

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Навчально-науковий інститут харчових технологій**

**Кафедра технології жирів, хімічних технологій харчових добавок та  
косметичних засобів**

«До захисту в ЕК»

Директор інституту

\_\_\_\_\_ О.В. Кочубей-Литвиненко

(підпис)

(ініціали та прізвище)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ червня \_\_\_\_\_ 2021 р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Т.Т.Носенко

(підпис)

(ініціали та

прізвище)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ червня \_\_\_\_\_ 2021 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія

(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Хімічна технологія

на тему: Удосконалення технології отримання стеароїл лактилату натрію

Виконав: здобувач 4 курсу, групи 4

\_\_\_\_\_ Донченко Ольга Володимирівна

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Керівник \_\_\_\_\_ Ковальова Світлана Олександрівна

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

(підпис)

Консультанти \_\_\_\_\_ Житнецький І.В.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_ Сімурова Н.В.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що в цій кваліфікаційній  
роботі немає запозичень із праць  
інших авторів без відповідних  
посилань.

Здобувач \_\_\_\_\_

(підпис)

Київ – 2021 р.

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально- науковий інститут харчових технологій

Кафедра технології жирів, хімічних технологій харчових добавок та косметичних засобів

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 161 Хімічні технології та інженерія

(код і назва)

Освітньо-професійна програма Хімічна технологія

(назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Завідувач кафедри ТЖХТ

Т.Т.Носенко

“09” квітня 2021 року

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

Донченко Ольги Володимирівни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення технології отримання стеароїл лактилату натрію

керівник роботи Ковальова Світлана Олександрівна, к.х.н., доцент,

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

затвержені наказом закладу вищої освіти від “08”квітня 2021 р.№ 236- КС

2. Строк подання здобувачем роботи 01 червня 2021 р.

3. Вихідні дані до роботи потужність виробництва становить 250 кг/добу

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ; Розділ I. Аналітичний огляд науково-технічної літератури; Розділ II. Технологічна частина; Розділ III. Техніко-економічне обґрунтування; Розділ IV. Організація контролю якості продукції; Розділ V. Екологічна частина та охорона праці; Висновки; Список використаної літератури; Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу

Лист 1. Принципова технологічна схема, формат аркушу А1

Лист 2. Апаратурно-технологічна схема, формат аркушу А1

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розрахунок апарату. Креслення апарату	Житнецький І.В. к.т.н., доцент кафедри МАХтаФВ	11.05.2021р.	01.06.2021р.

7. Дата видачі завдання 09.04.2021

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	12.04.2021р.	
2	Аналітичний огляд науково-технічної літератури	14.04-25.04.2021р.	
3	Технологічна частина. Розрахунок матеріального балансу отримання гуміарабіку.	26.04-09.05.2021р.	
4	Техніко-економічне обґрунтування	10.05-16.052021р.	
5	Організація контролю якості продукції	17.05-19.05.2021р.	
6	Екологічна частина та охорона праці	20.05.-23.05.2021р.	
7	Висновки	24.05.2021р.	
8	Список використаної літератури. Реферат	12.04.-25.05.2021р.	
9	Графічна частина проекту. Принципова технологічна схема	26.04-09.05.2021р.	
10	Графічна частина проекту. Апаратурно-технологічна схема	26.04-09.05.2021р.	
11	Графічна частина проекту. Креслення апарату (загальний вигляд)	10.05-25.06.2021р.	
12	Перевірка на академіяплагіат, передзахист, рецензування ДП	25.05.2021р.-01.06.2021р.	

Здобувач

(підпис)

**Донченко О.В.**

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

**Ковальова С.О**

(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

ЗАПИСКА ПОЯСНЮВАЛЬНА: 93 С., 17 ТАБЛ., 22 РИС., 23 ДЖЕРЕЛ

В даній кваліфікаційній роботі розглянуто удосконалення технології виробництва харчової добавки стеароїл лактилат натрію E481, що являє собою кальцієву сіль суміші молочної та стеаринової кислот, проаналізовано вітчизняну та світову науково-технічну літературу щодо існуючих технологій виробництва лактилату натрію, фізико-хімічні властивості, а також сфери застосування. Наведена характеристика сировинної бази, запропоновано технологію виробництва з використанням молочної кислоти, стеаринової кислоти та карбонат натрію, описано та обґрунтовано принципову та апаратурно-технологічну схему виробництва харчової добавки E481, розраховано матеріальний баланс виробництва, здійснено підбір обладнання, яке відповідає потужності запропонованого виробництва. Проведено технологічний та конструктивний розрахунок центрифуги, наведена її схема.

Розраховано ряд техніко-економічних показників виробництва. Показано, що запропонована технологія виробництва добавки E481 за своїми економічними показниками є рентабельною.

Описано вимоги щодо контролю якості сировини та готового продукту за відповідними нормативними документами. Проаналізовано екологічні аспекти виробництва стеароїл-лактилату натрію. Розроблена технологія відповідає усім вимогам і стандартам охорони праці, забезпечує працівників належними умовами праці.

У висновках наведені результати виконаної роботи.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ХАРЧОВА ДОБАВКА, ЛАКТИЛАТ НАТРІЮ, СТЕАРОЇЛ-2- ЛАКТИЛАТ НАТРІЮ, E481, ПРИНЦИПОВА СХЕМА, РОЗРАХУНОК ЦЕНТРИФУГИ, АПАРАТУРНА СХЕМА, МАТЕРІАЛЬНИЙ БАЛАНС, ПІДБІР ОБЛАДАННЯ, ОХОРОНА ПРАЦІ, ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА.

## ABSTRACT

EXPLANATORY NOTE: 93 P., 17 TABL., 22 FIG., 23 SOURCES.

In this qualifying work the improvement of technology of production of food addition is considered the sodium stearoyl lactate of E481, that shows a soba calcium salt of mixture of suckling and stearin acids, is analysed home and world scientific and technical literature in relation to existent technologies of production of lactylate of natrium, physical and chemical properties, and also application domains. The brought description over of source of raw materials, technology of production with the use of suckling acid, stearin acid and carbonate of natrium are offered, the fundamental and apparatus-technological chart of production of food addition is described and reasonable E481, material balance of production is expected, the selection of equipment that answers power of the offered production is carried out. The technological and structural calculation of centrifuge is conducted, her chart over is brought.

A row is expected technically - economic indicators of production. It is shown that the offered technology of production of addition of E481 on the economic indicators is cost-effective.

Requirements are described in relation to control of quality of raw material and prepared product after corresponding normative documents. The ecological aspects of production of sodium stearoyl lactate are analysed. The worked out technology answers all requirements and standards of labour protection, provides workers the proper terms of labour.

In conclusions the brought executed job performances over.

KEYWORDS: FOOD ADDITION, LACTYLATE OF NATRIUM, SODIUM STEAROYL LACTATE, E481, FUNDAMENTAL CHART, CALCULATION OF CENTRIFUGE, APPARATUS CHART, MATERIAL BALANCE, SELECTION OF ОБЛАДАНИЯ, LABOUR PROTECTION, ECOLOGICAL SAFETY.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ I АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	11
1.1 ХАРАКТЕРИСТИКА ЕМУЛЬГАТОРІВ.....	11
1.2 ХАРАКТЕРИСТИКА ЛАКТАТІВ .....	13
1.3 ХАРАКТЕРИСТИКА ЛАКТИЛАТУ НАТРІЮ .....	14
1.4 ОТРИМАННЯ ЛАКТИЛАТУ НАТРІЮ .....	15
1.5 ХАРАКТЕРИСТИКА МОЛОЧНОЇ КИСЛОТИ .....	15
1.6 ХАРАКТЕРИСТИКА СТЕАРИНОВОЇ КИСЛОТИ .....	16
1.7 ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЛАКТИЛАТУ НАТРІЮ.....	17
1.8 ВИКОРИСТАННЯ E481 .....	18
1.9.1. ВИКОРИСТАННЯ В ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБАХ. ....	20
1.10. ГІГІЄНІЧНІ НОРМИ ВИКОРИСТАННЯ. ....	21
РОЗДІЛ II ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА .....	22
2.1 ХАРАКТЕРИСТИКА СИРОВИНИ.....	22
2.2. ОПИС ПРИНЦИПОВО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ. ....	25
2.3 МАТЕРІАЛЬНИЙ БАЛАНС ВИРОБНИЦТВА .....	29
2.4 РОЗРАХУНОК ТА ПІДБІР ОСНОВНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ.....	37

					ННІХТ. ХТ-4-4.021.161.КР.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата				
Розроб.		Донченко О.В.			<b>ЗМІСТ</b>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Ковальова С.О.					6	92
Н.Контр		Подобій О.В.				НУХТ, каф. ТЖХТ		
Затверд.		Носенко Т.Т.						

2.4.1 Таблиця, на якій представлено технологічне обладнання процесу виробництва.      38	
2.4.2 ПІДБІР ОБЛАДАННЯ. .... 38	
2.5 ОПИС ЦЕНТРИФУГИ. .... 45	
2.5.1 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДАННЯ..... 45	
2.5.2 СТРУКТУРНА СХЕМА ЦЕНТРИФУГИ ФПН-1251 ..... 46	
2.5.3 ОПИС КОНСТРУКЦІЇ ОСНОВНИХ ВУЗЛІВ ЦЕНТРИФУГИ ФПН- 1251 З ВКАЗІВКОЮ ВИБОРУ МАТЕРІАЛІВ..... 47	
ОСНОВНИХ ДЕТАЛЕЙ ..... 47	
2.5.3.1 ОПИС КОНСТРУКЦІЇ І ПРИНЦИПУ ДІЇ ЦЕНТРИФУГИ ФПН-1251 ..... 47	
2.5.3.2 ПЕРЕВАГИ І НЕДОЛІКИ ЦЕНТРИФУГИ ФПН- 1251 ..... 50	
2.5.3.3 ОПИС КОНСТРУКЦІЇ ОСНОВНИХ ВУЗЛІВ ФПН- 1251 З ВКАЗІВКОЮ ВИБОРУ МАТЕРІАЛІВ ОСНОВНИХ ДЕТАЛЕЙ ..... 51	
2.5.4 КІНЕМАТИЧНА СХЕМА ЦЕНТРИФУГИ ФПН-1251 ..... 53	
2.5.5 РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ І КІНЕМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЦЕНТРИФУГИ ..... 54	
2.5.5.1 РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЦЕНТРИФУГИ..... 54	
2.5.6 РОЗРАХУНОК МІЦНОСТІ ПАРАМЕТРІВ ВУЗЛІВ І ДЕТАЛЕЙ ЦЕНТРИФУГИ..... 60	
2.5.6.1 РОЗРАХУНОК ЦИЛІНДРИЧНОГО РОТОРУ ..... 60	
2.5.6.2 РОЗРАХУНОК ПІДШИПНИКА ..... 65	
2.7 ОПИС АПАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ..... 70	
РОЗДІЛ ІІІ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ..... 73	
РОЗДІЛ ІV ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ ..... 79	
РОЗДІЛ V ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ ..... 83	
5.1 ОХОРОНА ПРАЦІ НА ПІДПРИЄМСТВІ..... 83	

5.2 ЗАХОДИ З ОХОРОНИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА НА

ВИРОБНИЦТВІ ..... 85

ВИСНОВКИ..... 88

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ..... 90

					<b>ЗМІСТ</b>	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

**Актуальність дослідження.** Лактилат натрію відомий як харчова добавка E481, дозволена в ЄС для використання в якості емульгатора і стабілізатора. Ця добавка є сумішшю натрієвих солей продуктів реакції жирних кислот з молочною кислотою. Добавка E481 має широке застосування у різних галузях виробництва, таких як випічка (у кількості, яка не повинна перевищувати 0,5 відсотків від усієї маси використаного борошна), вершкові лікери, різноманітні начинки, пудинги, злаки, морозиво, консервоване м'ясо, дієтичні продукти, дегідратована картопля, вафлі, жувальна гумка, млинці, десерти, пасти, начинки, корма для домашніх тварин. Добавка також використовується в продуктах особистої гігієни, таких як креми для гоління або зволожуючі засоби для особи, рук і ніг.

Відомо не так багато способів утворення харчової добавки стеароїл лактилат натрію. Один з них покладений за основу даної роботи.

**Об'єктом досліджень** є стеароїл лактилат натрію (харчова добавка E-481).

**Предметом досліджень** є технологія виробництва стеароїл лактилату натрію.

**Метою роботи** є удосконалення промислового способу отримання стеароїл лактилату натрію із молочної і стеаринової кислот та карбонату натрію.

### **Завдання:**

1. Провести огляд науково-технічної літератури з метою вивчення властивостей стеароїл лактилату натрію, сфери його застосування, методи отримання.

2. Охарактеризувати сировину, що використовують для одержання стеароїл лактилату натрію.

					ННІХТ. ХТ-4-4.021.161.КР.ПЗ					
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<b>ВСТУП</b>					
<i>Розроб.</i>		Донченко О.В.						<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		Ковальова С.О.							9	92
<i>Н.Контр</i>		Подобій О.В.						НУХТ, каф. ТЖХТ		
<i>Затверд.</i>		Носенко Т.Т.								

3. Розробити принципову та апаратурно-технологічні схеми.
4. Розрахувати матеріальний баланс виробництва за заданою потужністю.
5. На основі розрахованого матеріального балансу виконати підбір апаратурного обладнання.
6. Виконати креслення та розрахунки одного з основних апаратів виробництва – центрифуги.
7. Навести техніко-економічне обґрунтування.
8. Навести показники якості та безпеки отриманої продукції.
9. Розглянути екологічну безпеку запропонованої технології, та описати заходи з охорони праці на виробництві.

					<b>ВСТУП</b>	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# РОЗДІЛ І АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

## 1.1 Характеристика емульгаторів.

**Емульгатори** - речовини, які сприяють утворенню і підвищенню стійкості емульсії. Ефективні емульгатори — міцелоутворюючі ПАР, розчинні високомолекулярні речовини, деякі високодисперсні тверді тіла. Дія емульгаторів на межі поділу двох рідких фаз базується на утворенні навколо глобул дисперсної фази адсорбційних оболонок з високою структурною в'язкістю (структурно-механічного бар'єру), які перешкоджають зближенню глобул і їх коалесценції або флокуляції [5].

