підварювання у внутрішню ємність збірника, коли у внутрішній ємності включається двигун М5 приводу насоса-дозатора підвареної суміші при спрацюванні датчика верхнього рівня. При закріпленні витратоміра, встановленого на трубопроводі, витрати включаються послідовно двигунів. Програма працює так, що за відсутності маси в трубопроводі двигуни приводів робочих валів вимкнені, це перешкоджає спрацюванню вузлів тертя. Температура, вологість і витрати кондитерської маси контролюються на виході з паровіддільника.

У разі виникнення будь-якої аварійної ситуації (раптової зупинки двигунів) контролер посилає сигнал на світлову і звукову сигналізацію, а програма відображає суть аварійної ситуації.

Двигун М7 приводу вентилятора паровіддільника вмикається при увімкненому циклі установки.

5.3.Завдання на розроблення системи автоматизації.

Таблиця 5.1

№ п.п.	Агрегат	Параметр, місце відбору сигналу	Допустимі значення параметра	Вид автоматизації	Характер контролю керування	Додаткові вимоги
1	Збірник	Температура у зовнішній ємності	$(60\pm 2)^{\circ}\text{C}$	Контроль	Покази, сигналізація.	Світлова
		Температура у внутрішній ємності.	$(90\pm 2)^{\circ}\text{C}$	Контроль	Покази, сигналізація, стабілізація.	Світлова, вплив на витрати пари
		Рівень нижній у зовнішній ємності.	$(0,2\pm 0,05)\text{м}$	Контроль, Сигналізація	Сигналізація	Світлова, вплив на роботу насоса подачі рецептурної суміші.
		верхній у зовнішній і внутрішній ємностях.	$(1\pm 0,05)\text{м}$	Контроль, Сигналізація.	Сигналізація	Світлова, вплив на роботу насосів дозаторів.
2	Трубопровід 1.	Витрата	$(610 - 700)\text{кг/ год.}$	Контроль, Регулювання.	Покази. Підтримання в заданому діапазоні.	Вплив на продуктивність насосів-дозаторів.
3	Трубопровід 2. 071036.ДП.03.0 09.ПЗ	Витрата	$(610 - 700)\text{кг/ год.}$	Контроль . Регулювання.	Покази. Підтримання в заданому діапазоні.	Вплив на продуктивність насосів Дозаторів.
4	Камера 1.	Температура	$(90\pm 2)^{\circ}\text{C}$	Контроль Регулювання.	Покази. Підтримання в заданому діапазоні.	Вплив на двигун приводу Виконавчого механізму клапана подачі пари
5	Камера 2,3,4	Температура.	$(120\pm 5)^{\circ}\text{C}$	Контроль, Регулювання,	Покази Підтримання в заданому діапазоні	Вплив на двигун Приводу виконавчого механізму клапана подачі пари.
6	Паровіддільник	Температура	$(110\pm 10)^{\circ}\text{C}$	Контроль, регулювання	Покази, підтримання у заданому діапазоні	
		Вологість	$(70\pm 10)\%$	Контроль, регулювання	Покази підтримання в заданому діапазоні	

		Витрата кондитерсько ї маси	(610 – 700) кг/ год.	Контроль	Покази Підтримання в заданому діапазоні	
7	Електропривід мішалки внутрішньої ємності	Стан		Керування	Програмне, дистанційне	Пуск, зупинка
8	Електропривід насоса подачі рецептурної суміші Двигуни приводів валів теплообмінни- ка і паровід- дільника, привід клапана подачі пари	Стан		Керування	Програмне, дистанційне	Пуск, зупинка
9	Електропривод насосів- дозаторів	Стан		Керування	Програмне, дистанційне	Пуск, Зупинка Частотне регулювання

5.4.Замовлення-специфікація на прилади і засоби автоматизації.

Таблиця 5.2

Номер позиції	Параметр, Середовище, місце відбору сигналу	Граничне Значення параметра	Місце встановлення	Найменування та характеристика	Тип	Завод виготівник	Кількість
1	2	3	4	5	6	7	8
9-1 10-1 11-1 12-1 13-1	Температура	130°C	За місцем	Термометр опору мідний, межі вимірювання – 50...+150°C, градуювання М50	ТСМ – 5071	Львівприлад м. Львів	5
9,13-2			На щиті	Перетворювач Вихідні сигнали : 0-5мА;4-20мА; 0-10 В Напруга живлення Упит-220В Габаритні розміри , мм : 60 x 160 x 350	П-703	ПО Электро - прилад м. Київ	5
6-1 17-1	Витрата	700 кг/ год.	За місцем	Ротаметр з пневмовиходом 20-100кПа Верхня витрата , м ³ /час : 0.25; Діаметр умовного переходу : 40 мм; Умовний тиск , МПа : 1.6; ; Клас точності : 1.5 ; Матеріал ротаметра : 12 x 18Н9Т	РП	Союз-глав-прибор	3
6-2 17-2			На щиті	Перетворювач Пневмоелектричний призначений для пропорційного перетворення Уніфікованого пневматичного сигналу 20-100 кПа в уніфікований сигнал постійного струму 0-5мА Або 4-20мА Клас точності 1,(0,5) Напруга	ППЭ2	ПО Электроприбор м. Чебоксари	3

7-1 8-1	Частота обертання		За місцем	живлення 220 Частотний перетворювач N = 0,75 кВт Вихідний струм, 4,0 А Похибка встановлення 0,01%	L100 – 007NFE	Hitachi	2
14-1			За місцем	Клапан з електричним виконавчим механізмом	25ч940 нж	„Красний Профинтерн” м. Гусь Хрустальний	1
22-1	Вологість	70 – 90 %	За місцем	Психрометрич ний гігрометр Похибка 5% Шкала 10 – 100%	АПГ- 206	Тори прибор Грузія	1
				Контролер	FX – 1N	Mitsubishi	1
1-1 2-1	Рівень		За місцем	Рівнемір дистанційного слідкування Граничні виміри 0 – 1,25 м Напруга живлення 110В	УМ2-31	Електро- машинобудівни й завод м.Псков	2

6. ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ

6.1. Закон України про охорону праці.

Закон України «Про охорону праці» визначає основні положення щодо реалізації конституційного права працівників на охорону їх життя та здоров'я в процесі трудової діяльності, на належні, безпечні та здорові умови праці, регулює за участю відповідних органів державної влади, відносини між роботодавцем та працівником із питань безпеки, гігієни праці і виробничого середовища та встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні.

Аналіз виробничого травматизму на підприємстві ПАТ ККФ "РОШЕН".

Аналіз виробничого травматизму станом на 4-й квартал 2022 р.

Таблиця 6.1

Рік		2019	2020
Нещасні випадки	кількість	7	3
Днів непрацездатності	кількість	382	158
Коефіцієнт частоти травматизму	$K_{\text{ч}}$	2,88	1,24
Коефіцієнт тяжкості травматизму	$K_{\text{т}}$	54,57	52,67

$$K_{\text{т}} = \frac{D}{T} = \frac{382}{7} = 54,57$$

$$K_{\text{ч}} = \frac{T \cdot 1000}{P} = \frac{7 \cdot 1000}{2429} = 2,88$$

де D - кількість виходів на роботу по непрацездатності;

Φ - кількість нещасних випадків;

P – середня чисельність робітників, 2429 чоловік.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Вересоцький Ю.І.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа	Розробник документа Шапаренко А.В.	Назва, додаткова назва Охорона довкілля		222148.KP.003.012 ПЗ			
НУХТ	Документ затверджено Якимчук М.В.			Інд. змін.	Дата видання	Мова	Аркуш 1/23

Служба охорони праці на підприємстві.

Служба охорони праці на ПАТ ККФ «Рошен» є керуючим органом і виконує функцію управління та контролю охороною праці. А саме:

- розробляє ефективну цілісну систему управління охороною праці;
- проводить оперативно-методичне керівництво охороною праці;
- спільно зі структурними підрозділами розробляє комплексні заходи щодо забезпечення встановлених нормативів умов праці;
- проводить вступні інструктажі з особами, що приймаються на роботу;
- забезпечує всіх працівників правилами, положеннями, інструкціями тощо
- організовує проведення паспортизації цехів, робочих місць, ділянок з точки зору відповідності їх вимогам щодо охорони праці;
- веде облік і аналіз нещасних випадків, хвороб, профзахворювань, а також збитків від них, бере участь у їх розслідуванні;
- готує статистичні звіти з охорони праці і веде пропаганду;

Служба охорони праці виконує функцію контролю за:

- дотриманням і виконанням чинного законодавства на підприємстві
- виконанням приписів органів державного нагляду;
- своєчасним проведенням навчання і проведення інструктажів;
- забезпеченням працівників засобами індивідуального захисту і спеціальним харчуванням, своєчасним проведенням медичних обстежень;
- виконанням заходів, наказів, розпоряджень, інструкцій із охорони праці;

Працівники служби охорони праці мають право:

- відвідати і оглянути будь-яке робоче місце;
- отримати пояснення від посадових осіб з питань охорони праці;
- перевіряти стан безпеки праці;
- вимагати від посадових осіб відсторонення від роботи працівників, які не пройшли медичний огляд, навчання, інструктаж тощо.
- готувати подання керівнику підприємства щодо притягнення працівника до відповідальності за порушення правил техніки безпеки.