За здатністю стабілізувати емульсії типу о/в або в/о їх можна розділити на Е. першого (о/в) і другого (в/о) роду. За хімічною природою Е. поділяють на три класи: речовини з дифільною будовою молекул, ВМС, неорганічні речовини. За способом отримання емульсії можуть бути синтетичні, напівсинтетичні та природні. Останні поділяють на емульсії тваринного і рослинного походження. Емульсії можна також розділити на низько- та високомолекулярні. До високомолекулярних належать желатин, білки, полівініловий спирт, полісахариди рослинного та мікробного походження та ін. На поверхні розділення фаз вони утворюють тривимірну сітку з певними параметрами і стабілізують емульсії за рахунок створення структурно-механічного бар'єра в об'ємі дисперсійного середовища. Властивості емульсії залежать не тільки від загальної величини гідрофільної і ліпофільної частин їх молекул, а й від співвідношення між ними, яке виражається через гідрофільно-ліпофільний баланс. Найбільше значення як емульсії мають низькомолекулярні ПАР. За здатністю до іонізації у воді їх можна поділити на чотири класи: аніонні, катіонні, неіоногенні та амфолітні.

					ННІХТ. ХТ-4-4.021.161.КР.ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Донченко О.В.			<b>АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		Ковальова С.О.					11	92
<i>Н.Контр</i>		Подобій О.В.				НУХТ, каф. ТЖХТ		
<i>Затверд.</i>		Носенко Т.Т.						

1) Аніонні ПАР містять у молекулі полярні групи і дисоціюють у воді з утворенням негативно заряджених довголанцюгових органічних іонів, що визначає їх поверхневу активність. [5]

### **Основні функції емульгаторів:**

- емульгатор – сприяє диспергуванню олії і води з утворенням однорідної емульсії типу «вода в маслі» або «масло в воді»
- стабілізатор емульсії – підвищує стабільність емульсії у збитих кремах;
- сповільнювач старіння – збільшує термін зберігання випечених виробів за рахунок утворення комплексів з молекулами крохмалю;
- піноутворювач – забезпечує формування повітряних пор у процесі аерування рідкого збитого тіста, кремів і т. д.;
- піногасник – стабілізує харчові продукти або допомагає руйнувати небажані емульсії;
- диспергуюча речовина – знижує міжфазний натяг, тим самим полегшуючи диспергування твердої речовини, рідини і газу;
- бар'єр по відношенню до води – емульгує вологу, запобігаючи її втрати під час зберігання;
- бар'єр по відношенню до кисню – захищає недостатньо стійкі інгредієнти від окислення;
- речовина, що зменшує липкість або клейкість – діє в якості мастильної речовини, знижуючи прилипання харчового продукту до зубів, упаковок або ріжучого обладнання;
- агломеруючий агент – регулює процес з'єднання і укрупнення частинок жиру в рідині;
- поліпшувач смаку – емульгує жирову фазу, покращуючи органолептичні характеристики. [9]

					<b>АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b>	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1.2 Характеристика лактатів

**Лактилати** - це органічні сполуки, схвалені FDA (*Регулювання харчових продуктів і харчових добавок Управлінням по контролю за продуктами і ліками США -Regulation of food and dietary supplements by the U.S. Food and Drug Administration*) для використання як харчових добавок і косметичних інгредієнтів (наприклад, лактилати є емульгаторами харчової якості ). Ці добавки нетоксичні, біорозкладні і зазвичай робляться з використанням біопоновлюваної сировини. Завдяки своїй безпеці і універсальній функціональності, лактилати використовуються в широкому спектрі харчових і нехарчових продуктів [1].

Ациллактилати були розроблені в 1950 - х роках CJ Patterson компанії в непрезентованих нафтохімічних альтернатив Sta - Soft, в поліоксиетилен похідне стеаринової кислоти, для затримки черствіння з хліба . Дослідження в області розробки лактилатів привели до першої патентної заявки на лактилати, поданої в 1951 році, і двом виданим патентам в 1956 і 1957 [1].

Ці патенти включали виробництво і застосування в лабораторних умовах декількох лактилатів, включаючи CSL(*calcium stearyl lactylate*) і SSL(*sodium stearyl lactylate*) [1].

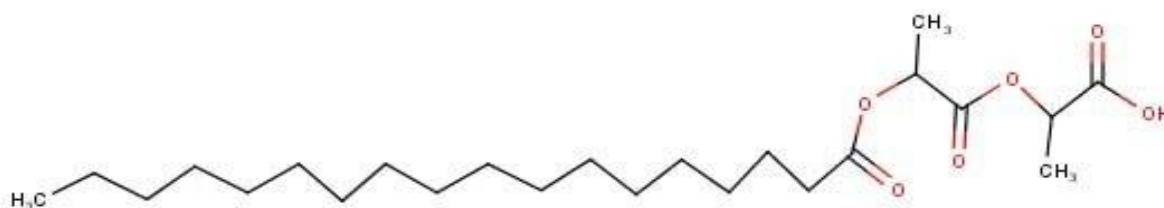
У 1954 році винахідники опублікували статтю, що показує, що CSL покращує переносимість суміші, об'єм хліба і загальну якість. CSL отримав схвалення FDA для використання як харчової добавки в квітні 1961 року і уперше був використаний в якості комерційної добавки для хлібобулочних виробів в Сполучених Штатах в 1962 році. Дослідження було визнане великим досягненням в хлібопекарській промисловості, отримавши премію Food Technology Industrial Achievement Award в 1965. У 1968 році послідувало використання SSL в якості добавки для випічки [1].

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 1.3 Характеристика лактилату натрію

**Лактилати натрію( E 481)**, стеароїл-лакtilат натрію (англ. sodium stearoyl lactate, sodium stearoyl lactylate, SSL, sodium oleyl lactate, , sodium lactylates, sodium stearoyl (oleoyl) lactate, NSL; нем. Natri-umlactylate, Natriumstearoyl-, Natriumoleoyllactat; фр. sodium-lactylate, sodium-stearoyle-lactate, sodium-oleoyle-lactate).

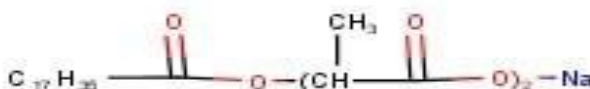
Структурна формула:



*Рис.1.1 Структурна формула стеароїл лактилат натрію*

У харчовій промисловості стеароїл лакtilат натрію використовується в якості стабілізатора, зареєстрований під кодом E481. Ця харчова добавка зберігає в'язкість і покращує консистенцію харчових продуктів.

Хімічна структура:



*Рис.1.2 Хімічна формула стеароїл лактилат натрію*

В основному, лакtilати натрію зустрічаються у складі жирових і олійних емульсій, м'ясних консервів, порошку для виготовлення гарячих напоїв, кондитерських борошняних виробів (з регламентованим обмеженням), а також сухих сніданків.

Також харчовий стабілізатор E481 застосовується при виготовленні лікерів, спиртних напоїв певної міцності, десертів і рису швидкого приготування. Іноді ця добавка вводиться до складу біологічно активних продуктів, призначених для зниження маси тіла. Властивості харчового стабілізатора E481 дозволяють покращувати переробку початкової сировини,

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

завдяки чому спрощується процес збивання таких продуктів, як тісто, морозиво, десерти і маргарин.

Використовується речовина і при виготовленні сухих вершків, які додаються в каву і соуси. Здатний стабілізатор E481 значно подовжувати життєвий цикл дріжджових клітин.

### **Склад:**

Суміш натрієвих солей продуктів реакції жирних кислот з молочною кислотою, містить жирні кислоти, натрієві солі складних ефірів харчових жирних кислот з молочною або полімолочними кислотами (безліч варіантів з багатьма побічними продуктами) [14].

### **1.4 Отримання стеароїл лактилату натрію**

#### **Отримання:**

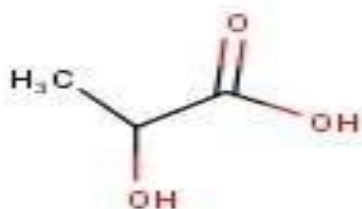
Прямою естерифікацією моногліцеридів жирних кислот або жирних кислот гідроксильними групами молочної кислоти з подальшою повною або частковою нейтралізацією (стабілізацією) гідроксидом натрію. Отримують із молочної і стеаринової кислот.

Домішки: вільні жирні кислоти, молочна кислота, полімолочні кислоти і їх солі у кількості більше дозволеного.

### **1.5 Характеристика молочної кислоти**

#### **Молочна кислота:**

- $\alpha$ -оксіпропіонова одноосновна оксикарбонова кислота, хімічна формула  $\text{CH}_3\text{-CH}(\text{OH})\text{-COOH}$ . Важливий проміжний продукт обміну живих організмів.



*Рис.1.3. Структурна формула молочної кислоти*

					<b>АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b>	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Становить суміш 2-гідроксипропіонової кислоти, продуктів її конденсації та води. Перебуває зазвичай у формі рацемату, (RS)-молочної кислоти та в деяких випадках як (S)-(+)-ізомер. У промисловості одержують шляхом ферментації вуглеводів (глюкоза, цукроза, лактоза, крохмаль кукурудзяний, картопля, патока) за наявності *Bacillus acidilacti* та інших мікроорганізмів, а також синтетичної реакції між ацетальдегідом та оксидом вуглецю при 130–200 °С та в умовах високого тиску чи гідролізу гексози за наявності гідроксиду натрію. К.м. отримана ферментацією цукру, є лівообертаючою, а отримана синтетично — рацемічною.[7]

Однак К.м., отримана шляхом ферментації, стає правообертаючою (при розведенні з водою) за рахунок гідролізу (R)-форми до (S)-форми.

К.м. використовують у фармацевтичній, косметичній та харчовій промисловості як діючу та допоміжну речовину. Входить до складу фармацевтичних препаратів, косметичних засобів, напоїв та харчових продуктів як регулятор рН, підкиснювач та консервант. Зберігають у щільно закритих контейнерах, у сухому прохолодному місці. К. м. гігроскопічна і при контакті з водою утворює продукти конденсації, такі як полімолочні кислоти. При підвищенні температури утворює лактид, який легко гідролізується в К.м.[7]

## 1.6 Характеристика стеаринової кислоти

### Стеаринова кислота:

- одноосновна карбонова кислота аліфатичного ряду. Відповідає такій хімічній формулі  $C_{18}H_{36}O_2$  або  $CH_3(CH_2)_{16}COOH$ . Є білою кристалічною речовиною, нерозчинною у воді і розчинною в діетиловому ефірі.



Рис.1.4. Структурна формула стеаринової кислоти.

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Стеаринова кислота — одна із найпоширеніших в природі жирних кислот, у вигляді гліцеридів входить до складу ліпідів. Найбільше тригліцеридів у жирах тваринного походження, які в організмі виконують функцію сховища енергетичних запасів. Вміст стеаринової кислоти в тваринних жирах найбільше в баранячому жирі (до ~30 %), в рослинних оліях — до 10 % (пальмова олія); важливими винятками є какао-олія та олія ши, в яких вміст стеаринової кислоти сягає 28-45 % [4].

Кислота стеаринова також може бути виготовлена іншими методами й містити антиоксидант, напр., бутилгідрокситолуол (0,005%). Властивості:  $T_{\text{кип}}$  — 383 °С; щільність — 0,537 г/см<sup>3</sup>; щільність (установлена) — 0,571 г/см<sup>3</sup>; щільність (істинна) — 0,980 г/см<sup>3</sup>;  $T_{\text{спалаху}}$  — 113 °С (у закритому посуді);  $T_{\text{пл}}$  — 69–70 °С; практично не містить води; коефіцієнт розподілу олія/вода — 8,2;  $n_{D20}$  – 1,43 при 80 °С; кислотне число — 195–212; число омилення — 200–220; питома площа поверхні — 0,51–0,53 м<sup>2</sup>/г; легкокорозинна в бензолі, чотирихлористому вуглеці, хлороформі, естері, розчинна в етанолі (95%), гексані, пропіленгліколі, практично нерозчинна у воді [4].

### 1.7 Фізико-хімічні властивості лактилату натрію.

Фізико-хімічні властивості:

Температура плавлення зменшується при збільшенні долі молочної кислоти. Розчиняється в рослинних оліях; нерозчинні у воді.

З метою збереження необхідного рівня в'язкості продуктів харчування, а також для поліпшення їх консистенції нерідко при виробництві продовольчих товарів застосовується харчовий стабілізатор Е- 481. Лактилати натрію. Крім того, до додаткових властивостей харчового стабілізатора Е- 481.

Лактилати натрію відноситься і його здатність виступати агентом, що емульгує.[6]

На вигляд добавка відрізняється структурою маслянистої речовини, але може бути представлена у формі ясно-жовтого м'якого воску. Е- 481 - це своєрідна комбінація стеаринової кислоти і молочної. Фізичні властивості харчового стабілізатора Е- 481.Лактилати натрію безпосередньо обумовлені

					<b>АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b>	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

способом його отримання, для чого, як правило, використовуються рослинні олії, хоча на практиці нерідко застосовуються і жири тваринного походження.

Побічні ефекти: Відсутні, як молочна, так і стеаринова кислота є звичайними продуктами метаболізму людини.

Оскільки цей тип речовини має дуже низьку стійкість до гідролізу, основний об'єм схильний до розкладання вже в їжі. Інші частки падають безпосередньо після попадання в організм людини в ШКТ. Цей розпад призводить до двох з'єднань - стеаринової і молочної кислоти. У свою чергу, ці два типи кислот є природними учасниками процесів метаболізму в організмі. Крім того, натрій стеароил лактат являється гіпоалергенним і не викликає реакції імунної системи ні для внутрішнього використання, ні для зовнішніх контактів.[6]

### **1.8 Використання E481**

E481 використовується в широкому спектрі продуктів, таких як - випічка (у кількості, яка не повинна перевищувати 0,5 відсотків від усієї маси використаного борошна), вершкові лікери, різноманітні начинки, пудинги, злаки, морозиво, консервоване м'ясо, дієтичні продукти, дегідратована картопля, вафлі, жувальна гумка, млинці, десерти, пасти, начинки, корма для домашніх тварин. Додаток також використовується в продуктах особистої гігієни (у концентраціях 0,5-10% вазі формули), таких як креми для гоління або зволожуючі засоби для особи, рук і ніг.[8]

Дуже часто E481 використовують у випічці, особливо в якості емульгатора, з найпоширеніших являються шоколадні бісквіти з ягідними, йогуртами або творожно-ягідними кремами. Також в період приготування кремів, морозива, м'ясних консервів і так далі.

Серед таких продуктів можна відмітити: маргарин, повітряні кремові десерти, морозиво, тісто.

E481 часто використовується в процесі виробництва вершків (сухих), які надалі додаються в соуси і каву. Стеароил-2-лактилат натрію позитивно

					<b>АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b>	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

впливає на тривалість життєдіяльності дріжджових клітин. E481 можна використати для:

- тестове кондиціонування - робить глютен (рослинний білок) в хлібі сильніше, також збільшуючи об'єм готового хлібобулочного виробу;
- збільшений термін придатності - зберігає форму;
- зменшений жир, використовуваний в хлібі, шляхом диспергування жирів, роблячи хліб м'якшим;
- із-за його солодкого смаку він може замінити цукор;
- покращує ефективність ферментації і розрізання готового хлібобулочного продукту;
- емульгування - це допомагає підтримувати змішування олії і води. [9]

Наприклад, він поглинає воду в хлібобулочних виробках, що дозволяє використати більше води.

Немає ніяких доказів того, що стеароил-2-лактилат натрію може впливати негативно на дітей, у тому числі новонароджених, а також вагітних жінок. Не варто забувати, що ця, врешті-решт, хімічна речовина, тому його рекомендується уникати якомога більше. [9]

Відсутня інформація про канцерогенність, токсичність, мутагенність, тератогенність розвитку відносно організму людини. E481 може викликати легке роздратування шкіри, і при підвищених температурах прямий контакт з цим продуктом може викликати термічні опіки.

Добавка також може злегка дратувати дихальні шляхи.

Існує вірогідність прояву алергічних реакцій відносно стеароил-2-лактилат натрію. Алергію можуть викликати використовувані хімічні речовини, які і стимулюють прояв роздратування і свербіжу шкіри. Крім того, при прямому контакті з очима треба якнайшвидше промити їх теплою водою упродовж мінімум п'ятнадцяти хвилин.

					<b>АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b>	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 1.9.1. Використання в хлібобулочних виробах.

Найбільше ринкове використання SSL - це дріжджові хлібобулочні вироби. SSL використовується у більшості вироблених хлібобулочних виробів, булочок, обгортки, перепічок і аналогічних продуктів на основі хліба для забезпечення постійної якості продукції. Рівні використання хлібобулочних виробів варіюються від 0,25 до 0,5 залежності від борошна. Типовий рівень внесення складає 0,375 коригуватиметься залежно від типу і якості використовуваного борошна . [13]

В порівнянні із стеарол лактилатом кальцію (CSL) SSL має деякі переваги. По-перше, SSL легше диспергує і гідратується у воді, чим CSL. Отже, SSL не вимагає попередньої гідратації. По-друге, SSL забезпечує краще розм'якшення м'якша, чим CSL. Ефект розм'якшення м'якша SSL помітний через 5-7 днів після випічки. По-третє, в рецептурах щедрого хліба (наприклад, формового хліба і булочок для гамбургерів) SSL забезпечує краще зміцнення тесту, чим CSL. Використання SSL в цих рецептурах приведе до (майже) ідеальної симетрії в готовій випічці. Із-за цих характеристик SSL нині використовується у більшій кількості додатків для випічки, чим CSL.[3]

Дослідження вивчали можливість заміни SSL за допомогою ферментів . Самі по собі ферментні технології не змогли повністю замінити SSL.

Основним обмеженням ферментів є виробництво мармеладного хліба непередбачуваної якості. Крім того, ферменти часто не збільшують міцність тесту, що необхідно для відвертання руйнування хліба під час випічки. Нині ферменти використовуються у поєднанні з SSL, щоб максимально продовжити термін зберігання хліба.

SSL дуже добре збільшує м'якість хліба впродовж першого тижня після випічки.

Ферментна технологія краще всього працює після перших п'яти днів зберігання. Таким чином, за допомогою комбінації цих технологій виходить хліб з оптимальною м'якістю упродовж усього бажаного терміну зберігання.[3]

					<b>АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b>	Арк .
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1.10. Гігієнічні норми використання.

### Гігієнічні норми:

ДСП 20 мг/кг ваги тіла в день.

Небезпеки по ГН- 98 відсутні.

ЄС: рекомендовані для обмеженого застосування у виробництві хліба.

В Україні дозволені в якості емульгаторів в жирові емульсії в кількості до 10 г/кг;

- ❖ у лікери емульговані, спиртні напої фортецею менше 15 кількості до 8 г/кг;
- ❖ у хлібобулочні і борошняні кондитерські виробу, цукристі кондитерські вироби, десерти, сухі сніданки на основі зернових і картоплі в кількості до 5 г/кг;
- ❖ у рис швидкого приготування, консерви з рубаного або подрібненого м'яса в кількості до 4 г/кг;
- ❖ у хліб в кількості до 3 г/кг;
- ❖ у жувальну гумку, в порошки для приготування гарячих напоїв, гірчицю фруктову, дієтичні лікувально-профілактичні продукти спеціалізовані;
- ❖ дієтичні суміші для зниження маси тіла в кількості до 2 г/кг (п.3.6.27 СанПіН 2.3.2.1293-03). [2]

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ II ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

У цьому проекті запропоновано технологічну лінію періодичної дії виробництва стеароїл лактилату натрію, харчової добавки Е 481. Для цього доцільно скористатися молочною кислотою, стеариноювою кислотою та попередньо отриманим водним розчином натрій карбонату, а точніше кальцинованою содою.

### 2.1 Характеристика сировини

Отримують лактилат натрію прямою естерифікацією моногліцеридів жирних кислот або жирних кислот гідроксильними групами молочної кислоти з подальшою повною або частковою нейтралізацією (стабілізацією) гідроксидом натрію. Отримують із молочної і стеариноювої кислот. Структурна формула стеароїл лактилат натрію зображено на рисунку 2.1.



Рис.2.1. Стеароїл лактилат натрію

**Стеаринова кислота** - одна з найбільш поширених в природі жирних кислот. Входить у вигляді гліцеридов до складу ліпідів, перш за все тригліцеридів (жирів) тваринного походження а також рослинних масел, зустрічається в деяких видах нафти. Крім того, вона міститься у рослинах, наприклад у плодах какао, соєвих бобах, у пальмовій олії.

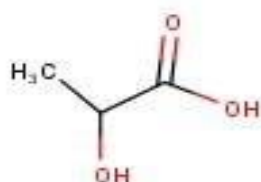
					ННІХТ. ХТ-4-4.021.161.КР.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата				
Розроб.		Донченко О.В.			<b>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Ковальова С.О.					22	92
Консульт.		Житнецький І.В.				НУХТ, каф. ТЖХТ		
Н.Контр		Подобій О.В.						
Затверд.		Носенко Т.Т.						

Синтезується у організмі з пальмітинової кислоти під дією ферментів - елонгаз, що відповідають за подовження аліфатичної ланцюга жирних кислот [23]. Структурна формула стеаринової кислоти представлено на рисунку 2.2.



*Рис.2.2 Стеаринова кислота*

**Молочна кислота** - становить суміш 2-гідроксипропіонової кислоти, продуктів її конденсації та води. Перебуває зазвичай у формі рацемату, (RS)-молочної кислоти та в деяких випадках як (S)-(+)-ізомер. У промисловості одержують шляхом ферментації вуглеводів (глюкоза, цукроза, лактоза, крохмаль кукурудзяний, картопля, патока) за наявності *Bacillus acidilacti* та інших мікроорганізмів, а також синтетичної реакції між ацетальдегідом та оксидом вуглецю при 130–200 °С та в умовах високого тиску чи гідролізу гексози за наявності гідроксиду натрію [23]. Структурна формула молочної кислоти зображено на рисунку 2.3.



*Рис.2.3. Молочна кислота*

**Карбонат натрію Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, або кальцинована сода** — безбарвна кристалічна речовина. Добре розчиняється у воді. З водного розчину кристалізується у вигляді декагідрату Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> • 10H<sub>2</sub>O, який називають кристалічною содою. При прожарюванні вона втрачає кристалізаційну воду і перетворюється у безводну сіль Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, яка надходить у продаж під назвою кальцинованої соди.

Має вигляд безбарвних кристалів або білого порошку. Існує в декількох різних модифікаціях: α-модифікація з моноклінною кристалічною решіткою

					<b>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

утворюється при температурі до 350 °С, потім, при нагріві вище цієї температури і до 479 °С здійснюється перехід в β-модифікацію, що також має моноклінну кристалічну решітку. При збільшенні температури вище 479 °С з'єднання переходить γ-модифікацію з гексагональними ґратами. Плавиться при 854 °С, при нагріві вище 1000 °С розкладається з утворенням оксиду натрію і діоксиду вуглецю.

У харчовій промисловості карбонати натрію зареєстровані в якості харчової добавки E500, - регулятора кислотності, розпушувача, що перешкоджає тому, що грудкує і злежуванню. Карбонат натрію (кальцинована сода, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) має код 500i, гідрокарбонат натрію (харчова сода, NaHCO<sub>3</sub>) - 500ii, їх суміш - 500iii. Структурна формула карбонат натрію представлено на рисунку 2.4.

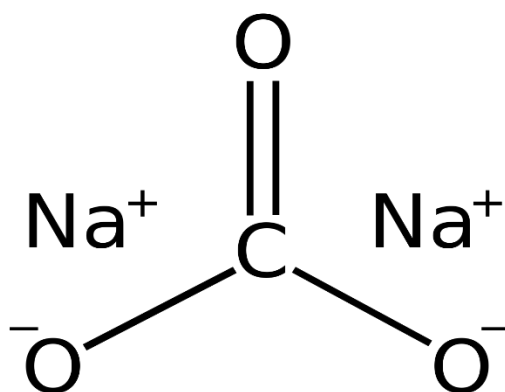


Рис.2.4 Карбонат натрію

**Етиловий спирт** - органічна сполука, представник ряду одноатомних спиртів складу C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH (скорочено EtOH). За звичайних умов є безбарвною, легкозаймистою рідиною. Згідно з Національним стандартом України ДСТУ 4221:2003 етанол — це токсична речовина з наркотичною дією, за ступенем впливу на організм людини належить до четвертого класу небезпечних речовин. Має канцерогенні властивості.

Із водою утворює азеотропну суміш: 95,6% спирту й 4,4% води. Безводний етанол незначною мірою гігроскопічний: для досягнення стабільності він здатен поглинути 0,3—0,4% води. Він є летким і легкозаймистим. Змішується в будь-яких пропорціях з водою, етерами,

ацетоном, бенzenом. Етиловий спирт є гарним розчинником для багатьох органічних, а також неорганічних речовин. Структурна формула етилового спирту зображена на рисунку 2.5.

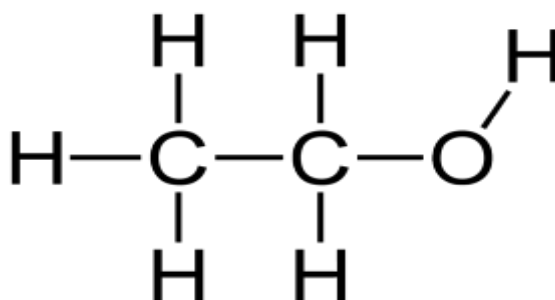


Рис.2.5 Етиловий спирт(етанол)

## 2.2. Опис принципово-технологічної схеми.

Наведено опис технологічних операцій для отримання харчової добавки - лактилату натрію E481.

### 1) Конденсація кислот, перемішування.

У блок естерифікації завантажують стеаринову і молочну кислоти. Відбувається конденсація кислот при температурі  $T = 150^\circ \text{C}$  і тиску  $P = 30,4 \text{ кПа}$ , протягом 6 годин. Побічним продуктом реакції є вода.

### 2) Охолодження.

Реакційну суміш, утворену на попередній стадії, перед наступною стадією нейтралізації охолоджують до температури  $60^\circ \text{C}$ , протягом 30 хвилин.

### 3) Стадія приготування спиртового розчину.

Охолоджена на попередній стадії реакційна суміш потрапляє у блок приготування спиртового розчину. На стадії перемішування в реакційну суміш додають 96 %-вий етиловий спирт. Цей процес відбувається при температурі  $T = 50-60^\circ \text{C}$  і тиску  $P = 30,4 \text{ кПа}$ .

### 4) Отримання солі (стеароїл лактилату натрію).

					<b>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Спиртовий розчин стеароїл лактилової кислоти потрапляє у блок утворення стеароїл лактилату натрію, куди також подають додають водний розчин натрій карбонату ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ). Відбувається утворення стеароїл лактилату натрію при температурі  $T = 20^\circ \text{C}$ , протягом 3 годин. В цьому процесі виділяється вуглекислий газ ( $\text{CO}_2$ ).

#### **5) Стадія випаровування водно-спиртової суміші.**

Реакційна суміш, що складається з водно-спиртового розчину, стеароїл лактилату натрію і залишків молочної кислоти надходить на стадію випаровування, де відбується концентрування суміші. Випаровування водно-спиртової суміші відбувається при температурі  $T = 62-64^\circ \text{C}$  і тиску  $P = 30,4 \text{ кПа}$ .

#### **6) Стадія кристалізації, охолодження.**

Зконцентрована на попередній стадії суміш надходить у блок охолодження і кристалізації, де відбувається утворення кристалічного стеароїл лактилату натрію. Процес відбувається за температури  $20^\circ \text{C}$ .

#### **7) Процес центрифугування.**

Утворена на попередній стадії гетерогенна суміш, що складається з кристалічного стеароїл лактилату натрію і надосадової рідини, потрапляє на стадію центрифугування з метою відокремлення твердої і рідкої фаз. Процес відбувається при температурі  $T = 20^\circ \text{C}$  і тиску  $P = 30,4 \text{ кПа}$ .

#### **8) Стадія сушіння.**

Вологий продукт стеароїл лактилату натрію з блоку центрифугування надходить у блок сушіння з метою видалення зайвої вологи. Процес сушіння відбувається при температурі  $T = 50-60^\circ \text{C}$  і тиску  $P = 30,4 \text{ кПа}$ . На цій стадії виділяються пари води.

#### **9) Стадія охолодження.**

					<b>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висушений на попередній стадії продукт накопичують у збірнику для охолодження до температури  $T = 20^{\circ} \text{C}$ , перед фасуванням.