Фінансування на охорону праці.

Реалізація загальнодержавних галузевих і регіональних програм із поліпшення стану безпеки, гігієни праці і виробничого середовища, фінансування профілактичних заходів з охорони праці та інших програм створених для уникнення нещасним випадків і професійних захворювань на ПАТ ККФ «Рошен» передбачено згідно чинного законодавства та становить 0,5% від фонду спонсорської допомоги, оплати праці і штрафів.

Санітарні умови праці на виробництві.

Обслуговують процес уварювання 2 спеціалісти у варильному відділенні цеху:

- варильник харчової сировини та продуктів - 1 чол.

- оператор лінії з виробництва харчової продукції - 1 чол. Означимо санітарні норми для робочих місць оператора і варильника.

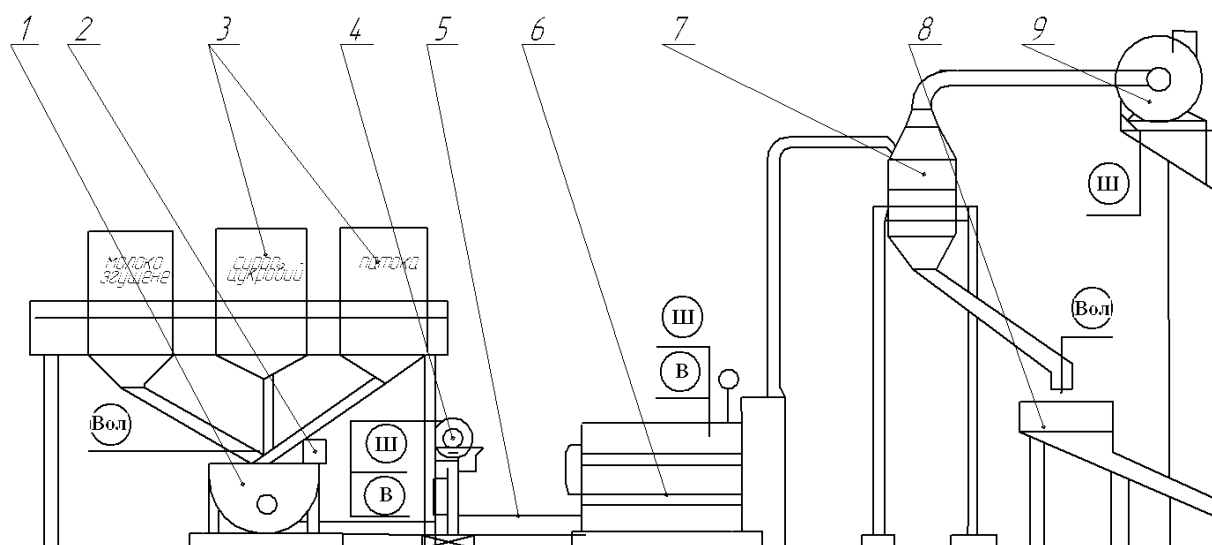


Рис.6.1.Схема варильного відділення з приготування цукрової маси.

1 - рецептурний змішувач; 2 - ваговий дозатор; 3 - ємності з сировиною; 4 - плунжерний насос; 5,8 - продуктопровід;

6 - теплообмінний апарат; 7 - паровідділювач;

9 - витяжний вентилятор.

Шкідливі фактори: Ш - шум; В - вібрація; Вол - вологовиділення.

Повітря робочої зони.

Мікроклімат нормалізується відповідно до допустимих норм, оскільки в цеху відбувається значне виділення тепла з нагрітих поверхонь парових трубопроводів, варильних колонок, теплообмінних апаратів та запірної арматури. За рахунок конвекції це тепло передається від корпусів апаратів до повітря у цеху і нагріває стіни будівлі, шкіру людей і обладнання за рахунок тепловипромінювання. Це тепло суттєво впливає на загальні показники мікроклімату.

Допустимі норми мікроклімату наведені у табл. 6.2.

Запиленість повітря.

Для створення нормальних умов для виробництва необхідно забезпечити не тільки комфортні метеорологічні умови, але й необхідну чистоту повітря. В результаті виробничої діяльності в повітря можуть потрапляти різноманітні шкідливі речовини, які використовуються у технологічних процесах. Шкідливі

речовини, які так чи інакше потрапляють в організм, можуть спричинити отруєння (гостре або хронічне).

Ступінь отруєння залежить від токсичності речовин, їх кількості, тривалості дії, способу потрапляння їх в організм, індивідуальних особливостей організму, метеорологічних умов тощо.

В умовах кондитерської фабрики ГДК максимальна концентрація крохмального пилу складає 0,6 мг/м³.

Технологічні процеси, що пов'язані із виділенням пилу у робочу зону повинні виконуватися в умовах повної герметизації обладнання. Технологічні ємкості із гарячою або концентрованою сировиною і приймальні воронки, сита для крохмалю, бункера та норії повинні мати аспірацію.

Мікроклімат варильного відділення.

Таблиця. 6.2.

№ п/п	Професія	Категорія робіт	Холодний період року					Теплий період року				
			Допустима температура, °С		Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с		Допустима температура, °С		Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с	
			На постійних робочих місцях	На непостійних робочих місцях	На постійних і непостійних робочих місцях	На постійних робочих місцях	На постійних робочих місцях	На постійних робочих місцях	На постійних робочих місцях	На постійних і непостійних робочих місцях	На постійних робочих місцях	На постійних і непостійних робочих місцях
1	2	3	5	6	8	9	10	12	13	15	16	17
1	Варильник харчової сировини та продуктів	Па	17-23	15-24	75	0.2	0.3	27/30	29/31	75	0.3	0.4
2	Оператор Лінії у виробництві харчової продукції	Па	17-23	15-24	75	0.2	0.3	27/30	29/31	75	0.3	0.4

Загазованість повітря.

При митті технологічних ємностей, а також при проведенні профілактичних робіт застосовується луг та сірчана кислота, пари яких погано впливають на організм людини.

Відповідно ГОСТ 12.1.005-76 ГДК для H_2SO_4 становить $1,0 \text{ мг/м}^3$, а для лужних аерозолів - $0,5 \text{ мг/м}^3$, фактична загазованість у ємності складає H_2SO_4 - $0,8 \text{ мг/м}^3$, а для лужних аерозолів - $0,56 \text{ мг/м}^3$.

Для захисту працівників від шкідливих газів необхідно використовувати засоби індивідуального захисту.

Шум і вібрація

Шумом вважаються звуки, які негативно впливають на організм людини, заважають йому працювати і відпочивати. Шум у виробничих приміщеннях впливає на працівника негативно: він послаблює увагу, уповільнює реакцію на небезпеку, посилює розвиток втоми. В результаті знижується працездатність, а ймовірність нещасних випадків зростає. Отже питання контролю шуму на сьогодні є актуальним майже для усіх галузей виробництва.

На робочих місцях кондитерської фабрики згідно з ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ " Общие требования безопасности Шум." допустимий рівень шуму не повинен перевищувати 80 дБ у частотах 8-63 Гц, а загальна і локальна вібрація 92 дБ згідно із ГОСТ 12.1012-78 ССБТ "Вибрация. Основные требования безопасности".

На робочому місці чергового слюсаря-ремонтника, прибиральника виробничих приміщень та варщика відбувається перевищення рівня шуму на 5дБ, за що для них і передбачені додаткові відпустки. По можливості цих працівників забезпечують навушниками. Щоб зменшити вібрації під обладнанням встановлюють гумові амортизатори і пружини, а також слідкують за змащенням рухомих деталей вузлів.

Освітленість приміщень.

Вимоги, до раціонального освітлення:

- достатнє освітлення робочого місця;
- рівномірне освітлення;
- захист від осліплюючої дії джерела світла;
- вибір напрямку світла.