**10) Стадія фасування.**

Готовий і охолоджений продукт відправляють в фасувальний автомат для фасування в мішки, або баки від 1 кг.

На рисунку 2.6 наведена принципова схема отримання стеароїл лактилату натрію:

					<b>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

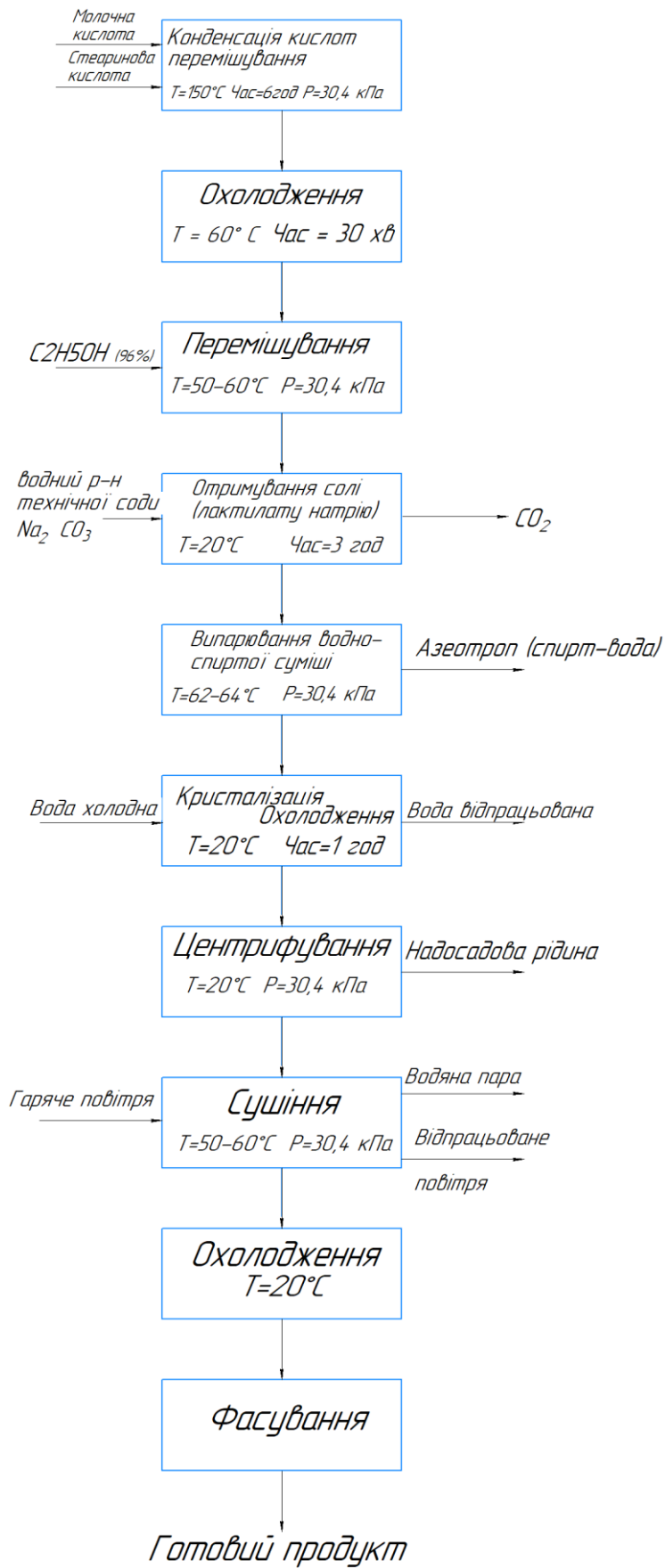


Рис. 2.6 Принципово-технологічна схема виробництва стеароїл-лактилат натрію.

### 2.3 Матеріальний баланс виробництва

Даний розрахунок проводиться на кг/добу готового продукту – стеариллактилату натрію. Для його виробництва потрібно стеаринова кислота, молочна кислота, етиловий спирт, водний розчин  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  і вода.

Матеріальний баланс – це співвідношення між кількістю вихідних матеріалів, отриманого готового продукту, відходами виробництва і матеріальними витратами.

Для розрахунку першої стадії маса стеаринової кислоти становить 75 кг. Для суміші молочної та стеаринової кислот потрібно розрахувати молярні маси та молі компонентів суміші для знаходження їх мас, що необхідні для розрахунку матеріального балансу, враховуючи, що відношення молей молочної кислоти до стеаринової становить 2,2:1. Необхідно врахувати, що втрати становлять 1%.

$$M (\text{молочна кислота}) = 90,08 \text{ г/моль}$$

$$M (\text{стеаринова кислота}) = 284,48 \text{ г/моль}$$

$$M (\text{натрій карбонат}) = 105,9888 \text{ г/моль}$$

Для виробництва необхідна молочна кислота, стеаринова кислота та кальцій ацетат. За методикою маса молочної кислоти складає – кг, стеаринової кислоти – кг, натрій карбонату – кг.

Розрахунок першої стадії конденсації кислот (стеаринової і молочної) з наступним охолодженням.

					<b>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Таблиця 2.1

## Матеріальний баланс стадії конденсація кислот

Прихід		Витрати	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
1	2	3	4
Молочна кислота	121,9	Молочна кислота	11,08
Стеаринова кислота	175	Стеаринова кислота	0
		Стеароїл лактилова кислота	263,6
		Вода	22,1
		<i>Втрати</i>	0
<b>Всього</b>	<b>269,9</b>	<b>Всього</b>	<b>269,9</b>

Витрати на стадії конденсації кислот дорівнюють 0%.

Таблиця 2.2

## Матеріальний баланс стадії перемішування

Прихід		Витрат	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
1	2	3	4
Стеариллактилова кислота	263,6	Стеариллактинова кислота	263,6
Стеаринова кислота	0	Стеаринова кислота	0
Молочна кислота	11,08	Молочна кислота	11,08
Вода	22,1	Вода	81,5
Етанол 96%	1484,17	Етанол	1425,17
		<i>Втрати</i>	35,6
<b>Всього</b>	<b>1781,46</b>	<b>Всього</b>	<b>1781,46</b>

Розраховуючи стадію перемішування необхідно врахувати, що втрати складають 2%.

					<b>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Таблиця 2.3

## Матеріальний баланс стадії отримання солі ( лактилату натрію)

Прихід		Витрати	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
1	2	3	4
Стеароїл лактолова кислота	258,4	Стеароїл лактолат натрію	271,67
Молочна кислота	10,8	Молочна кислота	10,8
Вода	79,89	Вода була	207,7
Етанол	1396,6	Вода утворилась	5,42
Розчин Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	159,7	Етанол	1396,6
Вода	127,8	CO <sub>2</sub>	13,26
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	31,95		
		<i>Втрати</i>	38,11
<b>Всього</b>	<b>1905,58</b>	<b>Всього</b>	<b>1905,58</b>

Витрати на стадії отримання солі дорівнюють 2 %.

Таблиця 2.4

## Матеріальний баланс стадії випарювання водно-спиртової суміші

Прихід		Витрати	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
1	2	3	4
Стеароїл лактилат натрію	266,2	Пари етанолу і води(азеотроп)	1080,4
Молочна кислота	10,6		
Вода	208,8	Твердий залишок:	737,14
Етанол	1368,7	- стеароїл лактилат натрію (Е 481);	266,2
		-стеаринова кислота;	0
		-молочна кислота;	10,6
		-вода;	186,5
		-етанол.	273,7
		<i>Втрати</i>	36,86
<b>Всього</b>	1854,4	<b>Всього</b>	1854,4

Втрати на стадії випарювання водно-спиртової суміші становить 5 %.

## Матеріальний баланс стадії центрифугування

Прихід		Витрати	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
1	2	3	4
Стеароїл лактилат натрію	252,9	Осад:	251,4
Стеаринова кислота	0		
Молочна кислота	10,1	-стеаринова кислота;  -вода.	0
Вода	177,1		28,1
Етанол	260,06	Маточний розчин: -молочна кислота;  -вода;  -етанол.	419,16
			10,1
			149,09
			260,058
		Витрати	1,5
<b>Всього</b>	<b>700,16</b>	<b>Всього</b>	<b>700,16</b>

Витрати на стадії центрифугування становить 0,5 %.

Таблиця 2.6

## Матеріальний баланс стадії сушіння

Прихід		Витрати	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
1	2	3	4
Стеароїл лактилат натрію	250,1	Вода(пара)	27,35
Стеаринова кислота	0	Суха речовина:	250,00
Вода	27,95		
		<i>Втрати</i>	0,7
<b>Всього</b>	278,05	<b>Всього</b>	266,9

Втрати на стадії сушіння становлять 3%.

## Матеріальний баланс виготовлення стеароїл лактилату натрію

Прихід		Витрати	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
1	2	3	4
Стеаринова кислота	175	Стеароїл лактилату натрію	250,00
Молочна кислота	121,9		
Етанол	1484,55	Молочна кислота	10,11
Розчин Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	159,75		
Вода	81,52	Вода	152,03
		Етанол	1484,55
		CO <sub>2</sub>	13,26
		<i>Втрати</i>	112,77
<b>Всього</b>	2022,72	<b>Всього</b>	2022,72

Загальні втрати сировини при виробництві стеароїл лактилату натрію становлять разом %

## 2.4 Розрахунок та підбір основного технологічного обладнання

Підбір основного обладнання здійснюється відповідно до розрахованого матеріального балансу та апаратурно-технологічної схеми виробництва стеароїл лактилату натрію.

Вимогами для підбору обладнання є:

- кількість сировини, що поступає на виробництво;
- функціональність та продуктивність обладнання;
- вартість, енерговитрати, габаритні розміри апаратів;
- зручність та безпечність його в експлуатації та обслуговуванні.

Для реалізації виробництва стеароїл лактилату натрію було обрано таке обладнання: ректори-змішувачі лопатеві та якірні, відцентрові насоси, ректифікаційна колона, кристалізатор, центрифуга, транспортери, стрічкова сушарка і фасувальний автомат.

Таблиця 2.8

### Технологічне обладнання процесу виробництва

№	Апарат	Примітка
1	2	3
1,5	Реактор-змішувач	Для розчинення і змішування вихідних речовин
2,4,6,11	Відцентровий насос	Для перекачування сировини в наступний реактор
3	Теплообмінник труба в трубі	Для охолодження суміші
7	Реактор з якірною мішалкою	Для стадії нейтралізації
8	Ректифікаційна колона	Для випарування спирту
10	Кристалізатор	Для виділення твердих речовин під час охолодження розчинів
12	Центрифуга	Для розділення суспензії з розчинною і нерозчинною твердою фазою.
13	Шнековий транспортер	Для загрузки в'язкої маси продукта у сушарку.
14	Стрічкова сушарка	Призначена для просушування продукту.

15	Ковшовий транспортер	Призначений для безперервного транспортування порошкоподібних вантажів на певну висоту.
16	Фасувальний автомат	Для фасування готового продукту.

**2.4.1 Таблиця, на якій представлено технологічне обладнання процесу виробництва.**

*Таблиця 2.9*

**Технологічне обладнання процесу виробництва**

№	Назва	Марка	Продуктивність	Кількість
1	Реактор змішувач лопатевий	СЕРН	1 м <sup>3</sup>	2
2	Відцентровий насос	ЦНС-100	м <sup>3</sup> /год	5
3	Шнековий транспортер	ОЗШТ ТК	-	1
4	Реактор змішувач якірний	СЕРН	2,5 м <sup>3</sup>	1
5	Стрічкова сушарка	СПК-4	1000 кг/год	1
6	Шнековий транспортер	ЗШП-6	2 т/год	1
7	Центрифуга	ФПН-1251	800 кг/год	1
8	Ректифікаційна колона	AG	100 м <sup>3</sup>	1
9	Кристалізатор		10 м <sup>3</sup>	1

**2.4.2 Підбір обладнання.**

1) Реактор-змішувач.

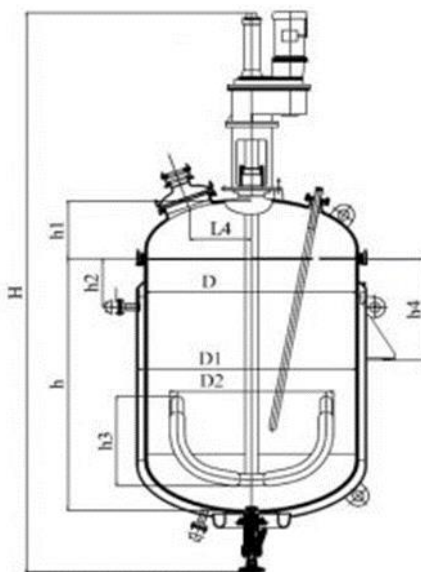
Реактор-змішувач використовується для перемішування і розчинення в рідинах різних компонентів, що дозволяє отримувати однорідну композицію в різних галузях промисловості. Наприклад, в харчовій, косметичній, хімічній і так далі. Він володіє високими технічними, хімічними та експлуатаційними характеристиками, що робить його ефективним у використанні.

Реактор-змішувач. Виготовлення реактора-змішувача відбувається з харчових марок сталі. Він має спеціальну конструкцію, яка дозволяє йому

					<b>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

здійснювати своє пряме призначення. Щоб максимально продовжити його якісну роботу, потрібно під час його використання дотримуватися всіх строгих правил експлуатації. Це дозволить Вам успішно застосовувати його для своїх цілей досить тривалий час.

Реактори-змішувачі володіють багатьма перевагами, які звертають на себе увагу. До них можна віднести той факт, що з поставленим завданням він справляється швидко і якісно. Плюс до всього при цьому йому не заважає низька температура навколишнього середовища [20].



*Рис. 2.7 Будова реактора змішувача з якірним перемішувачим пристроєм*

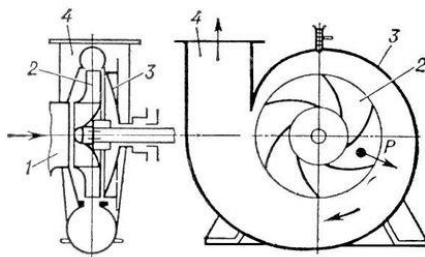
## 2) Відцентровий насос

Насос відцентровий— підклас динамічних поглинаючих турбомашин осесиметричної дії. Відцентрові насоси використовуються для транспортування рідин шляхом перетворення кінетичної енергії обертання в гідродинамічну енергію потоку рідини. Обертальна енергія, як правило, передається від двигуна або електродвигуна. Рідина надходить у робоче колесо насоса вздовж або поблизу до осі обертання, і прискорюється крильчаткою, тече радіально назовні в дифузور або спіральну камеру (кожух). По суті насос відцентровий – це насос лопатевий, який діє за допомогою

					<b>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

відцентрових сил і в якому рідке середовище переміщується через робоче колесо від центра до периферії.