Все це допомагає підтримувати високий рівень продуктивності праці, захищає здоров'я людини та зменшує виробничий травматизм на місцях. В денний час забезпечується природне бічне освітлення через віконні отвори, в нічний час, робоче та аварійне штучне освітлення. Відповідно до вимог СнІП

П-4-79 "Природне і штучне освітлення. Норми проектування" щодо низької точності зорової роботи (розряд V) коефіцієнт природної освітленості (КПО) у варильному відділенні при бічному освітленні становить 0,9 %.

Норми штучного освітлення робочих місць (робочих поверхонь) для відповідних професій наведені у галузевих нормах ДНАОП 1.8.10.-1.13-97. Знаходимо норми штучного освітлення робочих місць для вибраних професій відповідно до варильного відділення (табл. 6.3).

Норми штучного освітлення робочих місць

Таблиця 6.3

№ п/п	Професія	Характеристика зорової роботи	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Освітленість, лк (штучне освітлення)	
					Комбінована: газорозрядні лампи	Загальна: газорозрядні лампи
					Лампи розжарювання	Лампи розжарювання
1	2	3	4	5	6	7
1	Варильник харчової сировини та продуктів	Малої точності	V+1	б	500	200/150
2	Оператор лінії у виробництві харчової продукції	Малої точності	V+1	б	500	200/150

Випромінювання.

Для нашого варильного відділення характерні тільки теплові випромінювання, які враховані у нормуванні мікроклімату (пункт „Повітря робочої зони“).

Забезпечення санітарно-побутовими приміщеннями

Нормуються санітарно-побутові приміщення відповідно до галузевих санітарних норм ДНАОП 1.8.10.-1.13-97 [8, с. 201, дод.2]. Одержуються нормативи щодо забезпечення цеху санітарно-побутовими приміщеннями і обладнанням для варильного відділення (табл. 11.4) .

Забезпечення цеху обладнанням і санітарно-побутовими приміщеннями

Таблиця. 6.4

№ п/п	Професія	Шкідливості у повітрі робочої зони			Група виробничих приміщень за СнП 2.09.04.-87	Санітарна характеристика виробничого процесу	Санітарно-побутові приміщення			
		Вид	Клас небезпечки	гдк, мг/м³			Розрахункова кількість чоловік		Тип гардеробних, число відділень шафи на одного чоловіка	Спеціальні побутові приміщення і обладнання
							На одну душуву сітку	На один кран		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Варильник харчової сировини та продуктів	Тепло	-	-	2а	Процеси, що проходять за надлишком явного конвекційного тепла	7	20	Загальний, два відділення	Приміщення для охолодження
2	Оператор лінії у виробництві харчової продукції	Тепло	-	-	2а	Процеси, що проходять за надлишком явного конвекційного тепла	7	20	Загальний, два відділення	Приміщення для охолодження

Електробезпека

Щоб забезпечити захист працівників від дії електричного струму слід застосовувати засоби і способи захисту передбачені «Правилами улаштування електроустановок» (ПУЕ) і «Правилами техніки безпеки електроустаткування споживачів».

Залежно від небезпеки ураження людини електричним струмом згідно із ПУЕ усі виробничі приміщення поділяються на такі категорії:

- I. без підвищеної небезпеки
- II. з підвищеною небезпекою
- III. особливо небезпечні.

Розглядаючи приміщення варильного відділення можна визначити, що зона встановлення обладнання передбачає класифікацію ПУЕ до зон без підвищеної небезпеки.

Щоб забезпечити людей від ураження електричним струмом необхідно вжити таких заходів:

- заземлення електрообладнання;
- наявність необхідної ізоляції;
- недоступність струмоведучих частин;
- надійне захисне відключення;
- використання індивідуальних засобів захисту;
- попереджувальна сигналізація, плакати, написи;
- використання понижуючих напруг;
- проведення планово-запобіжних робіт;
- проведення навчань, інструктажів, атестацій тощо.

Пожежна безпека

Пожежна безпека забезпечується системою протипожежного захисту, системою попередження пожежі та організаційно-технічними заходами.

Все обладнання має бути електростатичнобезпечним.

Необхідно періодично очищувати приміщення від пилу, промислових відходів виробництва.

1) За вибухопожежонебезпекою варильне відділення варильного цеху належить до категорії Д.

2) Для промислових будівель основних цехів ступінь вогнестійкості будівлі не повинен бути нижчим від другого. Тому для варильного відділення згідно із СнП 2.0102-85 обираємо ступінь вогнестійкості будівлі II.

3) Приміщення варильного відділення з огляду на вибухопожежонебезпеки та умов середовища по ПУЕ можна охарактеризувати як вологе.

4) Для кожної галузі харчової і переробної промисловості існує перелік споруд і приміщень узгоджений з Державним пожежним наглядом МНС України. Вони підлягають обладнанню автоматичною пожежною сигналізацією і автоматичними засобами пожежогасіння.

Оскільки у варильному відділенні немає речовин, що містять легкозаймисті і горючі речовини, в такому разі відділення не має ні автоматичного пожежогасіння, ні автоматичної сигналізації. Якщо площа менше 1500 м², то варильне відділення обладнується тільки первинними засобами пожежогасіння.

5) Всі виробничі приміщення повинні бути забезпечені первинними засобами пожежогасіння. До них належать: вогнегасники та пожежний інвентар (ящики з піском, пожежні відра, покривала із негорючого теплоізоляційного полотна, грубововняної тканини або повсті, совкові лопати, бочки з водою); пожежний інструмент (сокири, гаки, ломы тощо).

Пожежні щити або стенди із первинними засобами пожежогасіння встановлюються на території об'єкта із розрахунку один щит або стенд на площу 5000 м². До комплекту засобів пожежогасіння, розміщених на ньому, потрібно включити: ковдри з негорючого теплоізоляційного полотна або повсті розміром 2Ч2 м – 1шт, вогнегасники – 3шт, ящик з піском – 1шт, ломи – 2шт, сокири – 2шт, гаки – 3шт, лопати – 2шт.

Забезпечення приміщень первинними засобами пожежогасіння визначається стандартом ISO № 3941-77. Відповідно вимогам стандарту забезпечення виробничих приміщень вогнегасниками залежить від класу пожежі, площі приміщення, які треба захистити від вогню та категорії приміщення за вибухопожежонебезпекою.

Для варильного відділення приміщення за вибухопожежонебезпекою категорії Д, клас пожежі А, а площа приміщення варильного відділення 24·18 = 432 м². Знаходимо по [6, с.292, додаток 21, табл.1] тип і кількість. Отже, для гасіння пожежі на площі 1000 м² необхідно: водяних і пінних вогнегасників місткістю 10 л – 2, порошкових місткістю 5 л – 2. Відповідно, для площі 432 м² необхідно вдвічі менше, тобто ВХП-10-1, ВП-5-1.

Встановлюється один пожежний щит при території підприємства до 5 тис. м . В приміщенні повинен знаходитись протипожежний водогін.

б) Запас води, G м³, необхідний для пожежогасіння будівлі, розраховуємо за таким рівнянням [7, с. 379]:

$$G = \frac{3 \cdot 3600(n_1 + n_2)}{1000}$$

де 3 – розрахунковий час гасіння пожежі, год.; 3600 – перерахунок годин у секунди; n_1 – витрати води на внутрішнє пожежогасіння за сек., л/с.

Припустимо, що для внутрішнього гасіння пожежі необхідно мати 2 потоки води, які викидали б по 2,5 л води за 1 сек. (2 джерела горіння). То ж $n_1 = 2,5 \cdot 2 = 5$ л/с; n_2 – витрати води на зовнішнє пожежогасіння, л/с; визначається залежно від об'єму будівлі, категорії виробництва за вибухопожежонебезпекою та ступенем вогнестійкості будівельної конструкції [7, с. 379, табл. 22.2]; 1000 – перерахунок літрів в м³. Для будівлі об'ємом 3-5 тис.м³ запас води на пожежогасіння за категорією вибухопожежонебезпеки приміщень у будівлі, ступенем вогнестійкості - II становитиме:

$$G = \frac{3 \cdot 3600(5 + 10)}{1000} = 10,8(n_1 + n_2) = 10,8 \cdot 15 = 162 \text{ м}^3 / \text{год},$$

де $n_2 = 10$ л/с

7) На випадок пожежі чи інших нестандартних ситуацій в цеху є щонайменше два шляхи евакуації людей. Шляхи евакуації не повинні перетинати приміщення, де саме розміщені виробництва категорії А та Б за вибухопожежонебезпекою. При необхідності одним із шляхів евакуації може бути вікно із пожежною драбиною чи сходами, що ведуть на підвір'я.

222148.KP.003.06 ПЗ	Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш
---------------------	---------------	-----------------	------------	-------

Техніка безпеки при обслуговуванні технологічного обладнання

Загальні вимоги до робочого персоналу варильного цеху.

- виконувати лише зазначену роботу;
- під час роботи бути дуже обережними, не допускати сторонніх осіб на робоче місце;
- ні в якому разі не працювати на несправному обладнанні;
- у разі травмування негайно звернутися в медпункт та повідомити начальника;
- пройти інструктаж з техніки безпеки.

Категорично забороняється:

- вмикати та вимикати обладнання (крім аварійних ситуацій), на якому заборонено працювати;
- працювати на обладнанні зі знятою або несправною огорожею;
- торкатися до електрообладнання, електропроводки і арматури загального освітлення;
- палити (крім відведених місць), вживання алкоголю та наркотичних засобів;
- переносити по цеху чи зберігати легкозаймисті речовини в відкритих посудинах.

Перед початком роботи потрібно:

- одягнути спецодяг;
- перевірити наявність засобів пожежогасіння;
- переконатися у справності огорожень приводів машин;
- увімкнути приточно-витяжну вентиляцію.

Під час роботи необхідно:

- упорядкувати робоче місце;
- за наявності нехарактерних шумів чи вібрації зупинити працюючу машину.

Після закінчення роботи необхідно:

- упорядкувати робоче місце;
- попередити працівника зміни або майстра про електричні і пожежні.

Заходи безпеки при експлуатації установки

Небезпека під час експлуатації установки полягає у зриві кришок камер і болтів, пошкодження робочих камер чи інших видах руйнування.

Основними причинами руйнування є виробничі дефекти, корозійне руйнування, а також інші види пошкоджень: несправності арматури, приладів та пристроїв безпеки, порушення технологічного режиму і правил експлуатації.

Конструкція повинна бути надійною, забезпечувати безпеку під час експлуатації, очищення та ремонту, а також можливістю внутрішнього огляду. Зварні шви мають бути стиковими та доступними для контролю при виготовленні, монтажу та експлуатації посудини. Матеріали, що призначені для їх виготовлення та ремонту обов'язково повинні мати сертифікати якості.

Установка має бути оснащена відповідними контрольно-вимірювальними приладами, засобами автоматизації, різними показчиками, запобіжними пристроями, запірною чи запірно-регулювальною арматурою.

1. Оператор та налагоджувальник ознайомлені з даною інструкцією допускаються до роботи на установці. Вони мають бути обучені працювати на її обладнанні та мати уявлення про місця небезпеки механічного, теплового та електричного впливу, а також мають практичне ознайомлення із правилами надання першої медичної допомоги і проінструктовані з правил техніки безпеки.

2. До роботи із електрообладнанням установки допускається особа, яка відповідає потребам п.Б2-1-2 «Правил техніки безпеки експлуатації електроустановок» кваліфікаційної групи з електробезпеки не нижче 4 .

3. Робоче місце має бути освітлене відповідно до норм СНиП П-4-79 та з урахуванням правил техніки безпеки і промислової санітарії.

4. З'єднувальні струмоведучі частини і електрична апаратура мають бути надійно ізольовані і огорожені, а двигуни і самі машини установки надійно заземлені у відповідності з ПУЕ, ГОСТ 12.2.007.0-75 і ГОСТ 12.1.030-81.

5. Повинні бути встановлені на місце щити, огороження та двері, що перешкоджають доступ до небезпечної зони.

6. Мають бути в робочому стані блокуючі пристрої приводів.

7. Перед початком роботи необхідно:

7.1. Привести одяг у порядок. Застебнути манжети рукавів і подолу халату. Переконатися, що головний вимикач на щиті керування вимкнено. Видалити із обладнання установки сторонні предмети.

7.2. Переконатися, що ніхто не торкався обладнання перед увімкненням.

7.3. Перевірити наявність у місці запірних та запобіжних арматур на трубопроводах продукту конденсату і пари, справність його та стан.

7.4. Справність контрольно-вимірювальних приладів обов'язково перевірити.

7.5. Переконатися, що конденсат вільно виходить з секцій теплообмінника під час їх продувки.

7.6. Перевірити відсутність надходження у робочі порожнини обладнання пари, води для промивання або розчину миючого засобу.

7.7. Переконатися, що попередньо помічені несправності усунені.

8. Під час роботи необхідно:

8.1. Не торкатися рухомих частин обладнання.

8.2. Заборонено відкривати огороження рухомих частин і електроапаратури.

8.3. Не допускати різкого відкривання вентиля подачі пари.

8.4. Не дозволяється залишати працююче обладнання без нагляду.

8.5. Стороннім особам заборонено знаходитись ближче ніж на 1м від місць розташування обладнання.

Висновки та пропозиції

Для забезпечення безпечної роботи під час експлуатації обладнання працівникам необхідно дотримуватися всіх правил і вимог.

Повинні бути передбачені шумо- та звукоізоляційні заходи. Приміщення у яких знаходиться обладнання із підвищеним рівнем шуму та вібрації мають бути ізольовані, а також обладнані устаткуванням проти шуму та вібрації.

Відповідно до наказу про запобігання нещасних випадків, повинні бути захищені рухомі робочі органи всіх механізмів таким чином, щоб для працюючих була недоступна небезпечна частина.

У разі перевищення концентрації пилу в приміщенні для попередження захворювань працівників та забезпечення нормальних умов праці необхідно:

- забезпечити надійну безпеку на робочих місцях та ефективне функціонування вентиляційних та аспіраційних установок;
- обов'язково використовувати засоби індивідуального захисту;
- ущільнити та герметизувати обладнання.

Для запобігання пожежі необхідно використовувати обладнання, що відповідатиме даному приміщенню та категорії вибухонебезпечної суміші.

У варильному відділенні для нормалізації оптимальної температури у літній період необхідно забезпечити приміщення приточно-витяжною вентиляцією, а також провести теплоізоляцію усіх теплоносіїв і трубопроводів.

6.2. Охорона довкілля

Стан екології

Донедавна розвиток людського суспільства та самоочищення навколишнього природного середовища від техногенних забруднень знаходились у динамічній екологічній рівновазі. Однак в останні роки надзвичайно інтенсивний розвиток промисловості, інтенсивне зростання населення планети, сільського господарства та інші чинники антропогенного впливу на навколишнє природне середовище, незважаючи на величезні екологічні резерви біосфери, призвели до різних негативних наслідків, з якими не здатна впоратися біосфера. Перш за все це стосується забруднення біосфери хімічними речовинами, а саме ксенобіотиками не властивими природі, порушенням природних геохімічних циклів, а також інтенсивним, нераціональним використанням природних ресурсів, що занадто підриває саму можливість природи до самовідтворення відновлюваних ресурсів.

Сучасна екологічна ситуація в Україні характеризується як кризова. Промислові підприємства є основними забруднювачами навколишнього природного середовища, зокрема і підприємства кондитерської промисловості. Серед основних причин, що призвели до незадовільного стану навколишнього середовища, до яких відносяться також і підприємства харчової промисловості:

- застарілі технології виробництва з високим споживанням енерго- і матеріаломісткості, які перевищують у декілька разів показники у розвинених країнах ;
- у деяких регіонах України високий рівень концентрації промислових об'єктів;
- відсутність ефективних екологічних технологій (очисних споруд, систем зворотного водопостачання тощо), незадовільний рівень функціонування існуючих екологічних об'єктів;
- відсутність ефективних правових і економічних механізмів, які б сприяли використанню екологічно безпечних технологічних процесів.

Охорона довкілля на підприємствах кондитерської промисловості складається із ряду заходів щодо впровадження безвідходних технологій, виявлення джерел забруднення і їх локалізації,

**Дані про фонову концентрацію забруднюючих речовин.
Характеристика стану атмосфери.**

Обладнання, представлене в проекті, використовується на лініях виробництва різних видів цукерок, а саме цукеркових цехів. Виготовлення та пакування шоколадних цукерок відбувається у цеху.

Атмосферне повітря забруднюється цукровим пилом під час виготовлення цукерок. Пил виділяється під час виготовлення начинок цукерок у 4-х меланжерах. Меланжери являють собою джерело появи цукрового пилу при завантаженні та змішуванні компонентів.

За допомогою відцентрових дахових вентиляторів через аераційну щілину цукровий пил видаляється з приміщення цеху.