Відцентрові насоси використовуються для перекачування води, каналізації, нафти і нафтопродуктів.



*Рис. 2.8 Схема відцентрового насосу*

Основними елементами відцентрових насосів є:

- посаджене на вал робоче колесо з лопатями;
- спіральний корпус (уліта) [21].

3) Теплообмінник типу «труба в трубі», принцип роботи якого заснований на постійному контакті теплоносія з оброблюваної рідиною, використовується в технологічних системах для нагрівання або охолодження теплоносія з невеликою поверхнею теплообміну на підприємствах газової, нафтової, нафтохімічної та хімічної промисловості. Застосовуються теплообмінники з такою конструкцією і в харчовій промисловості, наприклад, у виноробстві і при виробництві молочних продуктів.

Надійність роботи теплообмінників, виготовлених за типом труба в трубі, зручність їх експлуатації ґрунтується на таких факторах, як:

- компенсація температурних деформацій;
- щільність і міцність роз'ємних фланцевих з'єднань;
- зручність при технічному обслуговуванні агрегату [20].

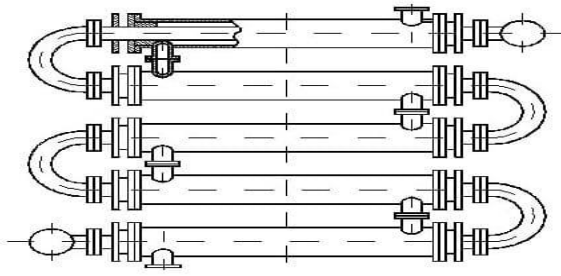


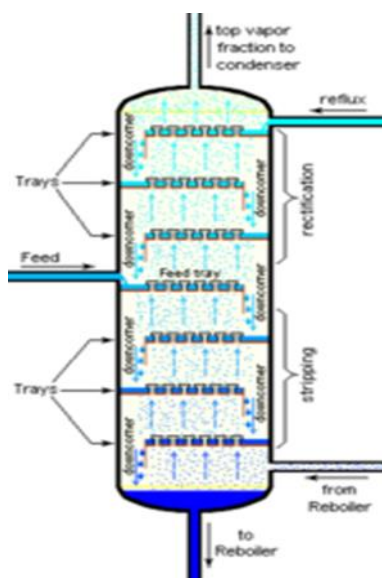
Рис. 2.9 Схема теплообмінника «труба в трубі»

#### 4) Ректифікаційна колона

Ректифікаційна колона — технологічний апарат, призначений для розділення рідких сумішей, складові яких мають різну температуру кипіння. Класична колона являє собою вертикальний циліндр з контактними пристроями всередині.

У ректифікаційні колони подаються пари рідин, що переганяються. Вони піднімаються знизу, а в режимі протитечії назустріч парам йде рідина, яка конденсується нагорі в холодильнику. У випадку, якщо речовина розганки складається з двох компонентів, кінцевими продуктами є дистилат, що виходить з верхньої частини колони і кубовий залишок (менш летючий компонент у рідкому вигляді, що виходить з нижньої частини колони). Ситуація ускладнюється, якщо необхідно розділити суміш, що складається з великої кількості фракцій.

Промислові ректифікаційні колони можуть досягати 60 метрів у висоту і 6 метрів у діаметрі. У ректифікаційних колонах як контактні пристрої застосовуються тарілки (ковпачкові або провальні), або насадка. Насадка, що заповнює колону (зазвичай кільця Рашига), може бути металева, керамічна, скляна та інші. Конденсація здійснюється на поверхні цих елементів [22].



2.10 Ректифікаційна колона

5) Кристалізатор

Кристалізатор - це ізольована ємність, оснащена спеціальною сорочкою і мішалкою особливої конструкції, завдяки якій кристали лактози утримуються в підвішеному стані протягом усього технологічного процесу. В якості приводу рамної мішалки використовується мотор-редуктор, двигун якого підключений через частотний перетворювач, який керує швидкістю обертання мішалки і забезпечує її реверс [22].

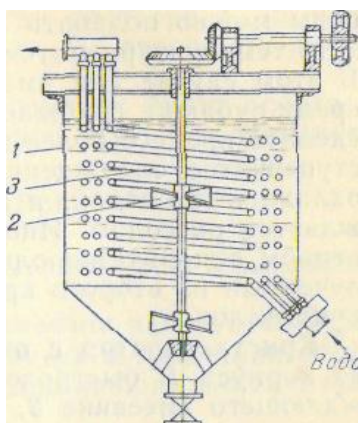


Рис. 2.11 Схема кристалізатора

б) Шнековий транспортер

Шнековий транспортер - шнекова машина, різновид конвеєра, у якому вантаж переміщується волочінням уздовж нерухомого жолоба лопатями обертового гвинта. Прообразом сучасних гвинтових конвеєрів став

винайдений Архімедом у III ст. до н. е. водопідіймальний пристрій, що отримав назву гвинт Архімеда. Гвинтовий конвеєр — різновид транспортних машин безперервної дії.

До позитивних властивостей шнеків відносяться:

- простота конструкції і нескладність технічного обслуговування;
- невеликі габаритні розміри у порівнянні з іншими транспортувальними пристроями (стрічковими і пластинчастими конвеєрами) однакової продуктивності;
- герметичність та здатність транспортування гарячих, пилоутворювальних та токсичних матеріалів);
- зручність проміжного розвантаження.

Негативними особливостями шнеків є значне стирання і подрібнення вантажу, висока питома витрата енергії, підвищене зношування жолобу і гвинта [21].

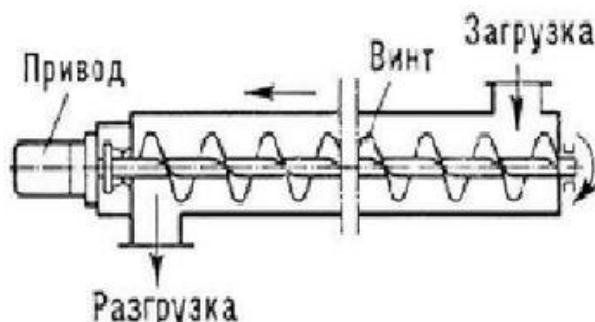


Рис. 2.12 Схема шнекового транспортера

#### 7) Стрічкова сушарка.

Стрічкові сушарки — сушарка для термічної сушки матеріалів.

Стрічкові сушарки застосовують для сушіння крупногрудкових, волокнистих і пастоподібних матеріалів (рис.), у яких у корпусі сушарки матеріал рівномірним шаром товщиною до 50 мм розміщений на стрічковому транспортері, повільно переміщуваному від завантажувального пристрою до розвантажувального бункера.

У багатострічкових (багатоярусних) сушарках транспортерні стрічки розташовуються одна над одною і переміщуються в протилежних напрямках.

Сушильний агент звичайно подають протитечією до висушуваного матеріалу, під час пересипання матеріалу з однієї стрічки на другу відбувається його розпушення, що сприяє інтенсифікації процесу сушіння.

Стрічкові сушарки можуть бути багатозонними з регульованим температурним режимом сушіння у зонах [21].

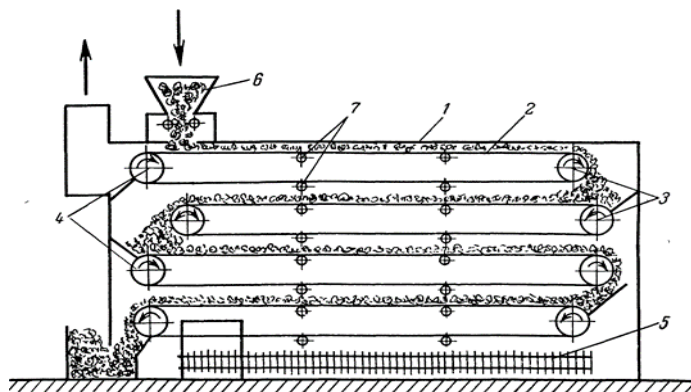


Рис. 2.13 Будова стрічкової сушарки

#### 8) Фасувальний автомат.

Фасувальний автомат служить для безперервного процесу розфасовки об'ємним методом дозування пилоутворювальну сипучу продукцію (крохмаль, крейду, сухе молоко і т.д.) і упаковки їх в полімерні плівки.

Включає в себе шнековий дозатор і пневмомеханічний пакувальний автомат. В автоматичному режимі працює з продуктивністю до 30 уп./хв.

Автомат працює за принципом вимірювання дозуючої продукції за кількістю оборотів шнека за рахунок методу об'ємного дозування. Згідно цього необхідно враховувати щільність продукту.

Відмінністю цього обладнання є використання пневмомеханічного пакувального автомата. У даного автомата є комбіновані приводи (протяжка плівки здійснюється за допомогою електродвигуна і ременів, а стискання і розжимання зварних елементів паечного вузла здійснюється за рахунок пневмоприводів). Дана комбінація збільшує швидкість роботи автомата і дозволяє використовувати більш широкі пакувальні плівки. Недоліками автомата є гучність роботи автомата за рахунок використання компресора [20].

## 2.5 Опис центрифуги.

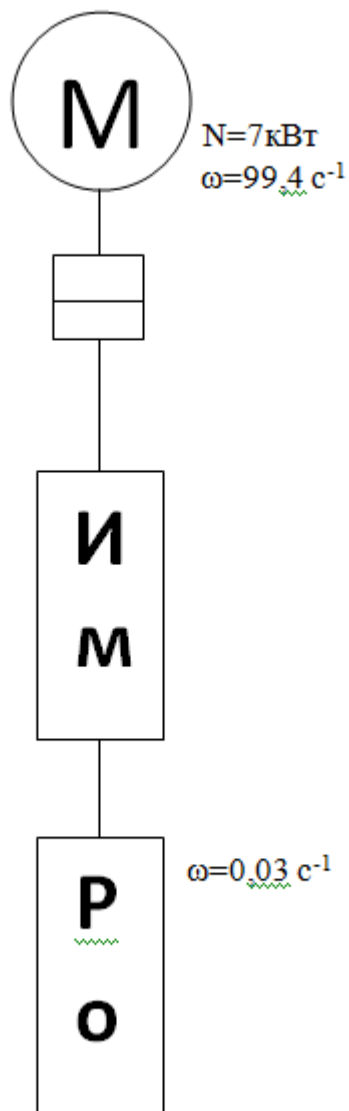
Таблиця 2.10

### 2.5.1 Технічна характеристика основного технологічного обладнання

Центрифуга підвісна фільтруюча типа ФПН-1251Л	
Технічна характеристика:	
Максимальная загрузка, кг	800
Внутрішній діаметр ротору, мм	1250
Внутрішня висота ротору, мм	1000
Максимальна місткість ротора, м <sup>3</sup>	445×10 <sup>-3</sup>
Робоча частота обертання, с <sup>-1</sup>	105; 157
Мінімальний цикл роботи, хв	3
Найбільший фактор розділення	1560
Габаритні розміри, мм	2250×2060×4800
Маса без електродвигуна, кг	3650

					<b>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

## 2.5.2 Структурная схема центрифуги ФПН-1251



ИМ - вал; РО – запірний пристрій.

Рис.2.14 Структурная схема центрифуги

					<b>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

## 2.5.3 ОПИС КОНСТРУКЦІЇ ОСНОВНИХ ВУЗЛІВ ЦЕНТРИФУГИ ФПН- 1251 З ВКАЗІВКОЮ ВИБОРУ МАТЕРІАЛІВ ОСНОВНИХ ДЕТАЛЕЙ

### 2.5.3.1 Опис конструкції і принципу дії центрифуги ФПН- 1251

Центрифугування - процес розділення рідких неоднорідних систем в полі відцентрових сил з використанням суцільних або проникних для рідини перегородок.

Підвісні центрифуги з верхнім приводом і нижнім вивантаженням осаду застосовують переважно в цукровій промисловості. Вони належать нормальних відстійних або фільтруючих центрифуг періодичної дії з вертикальним ротором і пристроєм для вивантаження осаду вручну призначені для обробки цукрових утфелів і афінаційної маси. [15]

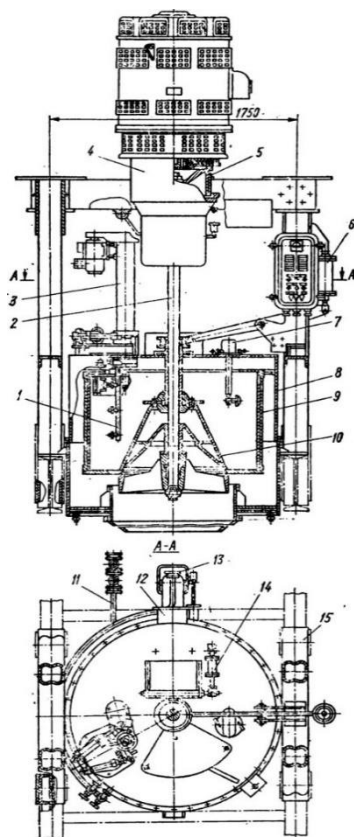


Рис.2.15 Центрифуга ФПН-1251Л: 1-труба промивки; 2-вал; 3- механізм зрізу осаду; 4-підвіска; 5-кожух; 6-пневмопривід; 7-регуляторзагрузки; 9-ротор; 10-запірний пристрій; 11,13-труба; 12-патрубок; 14-пневмоциліндр; 15-станина.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Ротор 9 центрифуг ФПН-1251Л (рис.2) наводиться в обертання електродвигуном через вал 2 і підвіску 4. Ротор складається з циліндричної перфорованої обичайки, верхнього і нижнього днищ і розетки, що включає маточину, обід і спиці, через отвори яких вивантажується ротор.

Перфорація обичайки ротора, що фільтрує, є отворами діаметром 5-6 мм, розташовані в шаховому порядку.