Крім того, в цеху, у 2-х ваннах, розмір яких 0,6×1,2 м, відбувається мийка обладнання відділення заготівлі цукерок. Мийний розчин складається з хлорного вапна та соди кальцинованої. Мийні ванни обладнані боковими відсмоктувачами. При мийці обладнання відбувається виділення аерозолі хлорного водню і соди кальцинованої, яка викидається в атмосферу за допомогою вентиляторів.

Також у 5-ти ваннах, розмір яких 0,6×0,6м, здійснюється миття вузлів обладнання. Мийний розчин складається із хлорного вапна та соди кальцинованої. Мийні ванни оснащені боковими відсмоктувачами. Під час миття обладнання відбувається виділення аерозолі хлорного водню та соди кальцинованої, яка викидається в атмосферу за допомогою вентиляторів.

Перелік забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферне повітря, приведено в табл. 6.2.1. Таблиця містить назви забруднюючих речовин із зазначенням для кожної речовини класу небезпеки, максимальних гранично допустимих разових концентрацій (ГДК_{мр.}) чи орієнтовних безпечних рівнів впливу (ОБРВ) за відсутності для речовини ГДК_{мр.} У табл.6.2.1 представлені також валові викиди (т/ рік) для кожної забруднюючої речовини.

222148.KP.003.06 ПЗ	Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш
---------------------	---------------	-----------------	------------	-------

Перелік забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферне повітря.

Таблиця.6.2 .1.

№ п/п.	Найменування речовини	ГДК разова, мг/м ³	Клас небезпеки	Потужність викиду забруднюючих речовин, т/ рік
1	Заліза оксид	0.4	3	0.0149
2	Сода кальцинована	0.04	4	0.0355
3	Марганцю двооксид	0.01	2	0.0024
4	Свинець	0.001	1	0.0002
5	Аміак	0.2	4	0.1544
6	Азоту двооксид	0.085	2	4.0758
7	Водень хлористий	0.2	2	0.0005
8	Сажа	0.15	3	0.0205
9	Сірчана кислота	0.3	2	3E-5
10	Азоту оксид	0.4	3	0.6538
11	Водень фтористий	0.02	2	0.0004
12	Ангідрид сірчистий	0.5	3	0.0213
13	Вуглецю оксид	5	4	12.722
14	Ксилол	0.2	3	0.0044
15	Епіхлоргідрин	0.2	2	0.0009
16	Гексан	60	4	0.0930
17	Бензпірен	0.00001	1	5E-7
18	Оцтова кислота	0.2	3	0.1019
19	Акролеїн	0.03	2	0.0008
20	Бензин	5	4	0.0811
21	Вуглев.пр. C12-C18	1	4	0.0020
22	ПМЗ типу "Лотос"	0.03	3	0.0041
23	Альфа-бромнафталін	0.04	2	0.0014
24	Пил бавовни	0.2	3	0.0036
25	ПВК >70%	0.15	3	1.8690
26	Пил какао-бобів	0.5	3	6.7451
27	Пил цукровий	0.1	4	0.9297
28	Пил металевий	0.1	4	0.0531
29	Пил деревний	0.1	4	0.1240
30	Пил абразивно-металевий	0.4	4	0.0119

Характеристика джерел водозабору та приймачів стічних вод

Для виробництва продукції потрібна певна кількість води, що відноситься до водопостачання вод I категорії. Водні ресурси в основному використовуються для побутово-господарських потреб, а саме миття обладнання, проведення лабораторних аналізів і технологічних процесів.

Зворотне водопостачання, яке відбувається на фабриці, зменшує споживання води, а також зменшує і економічні витрати. Схема водозабору подана в табл. 6.2.2.

Характеристика водоспоживання

Таблиця 6.2.2.

Найменування показника	Водоспоживання			
	нормативно-розрахункове		фактичне	
	м ³ /доб	т.м ³ /рік	м ³ /доб	т.м ³ /рік
1.Використання води на особисті потреби	684.52	145.7	333.2	84.3
у тому числі:				
на господарсько-питні із підземних вод	209.1	42.59	51.0	12.9
на виробничі із підземних вод	475.42	102.48	282.2	71.4
2.Забір води, всього	850.36	203.25	333.2	84.3
у тому числі:				
із поверхневих вод	-	-	-	-
із підземних вод	730.76	161.95	333.2	84.3
із водопроводу міста чи іншого підприємства	119.6	41.3	-	-
3.Витрати води у системах зворотного водопостачання	6285.0	1590.1	6285.0	1590.1
4. Передача води іншим підприємствам та організаціям (гаряче водопостачання житлових будівель та гуртожитку)	46.24	16.88	-	-
5.Витрати води повторного (послідовного) водопостачання	-	-	-	-

Стічні води – це вода, яка використовується для побутових чи промислових потреб та отримує при цьому додаткові забруднення (домішки), що змінили свій первинний хімічний склад. До них належать і води, що стікають з території підприємства у результаті атмосферних опадів.

Враховуючи характер забруднення стічні води поділяються на:

- атмосферні (таїння снігу і льоду, від дощу);
- господарсько-побутові (з умивальників, душових, туалетів, пралень тощо);
- виробничі (використані під час технологічного процесу).

згідно “Умовам скиду стічних вод у водойми” та правилами охорони поверхні води від забруднення стічними водами здійснюється скид стічних вод у водойми.

Характеристика водовідведення

Таблиця 6.2.3.

Найменування показника	Об’єм водовідведення		
	м³/год max.	м³/доб	т.м³/рік
1.Кількість скиданих стічних вод у водяний об’єкт у тому числі: забруднених із них без очищення нормативно-чистих (тих, що не потребують очищення)	В водяний об’єкт стоки не скидаються		
	---	---	---
	---	---	---
	---	---	---
2.Кількість скиданих стічних вод на поля випарення, ЗПО , поля зрошування та тощо.	---	---	---
3.Кількість скиданих стічних вод у каналізацію міста чи іншого підприємства	52.9	697.2	174.8
4.Способи очистки стічних вод та проектна здатність очисних споруд	Очисні споруди відсутні		

Характеристика відходів виробництва

У процесі виробництва утворюється велика кількість відходів, які при відповідній обробці можуть бути повторно використані як сировина для виробництва промислової продукції. Усі види промислових відходів поділяються на тверді та рідкі. Тверді – це відходи дерева, пластмас і інших матеріалів, металів, пилу мінерального та органічного походження від очисних споруд, а також промислове сміття, яке складається з різних органічних та мінеральних речовин (тканина, папір, пісок, гума, шлак тощо). Рідкі – це відходи осаду стічних вод після їх обробки, а також шлаки пилу мінерального та органічного походження у системах вологого очищення газів.

Розрахунок утворення виробничих відходів на ПАТ ККФ“Рошен” на 2022 рік.

1. Люмінесцентні лампи:

Встановлено	-- 2404 шт.
Гарантійний термін лампи	-- 5040 годин
Заміни підлягають щомісяця	-- 161 (2404 x 2 x 8 x 21 : 5040)
Заміни за рік	-- 1862 (2404 x 2 x 8 x 244 : 5040)

2. Побутові відходи:

-- 24.6 т.

3. Відпрацьовані шини:

Транспортних одиниць	-- 15
Автопробіг у середньому на рік	-- 29600 км на одиницю
	-- 29600x15x4 = 1776000 км

Через кожні 50000 км пробігу проводиться заміна шини

$$1776000 / 50000 = 36 \text{ шт.} - 1.15 \text{ т (36 x 0.032).}$$

Раз в півріччя відпрацьовані шини в кількості 18 шт. здаються на утилізацію третій стороні.

	Норма, кг	Використане за рік, кг	Відпрацьоване за рік, кг
1. Транспортний цех автобуси – 2шт мікроавтобуси – 1шт автомобіль ГАЗ-66 – 1шт	7 кг на 12000 км пробігу	120	92
трактори – 4шт	21 кг на 120 мотогодин	441	357
навантажувачі – 3шт	7 кг на 120 мотогодин	356	335
2. Холодильно-компресорний цех	360	2160	2160
3. Обладнання – 153 один.	3.5 кг на 10 років	540	54
ВСЬОГО		3617	2998

Щоквартально третій стороні передається відпрацьоване мастило, що збирається в спеціальні ємності (14 шт. по 200л кожна).

5. Відпрацьовані акумулятори:

Транспортних одиниць	–15
Гарантійний термін	– 17
Заміні підлягають щомісячно	– 0.9 (15 :17)
Заміні на рік	– 11 (0.9 X 12)

Відпрацьовані акумулятори 1 раз на рік у кількості 11 шт. здаються на утилізацію третій стороні.