Усередині ротора знаходяться підкладкові і фільтруючі сита. Підкладкове сито - що плело з лудженого дроту; щоштамповане з латунного листа завтовшки 0,6 мм з щілиновидними отворами 0,34 X 2,5 мм, розташованими по горизонталі на відстані 1 мм, а по вертикалі на 1,1 мм один від одного.

Ротор закривається кожухом 5, який служить для його обгороджування, збору оттеков і установки на нім механізму вивантаження цукру 3. Кожух складається з верхньої і нижньої частин, скріплених болтами з гумовим прокладенням між ними. У верхній частині кожуха розташовані: пробовідбірник, необхідний для відбору утфеля на пробу; вентиляційний штуцер для під'єднування відсисаючого патрубка вентиляційної установки.

На рівні отвору вентиляційного штуцера приварена труба пропарювання внутрішньої поверхні кожуха і зовнішньої обичайки ротора. До днища нижньої частини кожуха приварені два штуцери, використовувані для входу і виходу пари при пропарюванні днища. Тут же встановлений розвантажувальний циліндр. Підвіска 4 ротори центрифуги - шарнірна опора валу, що коливається, яка забезпечує самоцентрування мас, що обертаються. Вал верхнім кінцем підвішений до кульової опори голівки приводу і встановлений на двох радіальних № 318 і № 3518 і одному наполегливому № 8222 підшипниках. Кульова опора голівки приводу - це система підшипників валу, що вільно спирається на сферичну поверхню корпусу приводу. Система мастила підшипників - циркуляційна. Тиск циркулюючого мастила контролюється по манометру і створюється за рахунок швидкісного натиску масляної коробки, що обертається. Рівень олії в коробці контролюється за

					<b>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

допомогою гвинта в пробці. У підвісці ротора змонтовано пневматичне аварійне гальмо 5, призначений для швидкої зупинки центрифуги, а також для відключення її при падінні тиску в пневмосистемі. Це досягається завдяки тому, що гальмівна стрічка з робочою і амортизуючою пружинами через тягу і шарнірно-важільне з'єднання пов'язана з штоком пневмоциліндра. При знятті тиску в пневмоциліндре зведений пружинний механізм спрацьовує і притискає стрічку до гальмівного шківів. У підвісці ротора розміщена також пружна муфта для з'єднання ротора центрифуги з багатошвидкісним двигуном. Робоче гальмування центрифуги здійснюється цим же двигуном. Центрифуга має лоток подання утфеля з шибером, який управляється 1 пневмоциліндром 14. Для припинення подання утфеля при досягненні їм певної товщини в роторі центрифуги служить регулятор завантаження 7. Він складається з корпусу, важеля, прапорця, кінцевого вимикача, пневмоциліндра і ковпака. Перед завантаженням центрифуги прапорець знаходиться в зоні ротора, належному завантаженню. Досягши заданої товщини шару продукту прапорець відводиться назад і сполучений з ним важіль звільняє контактний штифт кінцевого вимикача, який подає команду на припинення завантаження. Одночасно пневмоциліндр виводить прапорець із зони завантаження і утримує його в цьому положенні до початку наступного циклу.

Перед завантаженням подання повітря в пневмоциліндр припиняється, щиток пневмоциліндра звільняє важіль, і прапорець під дією пружини займає початкове положення.

Для пробелки або пропарювання цукру і промивання сит служить пристрій 1. Воно складається із стойки, укріпленої на кожусі циліндра, і стойки, що проходить всередину ротора, де закріплена труба з форсунками. Промивальна вода або пара подається по трубі через пароводяний клапан, керований пневматичним циліндром. Кут розпилювання регулюється. Тиск води контролюється і підтримується рівним 0,3- 0,4.

					<b>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Механізм вивантаження 3 служить для видалення осаду з ротора центрифуги. Його ніж через палець і зубчасту втулку прикріплений до штанги з "плаваючою" гайкою, яка через клиноремennу передачу і реверсивний електродвигун повідомляє зворотно-поступальний рух штанзі в поворотній втулці. Остання скріплена болтовим з'єднанням з кожухом, який за допомогою шарнірного з'єднання пов'язаний з пневмоцилиндром і демпфером.

До нижнього торця поворотної втулки прикріплений ролик для відвертання урізування ножа в сито при коливанні ротора під час завантаження. Плавність повороту ножа регулюється гвинтом демпфера і болтом, що дозволяє дроселювати повітря в пневмоцилиндрі. У кінці повороту ролик натискає на шток кінцевого вимикача, який припиняє подання повітря в пневмоцилиндр. Регулювання кута повороту здійснюється болтами-упорами.

Перший і другий відтікai спрямовуються в різні збірки за допомогою сегрегатора.

Сегрегатор складається з трубчастого коліна з фланцями, лотка і пневмоцилиндра. Рідина з кожуха через коліно і лоток поступає у відповідну збірку. Лоток обертається за допомогою штока пневмоцилиндра.

Для захисту білого цукру і транспортуючих механізмів, що знаходяться під центрифугою, від попадання на них з ротора утфеля і промивної води служить замочний пристрій 10 з пневмоприводом 6.

Для пропарювання і промивання кожуха в нього подається пара через трубу 13, а через трубу 11 - вода. Відводиться пара через патрубок 12. Центрифуга встановлена на металоконструкціях [18].

### **2.5.3.2 Переваги і недоліки центрифуги ФПН- 1251**

#### **Переваги**

До переваг центрифуг ФПН відносяться простота конструкції, широкий діапазон габаритних розмірів, автоматичне управління, можливість обробки суспензій в широкому діапазоні концентрацій твердої фази і розмірів часток,

					<b>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

висока якість промивання твердої фази, отримання освітленої рідкої фази, зручність в обслуговуванні.

Застосування багатошвидкісного двигуна дозволяє отримати мінімальну тривалість циклу роботи центрифуги рівною 3 хв при хороших utfелях першого продукту, що забезпечує високу продуктивність центрифуги.

### **Недоліки**

Недоліком є охолодження utfеля в процесі центрифугування повітряними потоками, що поступають з приміщення в ротор через численні отвори в корпусі центрифуги. Це призводить до збільшення в'язкості плівки міжкристального розчину на поверхні кристалів, до її підсихання, що утрудняє її відділення. Для видалення цієї плівки використовують промивання і пропарювання кристалів солі в роторі, що збільшує вміст солі в потоці. Також на сито ротора, що фільтрує, може потрапляти конденсат, що призводить до часткового розчинення кристалів солі.

### **2.5.3.3 Опис конструкції основних вузлів ФПН- 1251 з вказівкою вибору матеріалів основних деталей**

Центрифуга наводиться в обертання вертикальним двошвидкісним двигуном з короткозамкнутим ротором, який розрахований на безперервну роботу центрифуги при загрузці її 400-450 кг і мінімальній тривалості циклу 10 хв. В комплект електродвигуна входять пускачі і ключ управління.

Включення електродвигуна на першу швидкість, розгін до робочої швидкості і виключення здійснюються за допомогою ключа управління, який встановлюється вертикально на правій стойці кожної центрифуги, на висоті 1,3-1,5 м від рівня підлоги. Гальмування центрифуги - електричне рекуперативне, з механічним доторможування стрічковим тормозом.

Ротор центрифуги - циліндричний, з перфорованою обичайкою, підвішений на нижньому кінці валу і викладений усередині підкладним і фільтрує ситами. Ротор складається з циліндричної перфорованої обичайки,

					<b>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

верхнього і нижнього днищ і розетки, що включає маточину, обід і спиці, через отвори яких вивантажується ротор.

Вивантажувальний отвір ротора закривається замочним конусом, що запобігає попаданню невідфільтрованого продукту у бункер. Крім того, замочний конус служить для рівномірного розподілу суспензії по стінці ротора при загрузці.

Ротор і кожух центрифуги типу ФПН- 1251 виготовляють з наступних матеріалів: ФПН-1251Т-01 - з титанового сплаву, ФПН-1251К-03 - із сталі 12Х18Н10Т, ФПН-1251Г-03 - гумований. Інші деталі, дотичні безпосередньо до оброблюваного продукту, виготовлені з чорних металів [15].

					<b>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

## 2.5.4 Кінематична схема центрифуги ФПН-1251

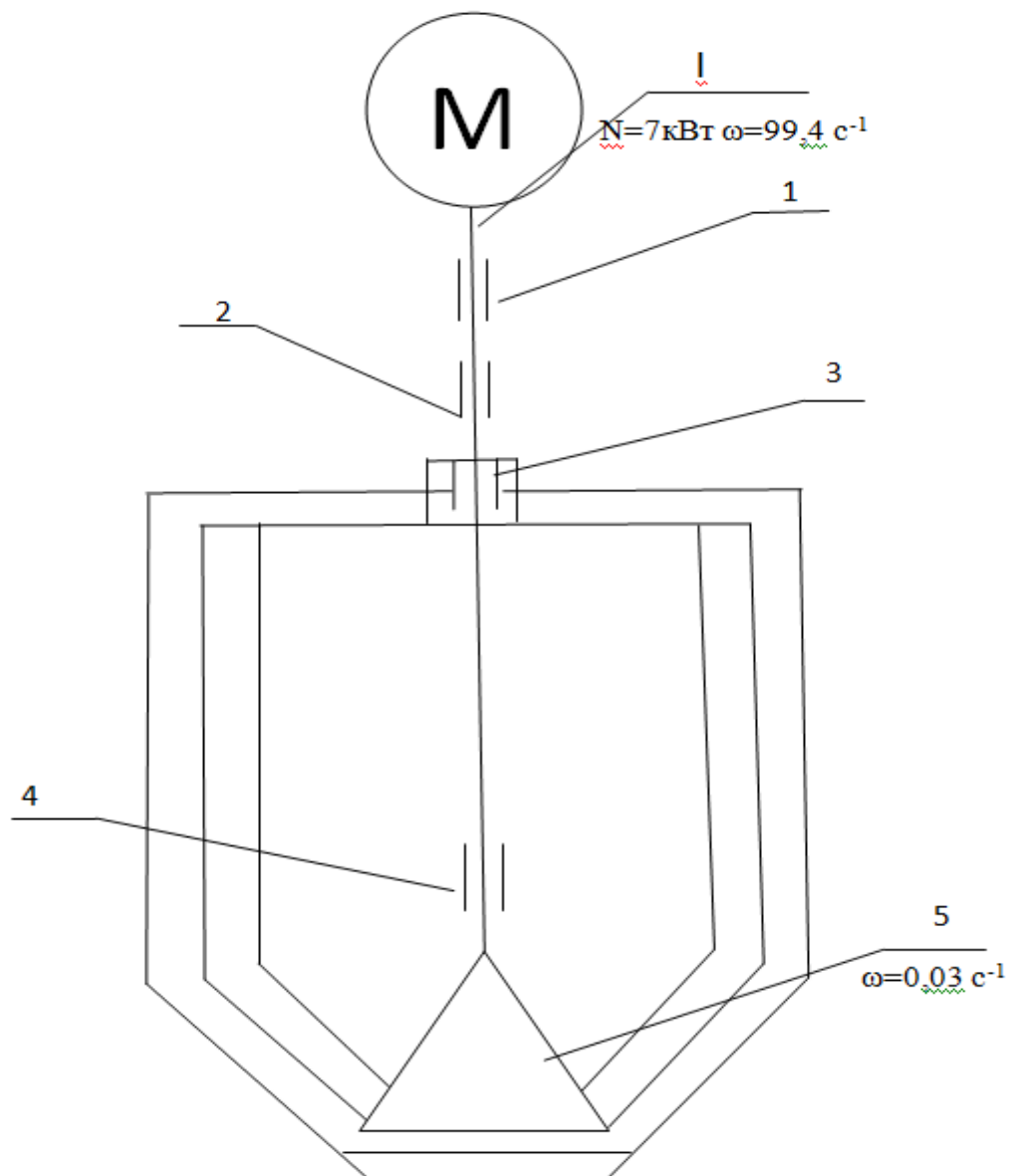


Рис.2.16 Кінематична схема центрифуги: 1,2,3-підшипник; 3-муфта;  
5- запірній пристрій.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

Арк.

53

## 2.5.5 РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ І КІНЕМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЦЕНТРИФУГИ

### 2.5.5.1 Розрахунок основних технологічних параметрів центрифуги

Технологічний розрахунок призначений для визначення продуктивності:

Продуктивність центрифуги  $Q$ , кг/год визначається [18]:

$$Q = \frac{60}{t} \cdot \alpha \cdot V \cdot \rho; \quad (2.1.1)$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт загрузки чаші по основній сировині,  $\alpha=0,4\dots0,8$ , умовно приймаємо  $\alpha=0,7$ ;

$V$  – ємність, м<sup>3</sup>,  $V=0,125$  м<sup>3</sup>;

$P$ -плотність утфелю, кг/м<sup>3</sup>,  $\rho=1100$  кг/м<sup>3</sup>;

$t$ - тривалість циклу, хв:

$$t = t_1 + t_2 + t_3 + t_4; \quad (2.1.2)$$

де  $t_1$  – час загрузки, хв,  $t_1 = 1$  хв;

$t_2$  – час перемішування, хв,  $t_2 = 2$  хв;

$t_3$  – час, хв,  $t_3 = 10$  хв;

$t_4$  – час вивантаження, хв,  $t_4 = 2$  хв.

Продуктивність:

$t=1+2+10+2=15$  хв;

$Q=60 \cdot 0,7 \cdot 0,125 \cdot 1100 / 15 = 616$  кг/год.

Для оцінки компактності конструкції машини визначимо питому площу  $F_{y\delta}$ , м<sup>2</sup>/(кг/год) і питомий об'єм  $V_{y\delta}$ , м<sup>3</sup>/(кг/год), займані апаратом:

$$F_{y\delta} = \frac{L \cdot (B + b)}{Q}; \quad (2.1.3)$$

					<b>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

$$V_{y\delta} = F_{y\delta} \cdot H; \quad (2.1.4)$$

де  $L$  – довжина машини, м,  $L=3,8$ м;

$B$  – ширина, м,  $B=3,05$ м;

$b$  – ширина проходів, необхідних для обслуговування машини, м,  $b=1,2$ м;

$H$  – висота машини з урахуванням ремонтних робіт, м,  $H=4$ м.

$$F_{y\delta} = \frac{3,8 \cdot (3,05 + 1,2)}{711} = 0,023 \text{ м}^2/(\text{кг}/\text{ГОД});$$

$$V_{y\delta} = 0,023 \cdot 4 = 0,092 \text{ м}^3/(\text{кг}/\text{ГОД}).$$

Визначимо значення питомих показників центрифуги:

$$F_{y\delta} = \frac{3,8 \cdot (3,05 + 1,2)}{616} = 0,025 \text{ м}^2/(\text{кг}/\text{ГОД});$$

$$V_{y\delta} = 0,025 \cdot 4 = 0,1 \text{ м}^3/(\text{кг}/\text{ГОД}).$$

### Необхідна потужність електродвигуна

$$N_{\text{эд}} = (N_{\text{рот}} + \frac{N_{\text{шн}}}{n_{\text{р}}}); \quad (2.1.1.1)$$

де  $N_{\text{рот}}$  - потужність для приводу ротора, кВт;

$N_{\text{шн}}$  - потужність для приводу шнека, кВт;

$n_{\text{р}}$  – КПД редуктора між ротором і шнеком.