Заходи, що забезпечують зменшення забруднення навколишнього середовища.

З метою зменшення забруднення навколишнього середовища ПАТ ККФ “Рошен” проводить низку природоохоронних заходів, які пов’язані зі зменшенням викидів забруднюючих речовин (біля джерел забруднення встановлені очисні споруди); заходи щодо охорони та раціонального використання вод (виконуються вимоги щодо “Скиду стічних вод у каналізаційні мережі та водойми”). Ці заходи реалізуються: шляхом встановлення обліку споживання води по технологічним лініям; шляхом

використанням води із системи водопостачання для миття транспортних засобів, шляхом реконструкції обладнання.

Перелік заходів з охорони та раціональному використанню вод

Таблиця 6.2.5.

№ п/п.	Найменування заходу	Очікуваний ефект по охороні води
1	<i>В основних цехах, по технологічних лініях , встановити облік споживання води</i>	Економія свіжої води 10 т.м ³ /рік
2	Використовувати не свіжу воду для миття транспортних засобів, а з системи водопостачання	Економія свіжої води 2 т.м ³ /рік
3	В якості регулюючого нерівномірність водопостачання за годинами доби використовувати резервуар запасу води для пожежогасіння ємк. 500м ³	Покращення режиму забору підземних вод

Перелік заходів по зниженню об'ємів викидів забруднюючих речовин до нормативного рівня на підприємстві

Таблиця 6.2.6

№ дж. вик	Найменування заходу	Строк викон. заходу	Найменування речовини	Об'єм до виконання заходу, г/с	Об'єм після виконання заходу, г/с	Нормативний ГДВ, г/с	Ефективність впровадження, т/рік
1	Провести реконструкцію газоочисного обладнання з метою досягнення коефіцієнту очистки за пилом >96.6%	III кв.2022	Крохмаль	0.1072	0.0223	0.0223	0.98556
2	Провести реконструкцію газоочисного обладнання з метою досягнення коефіцієнту очистки за пилом >97.2%	IV кв.2022	Крохмаль	0.1320	0.0223	0.0223	1.27766
3	Провести реконструкцію газоочисного обладнання з метою досягнення коефіцієнту очистки за пилом >97.7%	IV кв.2022	Крохмаль	0.0982	0.0223	0.0223	0.88013

Висновки

1. Підприємство затвердило ліміти і нормативи щодо викидів забруднюючих речовин у навколишнє середовище. Ліміти не перевищуються під час роботи підприємства.

2. На підприємстві відсутні очисні споруди для стічних вод. Стічні води скидаються у міську каналізацію. Скидання стічних вод відповідає “Умовам скиду в каналізаційну мережу”.

3. Відходи виробництва відповідають стандартним нормам та вимогам. Перелік заходів щодо зменшення викидів забруднюючих речовин затверджено та впроваджено у виробництво.

4. Завдяки впровадженню підвищується якість продукції, зменшуються витрати ручної праці та її собівартість, впроваджене обладнання дозволяє зменшити електроспоживання, а саме зменшити кількість палива необхідного для отримання електроенергії і підвищити екологічність обладнання.

Екологічне обґрунтування розробки

Проект передбачає модернізацію установки для уварювання кондитерських мас з метою повної автоматизації процесу уварювання і, таким чином, зменшення ручної праці. Це значно зменшує споживання енергії та металоємність. Для екології країни ці зміни мають велике позитивне значення.

Зниження споживання енергії приводить до зменшення споживання палива на електроенергію. При спалюванні палива в атмосферу потрапляє велика кількість шкідливих речовин: сірчистий ангідрид SO_2 та оксиди вуглецю, NO_2 . Ці речовини негативно впливають на стан здоров'я людини, викликаючи хронічні захворювання: бронхіту, ларингіту, гастриту, гепатопатії та інших хвороб. Шкідливі речовини впливають на життєдіяльність рослинного світу, викликаючи втрати їх кормових якостей і хвороби рослин.

Зменшена металоємність розробленого обладнання має також і позитивні екологічні наслідки. Для виготовлення сталі необхідна залізна руда, а добування руди призводить до порушення балансу земної кори і ерозії ґрунтів.

7. МАРКЕТИНГОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

Ринок кондитерських виробів в Україні – це ринок, що динамічно розвивається, оскільки, з одного боку, передові компанії витісняють менш потужні підприємства, а з іншого боку, регулярно з'являються нові підприємства, створюючи конкурентне середовище.

Сучасний кондитерський ринок України є однією з найбільших галузей харчової промисловості, що характеризується стабільністю і швидким зростанням, а також демонструє низький рівень вразливості до негативних спадів у економіці країни і світу в цілому. На усіх провідних підприємствах галузі впроваджені і функціонують системи менеджменту якості за версією ISO 9001:2000. На сьогодні український кондитерський ринок майже не відрізняється від європейського, оскільки вітчизняні виробники пропонують своїм споживачам широкий асортимент кондитерської продукції, що налічує більше 1000 найменувань. Таким чином, загальний імпорт солодоців в Україну постійно скорочується.



Рис.7.1

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Вересоцький Ю.І.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Шапаренко А.В.	Назва, додаткова назва Маркетингове обґрунтування проекту	222148.KP.003.07 ПЗ				
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова уа	Аркуш 1/8	

Станом на 2022 рік кондитерська промисловість є однією з найбільш містких у харчовій промисловості із часткою у реалізації промислової продукції близько 8% продовольчих товарів, що складає 15,4 млрд. грн. у відпускних цінах. Це друге місце в харчовій галузі, перше ж місце займають тютюнові вироби (12,7%), третє займають молоко і молочні продукти (7,8%), четверте – м'ясна галузь (7,3%) і п'яте займають олії рослинні (6,3%). Загальний обсяг виробництва кондитерських підприємств складає понад 1 млн. тон продукції на рік, що дозволяє повністю забезпечити потреби внутрішнього ринку і експортувати значні обсяги продукції за кордон.

Починаючи з 1990 року, виробництво кондитерських виробів в Україні постійно знижується, через низьку купівельну спроможність населення. Досягнувши мінімального значення в 1996 році (282,6 тис. тон) вже у 1997 році, вперше за попередні роки, обсяг виробництва збільшився і склав 318,9 тис. т. Це пояснюється тим, що підприємства кондитерської галузі оговталися від формату планової економіки і зосередилися на ринковій економіці та почали боротьбу у конкурентному середовищі. Піком виробництва кондитерських виробів вітчизняними фабриками (1 116,9 тис.т.) був 2008 рік, коли обсяги виробництва досягли рівня 1990 року, після чого відбувся невеликий спад, в першу чергу пов'язаний зі світовою кризою.

Сегментацію кондитерського ринку України можна умовно відобразити таким чином: сегмент цукрових кондитерських виробів, сегмент борошняних кондитерських виробів та сегмент какаоємних продуктів. Борошняні кондитерські вироби становили 47% загального обсягу ринку кондитерських виробів в Україні. Сегмент какаоємних продуктів із усім різноманіттям охоплює приблизно 32% ринку, тоді як найменшу частку ринку (приблизно 21%) займає сегмент цукрових кондитерських виробів.

Згідно з даними, основні категорії кондитерських виробів у 2022 р характеризують тенденцію до зниження виробництва. Тільки виробництво солодкого печива і вафель продемонструвало позитивну динаміку (приріст порівняно з 2020 роком становив 2%).