На роторі потужність витрачається на розкручування самого ротора, рідини ротора об повітря.

$$N_{\text{рот}} = (N_{1\text{р}} + N_{2\text{р}} + N_{1\text{т}} + N_{1\text{а}} + N_{2\text{т}} + N_{\text{подш}}) * \frac{1}{n_{\text{подш}}}; \quad (2.1.1.2)$$

де  $N_{1\text{р}}$  - потужність для повідомлення кінетичної енергії мішалку ротора, кВт;

$N_{1\text{т}}$  – потужність для повідомлення кінематичної енергії суміші, кВт;

					<b>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$N_{1a}$  - потужність на подолання тертя ротора об повітря, кВт;

$N_{2т}$  - кинетическая энергия кВт;

$n_{\text{подш}}$  - КПД підшипників.

$$N_{1p} = \frac{I\omega^2}{2} = \frac{M \cdot R \cdot \omega^2}{2} = \frac{M_p \cdot R_{\text{вн}}^2 \cdot \omega^2}{2 \cdot \tau_p} * 10^{-3}; \quad (2.1.1.3)$$

где  $M_p$  – маса ротора, кг;

$R_{\text{вн}}$  - внутрішній радіус ротора, м;

$\omega$  – частота обертання ротора;

$\tau_p$  – час розгону ротора, с.

$$M_p = 56 \text{ кг}, R_{\text{вн}} = 0,163 \text{ м}, \tau_p = 20 \text{ с.}$$

Далі виходячи з конструктивних параметрів машини.

Підставимо далі в рівнянні (4.1.1.3)

$$N_{1p} = \frac{56 * (0,163)^2 * 5^2}{2 * 10} = 0,93 \text{ кВт.}$$

Знайдемо потужність для повідомлення кінематичної енергії суміші:

$$N_{2p} = \frac{0,25 * M_c (R_{\text{вн}}^2 + R_{\text{со}}^2) * n_p^2}{0,8 * \tau_p} * 10^{-3}, \quad (2.1.1.4)$$

де  $M_c$  – маса суспензії в роторі,

$$M_c = W_{\text{пол}} * \rho, \text{ кг}$$

де  $W_{\text{пол}}$  – об'єм ротора, м<sup>3</sup>;

$\rho$  – щільність суспензії, кг/м<sup>3</sup>.

$$M_c = 0,023 * 1200 = 27,6\text{кг};$$

$R_{\text{BH}}$  – зовнішній радіус, м.

$$R_{\text{BH}} = \frac{0,325}{2} = 0,163\text{м},$$

$R_{\text{CO}}$  – радіус зливного отвору в роторі, м:

$$R_{\text{CO}} = \sqrt{R_{\text{BH}}^2 - M_c / \rho_T * \pi * h_p}, \quad (2.1.1.5)$$

де  $h_p$  – довжина ротора, м.

$$h_p = 1,65 * 0,325 = 0,536 \text{ м}$$

$$R_{\text{CO}} = \sqrt{(0,163)^2 - \frac{27,6}{1100} * 3,14 * 0,536} = 0,114\text{м}.$$

$n_p$  – частота обертання ротора,  $\text{с}^{-1}$ .

$$n_p = 5 \text{ с}^{-1}.$$

Підставимо отриманні значення в рівнянні (4.1.1.4):

$$N_{2p} = \frac{0,25 * 27,6 * ((0,163)^2) * (0,114)^2 * 5^2}{0,8 * 10} = 0,13\text{кВт}.$$

### Кінематичний розрахунок центрифуги [17]

Привід вала складається з електродвигуна АДЦ-65/85-4УХЛ.

Діаметр меншого шківa  $d_2$ , мм, приблизно повинен дорівнювати:

$$d_2 = (3...4) \cdot \sqrt[3]{T}; \quad (2.2.1)$$

де  $T$  – крутний момент вала, Н·мм.

$$T = \frac{P}{\omega_2}; \quad (2.2.2)$$

де  $P$  – потужність на валу, кВт;

					<b>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\omega_2$  – кутова частота обертання вала, рад/с.

$$\omega_2 = \frac{\pi \cdot n_2}{30}; \quad (2.2.3)$$

де  $n_2$  – його частота обертання, хв<sup>-1</sup>;

$$n_2 = (113 \dots 4553) \text{ хв}^{-1}.$$

$$\omega_{2\min} = \frac{3,14 \cdot 133}{30} = 13,92 \text{ рад/с};$$

$$\omega_{2\max} = \frac{3,14 \cdot 4553}{30} = 476,54 \text{ рад/с}.$$

Потужність визначаємо по залежності:

$$P = a \cdot S \cdot \alpha \cdot z \cdot n_{2\max} \cdot k_M; \quad (2.2.4)$$

де  $a$  – питома робота за один оборот, кДж/м<sup>2</sup>,  $a=1,52$  кДж/м<sup>2</sup>;

$z$  – кількість трубок,  $z=6$ ;

$k_M$  – збільшення кількості отворів,  $k_M=4$ ;

$S$  – перетин продукту в чаші, м<sup>2</sup>,  $S=0,069$  м<sup>2</sup>.

$$P = 1,52 \cdot 0,069 \cdot 0,7 \cdot 6 \cdot 75,9 \cdot 1,3 = 43,46 \text{ кВт}.$$

Тоді крутний момент на валу:

$$T_{\max} = 43460 / 13,92 = 3122,12 \text{ Н} \times \text{м};$$

$$T_{\min} = 43460 / 47654 = 91,19 \text{ Н} \times \text{м}.$$

Діаметр шківів повинен бути приблизно дорівнює:

$$d_{2\max} = 3,5 \cdot \sqrt[3]{3122120} = 511,54 \text{ мм};$$

$$d_{2\min} = 3,5 \cdot \sqrt[3]{91190} = 43,56 \text{ мм}.$$

Дійсне значення діаметра шківів лежить в області значень, тому приймаємо даний діаметр  $d_2=140$  мм без змін.

Одним із основних критеріїв оцінки ефективності роботи центрифуги є фактор розділення :

$$\Phi_p = \omega^2 r / g; \quad (2.2.5)$$

де  $r$  – радіус ротора, м;

$\omega$  – кутова швидкість ротора рад/с;

					<b>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

$g$ - ускорение свободного падения,  $\text{м/с}^2$ .

$$\Phi_p = 76 \cdot 625 / 9,81 = 76 \cdot 0.625 / 9,81 = 4,8$$

Чинник показує, в скільки разів відцентрове прискорення, що розвивається в цій центрифугі, більше прискорення вільного падіння. Чим більше  $\Phi_p$ , тим інтенсивніше відбувається процес центрифугування.

Ще одним важливим показником роботи центрифуги є індекс продуктивності  $\Sigma$ , що характеризує розділяючу здатність центрифуги:

$$\Sigma = F \cdot \Phi_p = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot L \cdot \omega^2 \cdot r / g; \quad (2.2.6)$$

де  $F$  = площа циліндричної поверхності осадження в роторі  $\text{м}^2$ ,

$r$  = радіус ротору, мм.

$L$  = довжина ротору, мм;

$$\Sigma = 2 \cdot 3,14 \cdot 76 \cdot 0.625 \cdot 1 / 9,8 = 30,43.$$

					<b>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

## 2.5.6 РОЗРАХУНОК МІЦНОСТІ ПАРАМЕТРІВ ВУЗЛІВ І ДЕТАЛЕЙ ЦЕНТРИФУГИ

### 2.5.6.1 Розрахунок циліндричного ротору

Напруга матеріалу ротора центрифуги, що допускається, при робочій температурі, МПа:

$$[\sigma_p] = \eta \cdot \sigma_p; \quad (2.1.1)$$

де  $\eta$  – поправочний коефіцієнт, що враховує вид заготівлі ( $\eta = 1$  для листового прокату,  $\eta = 0,7 \dots 0,8$  – для відливок);

$\sigma_p$  – нормативна напруга, що допускається, при розрахунковій температурі, МПа .

$$\eta = 1,3; \quad \sigma_p = 152 \text{ МПа};$$

$$[\sigma_p] = 1,3 \cdot 152 = 197,6 \text{ МПа}.$$

Умовний коефіцієнт заповнення ротора :

$$\psi = 1 - \frac{R_0}{R}; \quad (2.1.2)$$

$$\text{де } R_0 = \frac{D_0}{2} = \frac{1270}{2} = 635 \text{ мм};$$

$$R = \frac{D}{2} = \frac{1820}{2} = 910 \text{ мм}.$$

$$\psi = 1 - \frac{635}{910} = 0,51.$$

Виконавча товщина стінки обичайки  $S_0$ , м:

$$S_K^{\text{п}} = \frac{\rho_{\text{ж}} \omega^2 R^3 \psi}{2[\varphi_0 [\sigma]_p - (1 - K_{\text{п}}) \rho_{\text{м}} \omega^2 R^2] \cos \alpha} + C + C_0; \quad (2.1.3)$$

де  $C$  - надбавка на корозію, м;

$C_0$  - надбавка на округлення розміру до стандартного значення .

$$S_K^{\text{п}} = 1600 \cdot 76^2 \cdot 0,91^3 \cdot 0,51 / 2(0,9 \cdot 152 \cdot 10^6 \cdot 78000 \cdot 76^2 \cdot 0,91^2) + 0,001 + C_0 = 20 \text{ мм}.$$

Товщин плоского борту  $S_{\text{п}}$ , м, в першому наближенні:

					<b>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

$$S_{\Pi} = 1,5 \cdot S_p; \quad (2.1.4)$$

$$S_{\Pi} = 1,5 \cdot 0,02 = 0,03 \text{ м} = 30 \text{ мм.}$$

Кутова швидкість обертання циліндричної обичайки, що допускається :

$$[\omega]_{\Pi}^{\Pi} = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{\varphi_0 [\sigma]_p}{\rho_{ж} r_0 \psi / [2(S_K - C)] - \rho_M (1 - K_{\Pi})}}; \quad (2.1.5)$$

де  $\varphi_0$  – коефіцієнт міцності зварного шва циліндричної обичайки;

$c$  – надбавка до розрахункової товщини стінки, м;

$[\sigma]_p$  – напруга матеріалу ротора, що допускається, МПа.

$$[\omega]_{\Pi}^{\Pi} = 1/0,51 \sqrt{(0,9 \cdot 152 \cdot 10^6 / (16000 \cdot 0,81 \cdot 0,51 / 2 \cdot (20-1) \cdot 10^{-3} - 7800) = 118,6 \text{ с}^{-1}}$$

**Розрахунок сполучень роторів центрифуг.** Загальний вигляд циліндричного і циліндроконічного роторів, а також розрахункові схеми вузлів з'єднання їх складових частин приведені на рис. 2.10.

У вузлах сполучення ротора з іншими деталями виникають крайові навантаження: крайова сила  $Q_0$  і крайовий момент  $M_0$ , що викликають місцеву напругу вигину в матеріалі деталей, що сполучаються. Крайова сила  $Q_0$ , і крайовий момент  $M_0$  визначаються з рівняння спільності радіальних  $\Delta$  і кутових  $\theta$  деформацій, що складаються для країв елементів, що обертаються, в місці з'єднання їх один з одним, тобто виконання умов, коли радіальні і кутові деформації краю однієї деталі від діючих зовнішніх крайових навантажень дорівнюють відповідній радіальній і кутовій деформації край іншої навантаженої деталі [16].

					<b>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

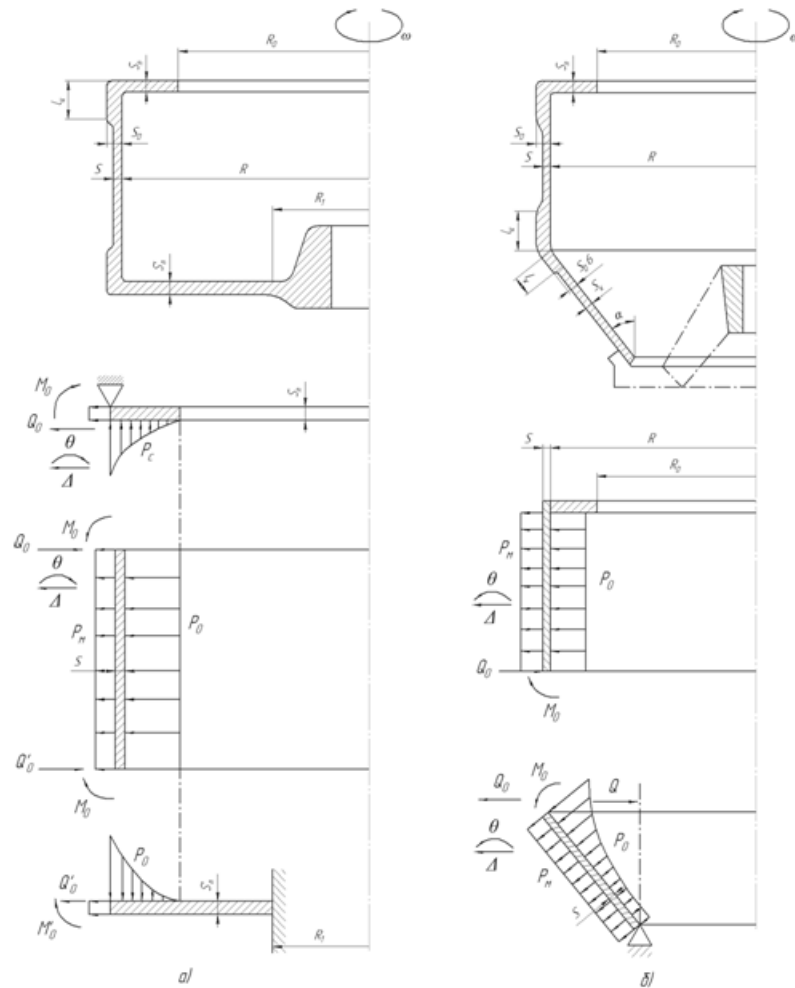


Рис.2.16 Загальний вигляд циліндричного (а) і циліндроконічного (б) роторів і розрахункові схеми вузлів з'єднання їх складових частин

У загальному випадку (без урахування правила знаків : радіальні переміщення  $\Delta$  приймаються позитивними в напрямі від її осі, а кутові переміщення  $\theta$  - в напрямі за годинниковою стрілкою).