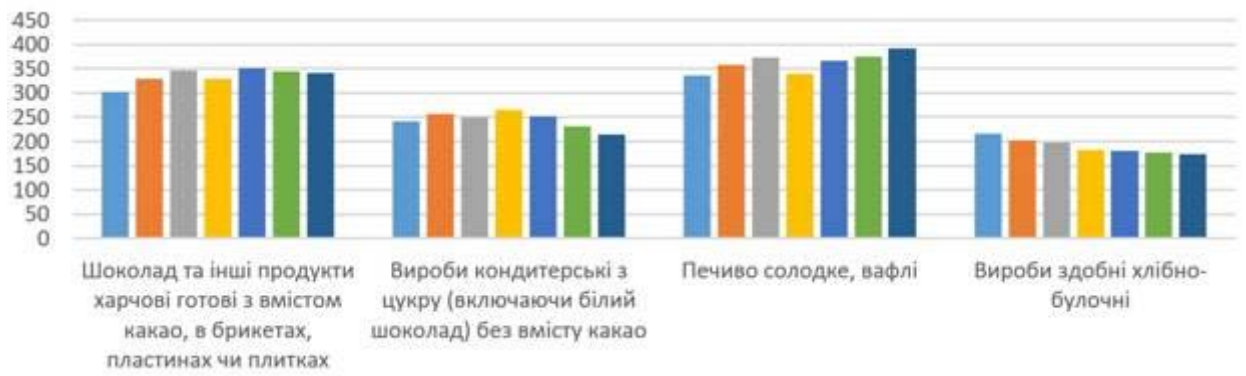


Рис. 7.2

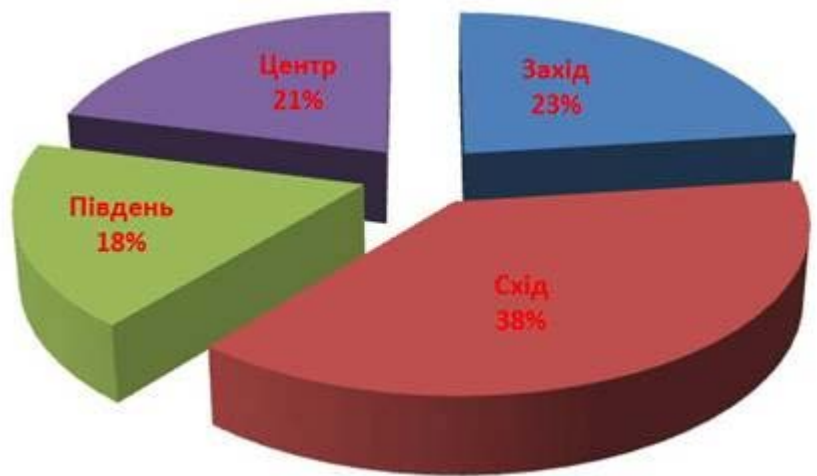
Український ринок кондитерських виробів у 2022 році виріс порівняно з 2017 роком і досяг 17,02 млрд. грн. У 2022 р. вітчизняна кондитерська галузь виробила 1089 тис. тон продукції. Це на 0,73% менше, ніж у 2020 р. Деяке пожвавлення на ринку кондитерських виробів України спостерігається для борошняних кондитерських виробів у 2022 р. на 1,9% порівняно із 2020 р. Зниження виробництва цукрових кондитерських виробів за цей період склало 7%. Спостерігається незначне падіння виробництва шоколадних кондитерських виробів, яке склало 0,9%.

Зниження обсягів виробництва у 2009 році було наслідком фінансової кризи 2008 року, коли споживачі настрої перейшли до простих та дешевих елементів.

Кондитерські вироби займають 8,2% у кошику споживання продуктів харчування середньостатистичного українця за оцінками експертів. Варто зазначити, що загальне споживання кондитерських виробів з кожним роком зростає. Перш за все, це пов'язано зі збільшенням доходів населення, підвищенням якості і збільшенням асортименту вітчизняної продукції. Слід зазначити, що у вітчизняній галузі існують широкі перспективи розвитку, оскільки рівень споживання кондитерських товарів на душу населення в Україні має великий потенціал для подальшого зростання. В середньому українець споживає приблизно 16 кг на рік, що все ще менше європейської норми (22-25 кг на душу населення на рік). Це свідчить про те, що на ринку є достатні резерви для збільшення споживання кондитерських виробів. За

підрахунками, середньостатистичний українець витратив близько 835 грн. у 2020 році на закупівлю кондитерських виробів, з найменшими витратами на борошняні кондитерські вироби, що на наш погляд, зумовлено нижчою ціною на вироби цієї категорії.

Дослідження показують, що споживачам найбільше подобаються шоколадні цукерки, шоколад із різними начинками і вафлі. Цукрові кондитерські вироби недостатньо затребувані серед населення. В середньому один українець споживає майже 4 кг шоколадних цукерок щороку, при чому молочний шоколад користується найбільшим попитом (43% споживачів віддають йому перевагу). Помітна тенденція до активного витіснення імпортних шоколадних виробів з українського ринку. Тому частка іноземних брендів складає 5%. Переважна більшість споживачів налужить до вікової категорії від 18 до 55 років (85%), з них 67% – це жінки, а 33% – це чоловіки.



Щодо попиту на кондитерські вироби, слід зазначити, що вона співпадає з щільністю заселення регіонів та свідчить про те, що попит стабільний до локації та притаманний всім регіонам.

Протягом 2006–2012 рр. майже 65% виробництв цукрових кондитерських виробів було зосереджено на підприємствах Вінницької, Полтавської, Донецької, Харківської та Одеської областей. Основне виробництво шоколаду і шоколадних виробів, які є найбільш швидкозростаючим сегментом цукрових кондитерських виробів зосереджено у місті Києві, Полтавській, Донецькій, Дніпропетровській та Луганській областях (до 60%), де є виробничі потужності найбільших вітчизняних виробників кондитерських виробів шоколадної групи.

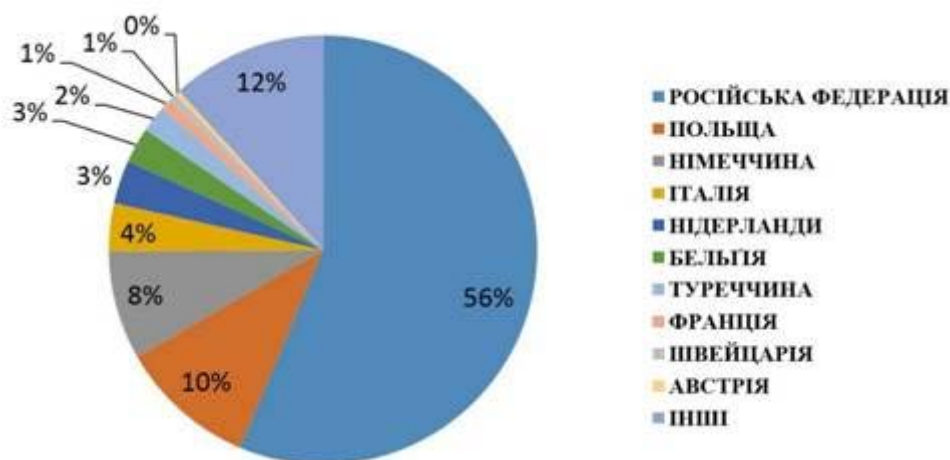
Вітчизняні кондитери розширюють свою діяльність шляхом залучення коштів з-за кордону (ПАТ "Львівська кондитерська фабрика "СВІТОЧ", ПАТ «Крафт Фудз Україна»), коштів вітчизняних інвесторів (АТ «ВО «Конті», ПАТ "Київська кондитерська фабрика "Рошен"), власних коштів (ПАТ "Кондитерська фабрика "АВК" м. Дніпропетровськ", ПАТ "Харківська бісквітна фабрика",).

Кондитерська галузь України вже довела свою конкурентоспроможність на внутрішньому і зовнішньому ринках: продукція цієї галузі повністю відповідає сучасним вимогам та європейським показникам якості. Як показує аналіз, значна частина внутрішнього попиту на кондитерські вироби задовольняється вітчизняними виробниками.

Встановлено, що структура імпорту і експорту кондитерських виробів за країнами не змінюється останні 10 років, що саме по собі є хорошою тенденцією впевненості вектора.

Продукція української кондитерської промисловості експортується до 58 країн світу, розташованих на п'яти континентах. Основний обсяг поставок кондитерських виробів в Україну традиційно надходить із країн Євросоюзу, на частку яких припадає 94,38% загального обсягу імпорту. Водночас більша частина експорту (86%) припадає на країни – члени СНД.

Структура імпорту країн ТОП 10.



До 10% українського експорту поставляється на ринки країн Азії, 5,9% – на ринки країн ЄС, 0,45% – до Північної і Південної Америки, 0,03% – до Африки, 0,02% – до Австралії та Океанії.

Найбільший потенціал до збільшення поставок українських кондитерських виробів має ринок Європейського Союзу. Однак українському експорту заважають високі ставки ввізного мита в Європейському Союзі. Вони, за деякими кодами УКТЗЕД, сягають 50%. Свідченням значного закриття ринку країн-членів ЄС для українських експортерів кондитерських виробів є низькі обсяги поставок.

Згідно з обробленою інформацією проведено порівняльне дослідження динаміки експорту та імпорту.

Порівняно з їх імпортом, аналіз динаміки експорту кондитерських виробів показує більш швидші темпи зростання експорту, а ніж імпорту. Так, за аналізований період приріст експорту склав 164 %, тоді як імпорту лише 106 %. При цьому з кожним роком розрив між показниками стає більшим, що свідчить, як про задоволення внутрішнього попиту в Україні різноманітними кондитерськими виробами, так і про відповідність його світовим стандартам і вподобанням.

Техніко-економічне обґрунтування модернізації

Дана модернізація призначена для лінії з виробництва молочних не глазурованих цукерок «Корівка» на ПАТ «Київська кондитерська фабрика Roshen». Після низки попередніх модернізацій та інвестицій протягом останніх 5 років у цукерковому цеху лінія набула сучасного вигляду. Зокрема, на ділянці відливання корпусів цукерок було встановлено найсучасніше автоматизоване обладнання із програмним забезпеченням іноземного виробника Winkler (Німеччина), а також модернізовано зону загортання та упаковки цукерок. Потужність лінії зросла до 27 тон/добу. Продукція вийшла на світовий ринок і отримала відповідні сертифікати якості. Однак залишилась ділянка яка не була модернізована, варильне відділення, яка є початкової стадією виробництва. У варильному відділенні досі використовується вітчизняне обладнання, розроблене у 80-х роках минулого століття. Це змієвикові вакуум-апарати 33-А і 4 установки для уварювання кондитерських мас із ротаційними теплообмінниками А2-ШУУ, продуктивність яких не надто висока. Щоб

забезпечити увареною цукерковою масою ділянки із високопродуктивним сучасним обладнанням, обладнання варильного відділення працює з максимальною продуктивністю, що призводить до швидкого зношування підшипникових вузлів і робочих органів ротаційних теплообмінників та значного споживання енергії. Обладнання потребує постійного технічного обслуговування з точки зору ремонтних та очисних робіт. Оскільки нові закордонні аналоги дорогі, а їх сумісність із цією технологією виготовлення невідома, виникає питання пошуку інтенсифікації процесу уварювання цукеркової кондитерської маси та її модернізації на базі працюючих ротаційних теплообмінників А-2ШУУ.

Висновки

Наведені обґрунтування та розрахунки основних показників ефективності дозволяють відзначити, що доцільно реалізовувати даний проект у виробництві як такому, що є і технічно, і економічно ефективним. Це підтверджує той факт, що різниця між вигодами та інвестиціями є позитивною і становить 120,33 тис. грн. Тобто із однієї вкладеної гривні очікується 3,20 грн. повернення. Рентабельність проекту складає 22%. Фактичний термін окупності не перевищує життєвого циклу проекту та становить 4,1 року. Його можна скороти до 2,4 років за відсутності факторів часу, що знецінюють грошові потоки (зростання цін на енергоносії інфляція, ризики тощо).

ВИСНОВКИ

В результаті виконаної кваліфікаційної роботи визначено найоптимальніші параметри процесу уварювання молочної цукеркової маси. Згідно з дослідженнями оптимальна тривалість приготування рецептурної суміші визначено в межах $\tau = 10$ хв. при оптимальній швидкості перемішування $v = 0,9$ м/сек. Було встановлено, що при температурі $t = 115$ °C і більше в'язкість практично не залежить від тривалості уварювання та становить $\eta = 1,5-4$ Н·с/м².

На основі отриманих даних визначено шляхи щодо подальшої модернізації обладнання для уварювання кондитерських мас із вдосконаленням конструкції ротаційного теплообмінника, а також покращенні наступні показники:

- підвищено коефіцієнт надійності приводу із 0,369 до 0,92 та надійність установки вцілому за рахунок встановлення диференційованого приводу на кожен вал ротаційного теплообмінника у вигляді стандартизованих мотор-редукторів;
- на 33,3% збільшено загальну площу гріючої поверхні із встановленням додаткової секції;
- суттєво підвищено рівень автоматизації, що дозволяє контролювати та керувати практично всіма етапами уварювання, а також забезпечує можливість автоматичної оптимізації процесу уварювання шляхом регулювання частоти обертання кожного вала;
- загальну кількість використання ручної праці зменшено, а чисельність обслуговуючого персоналу скорочено з двох до однієї людини;
- за рахунок раціонального підбору матеріалів і застосування нових технологій підвищено довговічність швидкозношуваних деталей;

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Вересоцький Ю.І.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа	Розробник документа Шапаренко А.В.	Назва, додаткова назва Висновки		222148.KP.003.000 ПЗ			
НУХТ	Документ затверджено Якимчук М.В.			Інд. змін.	Дата видання	Мова уа	Аркуш 1/2

- під час процесу уварювання в ротаційному теплообміннику в робочій камері визначено вплив геометричних форм робочих органів на рух маси;

- для інтенсифікації процесу уварювання молочної цукеркової маси визначено оптимальну геометричну форму робочого органу (ножа-скребка).

Проведені зміни суттєво підвищують продуктивність і дозволяють мінімально споживати енергію для отримання високоякісного конкурентоспроможного продукту, що і є основною метою виробництва у ринкових умовах. Всі перераховані вище показники вказують на доцільність впровадження модернізованої установки на виробництві.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Обладнання підприємств переробної та харчової промисловості за ред. В.Г.Мирончука. Підручник-Вінниця. /В.Г.Мирончук, І.С.Гулий, М.М. Пушанко та ін. – Нова книга, 2007. – 648 с.
2. Стабніков, В.Н. Проектування процесів та апаратів харчових виробництв» – К.: Вища школа , 1982. – 752 с.
4. Мотуз, І.К. Гідравліка і гідравлічні машини в довідках і таблицях: Навч. посібник для студентів енергомеханічних і технологічних спеціальностей. / І.К.Мотуз. – К.: ІЗМН, 1996. – 260 с.
5. Кіркач, Н.Ф. Розрахунок і проектування деталей машин. / Н.Ф.Кіркач, Р.А. Баласанян. – Х.: Основа, 1991. – 276 с.
6. Анурьєв, В.И. Довідник конструктора-машинобудівника. т.1./ В.І. Анурьєв. – М.: Машинобудування, 1979. – 728 с.
7. Соколенко, А.І. Довідник спеціаліста харчових виробництв. Книга 1. Механіка / Під ред. А.І.Соколенка. – К.: 2001 . – 304 с.
8. Прейс, Г.А. Підвищена зносостійкість обладнання харчової промисловості. /Г.А. Прейс, Н.С. Сологуб, А.І. Некоз. – М.: Машинобудування , 1979. – 208с.
9. Сухенко, Ю.Г. та ін. Технологічні методи забезпечення довговічності обладнання харчової промисловості. / Ю.Г. Сухенко. – К.: НУХТ, 1999. – 256 с.
10. Науково-технічний звіт по темі «Відпрацювання технологічних процесів на деталі технологічного обладнання під час його ремонту». – К, 1986. – 238 с.
11. Маршалкіна, Г.А. Технологія кондитерських виробів /Під ред. Г.А.Маршалкіна. – Харчова промисловість, 1978. – 446 с.
12. Інженерна та комп'ютерна графіка: Підручник / В.Е. Михайленко, В.М.Найдиш, А.М.Підкоритов, І.А.Скидан за ред. В.Є.Михайленка. – К.: Вища

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Вересоцький Ю.І.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Шапаренко А.В.	Назва, додаткова назва Список використаних джерел	222148.KP.003.000 ПЗ				
	Документ затверджено Якимчик М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова уа	Аркуш 1/2	

шк., 2001. – 350 с.

13. Нікітін, В.С. Охорона праці на підприємствах харчової промисловості / В.С. Нікітін, Ю.М. Бурашніков. 1991. – 350 с.

14. Обладнання для кондитерської промисловості. / Ю.В. Бурляй, Ю.А. Драгаєв та ін. – Техніка, 1981р. – 175с.

15. Маршалкін, Г.А. Технологічне обладнання кондитерських фабрик / Г.А. Маршалкін. 1984.-448с.

16. Лунін, О.Г. Технологічне обладнання підприємств кондитерської промисловості / О.Г. Лунін, А.Я. Чернойваник. 1975.-344с.

17. Довідник кондитера ч.ІІ. 1970г., 816с.

18. Істоміна, М.М. Цукерки. Сучасна технологія. / М.М. Істомфна, Т.А. Соколовська, 1979г.

19. Кулінченко, В.Р. Гідравліка та гідравлічні машини : Навч. посібник. / В.Р. Кулінченко – К.: ІЗМН. – 192 с.

21. Установа для уварювання кондитерських мас А2 – ШУУ. Технічний опис та інструкція з експлуатації. Київський дослідний завод харчових машин та механізованих ліній. 1981г.