Рівняння спільності деформацій для вузла з'єднання обичайки і борту (рис 2.10 а) з урахуванням напрямку дії навантажень :

$$\begin{cases} \Delta_{P_M}^{\text{ц}} + \Delta_{P_0}^{\text{ц}} - \Delta_{Q_0}^{\text{ц}} + \Delta_{M_0}^{\text{ц}} = \Delta_{P_M}^{\text{н}} + \Delta_{P_0}^{\text{н}} + \Delta_{Q_0}^{\text{н}} + \Delta_{M_0}^{\text{н}} \\ -\theta_{P_M}^{\text{ц}} - \theta_{P_0}^{\text{ц}} + \theta_{Q_0}^{\text{ц}} - \theta_{M_0}^{\text{ц}} = \theta_{P_M}^{\text{н}} + \theta_{P_0}^{\text{н}} + \theta_{Q_0}^{\text{н}} + \theta_{M_0}^{\text{н}} \end{cases} \quad (2.1.6)$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

де радіальні і кутові деформації края циліндричної обичайки від дії  $P_m$ ,  $P_0$ ,  $Q_0$ ,  $M_0$  визначаються по формулах :

$$\Delta_{P_m}^{\parallel} = \frac{\rho \omega^2 R^3}{E} = 0,00017 \text{ м};$$

$$\Delta_{P_0}^{\parallel} = \frac{\rho_c \omega^2 R^4}{2E(S_0 - C)} \psi \left( 1 - \mu \frac{\psi}{4} \right) = 0,00041 \text{ м};$$

$$\beta = \frac{\sqrt[4]{3(1-\mu^2)}}{\sqrt{R(S_0 - C)}} = 9,77 \text{ м}^{-1};$$

$$\Delta_{Q_0}^{\parallel} = \frac{2\beta R^2}{(S-C)E} Q_0 = 4,26 \cdot 10^{-9} Q_0 \text{ м};$$

$$\Delta_{M_0}^{\parallel} = \frac{2\beta^2 R^2}{(S-C)E} M_0 = 4,16 \cdot 10^{-8} M_0 \text{ м};$$

$$\theta_{P_m}^{\perp} = \theta_{P_0}^{\perp} = 0;$$

$$\theta_{Q_0}^{\perp} = \frac{2\beta^2 R^2}{(S-C)E} Q_0 = 4,16 \cdot 10^{-8} Q_0 \text{ рад};$$

$$\theta_{M_0}^{\perp} = \frac{2\beta^3 R^2}{(S-C)E} M_0 = 81,3 \cdot 10^{-8} M_0 \text{ рад}.$$

Радіальні і кутові деформації зовнішнього края плоского борту від дії  $P_m$ ,  $P_0$ ,  $Q_0$ ,  $M_0$ , при  $\lambda = R_0/R$  визначається по наступним формулах:

					<b>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta_{P_M}^n = \frac{\rho\omega^2 R^3}{4E} [(1 - \mu) + (3 + \mu)\lambda^2] = 97,94 \cdot 10^{-6} \text{ м};$$

$$\Delta_{P_{M_0}}^n = \frac{\rho_c \omega^2 R^5}{16E(S_n - c)^2(1 - \lambda^2)} \{3(1 + \mu)[1 - \lambda^4](1 - 2\lambda^2) - 2\lambda^6 \ln \lambda^2\} - (1 + 5\mu)(1 - \lambda^2)^3\} = -0,00162 \text{ м};$$

$$\Delta_{Q_0}^n = \frac{4R}{E(S_n - c)(1 - \lambda^2)} [1 - \mu + (1 + \mu)\lambda^2] Q_0 = 1,63 \cdot 10^{-9} Q_0 \text{ м};$$

$$\Delta_{M_0}^n = \frac{6R}{E(S_n - c)^2(1 - \lambda^2)} [1 - \mu + (1 + \mu)\lambda^2] M_0 = 8,44 \cdot 10^{-4} M_0 \text{ м};$$

$$\theta_{P_M}^n = 0;$$

$$\theta_{P_0}^n = \frac{\rho_c \omega^2 R^5}{8E(S_n - c)^3(1 - \lambda^2)} \{3(1 + \mu)[1 - \lambda^4](1 - 2\lambda^2) - 2\lambda^6 \ln \lambda^2\} - (1 + 5\mu)(1 - \lambda^2)^3\} = -0,112 \text{ рад};$$

$$\theta_{P_0}^n = \frac{\rho_c \omega^2 R^5}{8E(S_n - c)^3(1 - \lambda^2)} \{3(1 + \mu)[1 - \lambda^4](1 - 2\lambda^2) - 2\lambda^6 \ln \lambda^2\} - (1 + 5\mu)(1 - \lambda^2)^3\} = 8,44 \cdot 10^{-8} \text{ рад};$$

$$\theta_{M_0}^n = \frac{12R}{E(S_n - c)^3(1 - \lambda^2)} [1 - \mu + (1 + \mu)\lambda^2] M_0 = 5,82 \cdot 10^{-6} M_0 \text{ рад}.$$

Підставляючи знайдені значення величин деформацій в систему рівнянь (5.1.6) і групуючи однорідні члени, отримаємо систему двох рівнянь з двома невідомими  $Q_0$  і  $M_0$ .

Вирішуючи цю систему рівнянь, знаходимо значення крайових навантажень  $Q_0$  і  $M_0$ :

$$\begin{cases} 5,89 \cdot 10^{-5} Q_0 + 4,28 \cdot 10^{-8} M_0 = 0,0021 \\ 4,28 \cdot 10^{-8} Q_0 + 6,6310^{-6} M_0 = 0,112 \end{cases} \quad (2.1.7)$$

Звідси при  $S_0 = 20$  мм крайові навантаження:

$$Q_0 = 245289,9 \text{ Н/м}; M_0 = 15309,4 \text{ Н} \cdot \text{м/м}.$$

Меридіональна напруга від дії сил інерції оброблюваного середовища, МПа:

$$\sigma_{m_0}^{P_0} = \frac{\rho_c \omega^2 R^3}{8(S_0 - c)} \psi; \quad (2.1.8)$$

					<b>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

$$\sigma_{m_0}^{P_0} = 11,92 \text{ МПа}$$

Товщина стінки обичайки і крайовій зоні в першому наближенні:

$$S'_0 = \sqrt{\frac{6M_0}{(\varphi[\sigma]_{p.kp} - \sigma_{m_0}^{P_0})} + C + C_0}; \quad (2.1.9)$$

$$S'_0 = 0,025 \text{ м.}$$

Напруга обичайки на внутрішній поверхні крану :

Меридіональне

$$\sigma_{m_0} = \frac{6M_0}{(S'_0 - C)^2} + \frac{\rho_c \omega^2 R^3}{8(S'_0 - C)} \psi^2; \quad (2.1.10)$$

$$\sigma_{m_0} = 162,53 \text{ МПа.}$$

Кільцеве

$$\sigma_{t_0} = \rho \omega^2 R^2 + \frac{\rho_c \omega^2 R^3}{2(S'_0 - C)} \psi - \frac{2\beta_0 R}{(S'_0 - C)} Q_0 + \left[ \frac{2\beta_0^2 R}{(S'_0 - C)} + \frac{6\mu}{(S'_0 - C)^2} \right] M_0; \quad (5.1.11)$$

$$\text{де } \beta_0 = -\frac{\sqrt[4]{3(1-\mu^2)}}{\sqrt{R(S'_0 - C)}} = 8,7 \text{ м}^{-1};$$

$$\sigma_{t_0} = 85,05 \text{ МПа.}$$

### 2.5.6.2 Розрахунок підшипника

Визначимо момент на валу по формулі:

$$M = M_{эл} = 30 N_{эл} \pi n; \quad (2.2.1)$$

де  $N_{эл} = 55 \text{ кВт}$ , тип електродвигуна АДЦ-65/85-4УХЛ.

$$M = 30 \cdot 55 \cdot 1033,14 \cdot 720 = 729,8 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Виберемо матеріал валу і шпонки :

Вал – Сталь 40Х ГОСТ 4543-71, нормалізація, покращення.

$$d_B = 316 M \cdot \pi \cdot \tau_{кр}; \quad (2.2.2)$$

					<b>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$d_B = 316 \cdot 729,8 \cdot 1033,14 \cdot 25 = 72,4 \text{ мм.}$$

Діаметр вала приймаємо по ГОСТ 12080-66  $d_B = 100$  мм.

$$\sigma_{\text{см}} = 2M_{\text{кр}} \cdot d \cdot h \cdot t \cdot L \leq \sigma_{\text{см}};$$

$$\sigma_{\text{см}} = 100 \text{ МПа.}$$

Вибираємо шпонку для вала з  $d_B = 100$  мм:  $b = 28$  мм,  $h = 16$  мм,  $t = 10,0$  мм.

Довжину шпонки визначаємо по формулі:

$$L = 2 \cdot M_{\text{кр}} \cdot d \cdot h \cdot t \cdot \sigma_{\text{см}}; \quad (2.2.3)$$

$$L = 2 \cdot 729,8 \cdot 103100 \cdot 16 \cdot 10100 = 24,3 \text{ мм} \approx 25 \text{ мм.}$$

Попередній вибір підшипника :

Вибираємо підшипник роликовий радіальний сферичний дворядний по ГОСТ 5721-75: Підшипник 3620 ( $d = 100$ ,  $D = 215$ ,  $B = 73$ ,  $r = 4,0$ )

Визначення реакції в опорах підшипників :

$$M_{Ax} = 0; R_{Bx} \cdot 1230 = 0;$$

$$R_{Bx} = 0 \text{ кН};$$

$$M_{Bx} = 0; R_{Ax} \cdot 1230 = 0;$$

$$R_{Ax} = 0 \text{ кН};$$

$$M_{Az} = 0; -Q \cdot 541 + R_{Bz} \cdot 1230 = 0;$$

$$R_{Bz} = 0,44Q = 0,44 \cdot 33756,2 = 14852,7 \text{ Н.}$$

$$M_{Bz} = 0; Q \cdot 689 - R_{Az} \cdot 1230 = 0;$$

$$R_{Az} = 0,56 \cdot 33756,2 = 18903,5 \text{ Н.}$$

Перевірка:

$$F_{iz} = 0; R_{Az} + R_{Bz} = Q;$$

$$14852,7 + 18903,5 = 33756,2.$$

					<b>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Визначимо жорсткість валу по вигину:

$$\sigma_{\text{из}}=M_{\text{и}}^2+0,45\cdot M_{\text{кр}}^2\cdot W\leq\sigma\cdot F; \quad (2.2.4)$$

де  $M_{\text{и}}$  - момент, що вигинає, в небезпечному перерізі валу;

$W=\pi\cdot d^3/32$  - осьовий момент опору круглого перерізу валу.

$$M_{\text{хоу}}=R_{\text{Вх}}\cdot 0,689=0 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$M_{\text{зоу}}=R_{\text{Вz}}\cdot 0,689=14852,7\cdot 0,689=10223,5 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

Таким чином

$$M_{\text{и}}=M_{\text{зоу}}=10223,5 \text{ Н}\cdot\text{м},$$

$$W_{\text{и}}=98125 \text{ мм}^3;$$

$$\sigma_{\text{из}}=10223,52+0,45\cdot 729,82\cdot 10398125=104 \text{ МПа}.$$

$$\sigma_{\text{из}}<\sigma_{\text{из}};$$

$$104 \text{ МПа}<363 \text{ МПа}.$$

Таким чином, величина напруги вигину задовольняє значенню, що допускається.

Визначимо жорсткість валу по куту закручування  $\varphi_0$  на 1 м довжини валу :

$$\varphi_0=M_{\text{кр}}\cdot 180^\circ\cdot \pi\cdot G\cdot J_p\leq\varphi_0; \quad (2.2.5)$$

де  $G=8\cdot 10^4$  – модуль зрушення, МПа;

$$J_p=\pi\cdot d^4/32 - \text{полярний момент інерції, мм}^4, J_p=9812500 \text{ мм}^4;$$

$\varphi_0=0,25^\circ\div 1,5^\circ$  - кут закручування на 1 м довжини валу, що допускається.

$$\varphi_0=729,8\cdot 103\cdot 180^\circ/3,14\cdot 8\cdot 10^4\cdot 9812500=0,0001\leq\varphi_0.$$

Таким чином, величина кута закручування задовольняє значенню, що допускається.

Визначимо довговічність підшипника :

					<b>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

Довговічність підшипника з вірогідністю його безвідмовної роботи 90% визначають по формулі:

$$L_h = 10660 \cdot n \cdot C \cdot P \cdot \alpha; \quad (2.2.6)$$

де  $n$  – частота обертання валу підшипника, що розраховується, об/мін;

$C$  – динамічна вантажопідйомність заздалегідь вибраного підшипника,  $C = 520$  кН;

$\alpha$  - показник міри, залежний від виду тіла кочення,  $\alpha = 3,3$ .

$$L_h = 10660 \cdot 720 \cdot 520 \cdot 18,93,3 = 164004,6 > T.$$

$T$  - час роботи передач:

$$T = L_r \cdot D \cdot G \cdot t = 12 \cdot 300 \cdot 8 \cdot 2 = 57600 \text{ ч}$$

де  $L_r$  - ресурс роботи машини в роках;

$D$  - число робочих днів в году;

$G$  - число змін;

$t$  – тривалість роботи за зміну.

Оскільки довговічність підшипника більше ресурсу роботи апарату, то визначимо вірогідність його безвідмовної роботи.

Визначимо вірогідність безвідмовної роботи підшипника:

$$\alpha = T \cdot L_h; \quad (2.2.7)$$

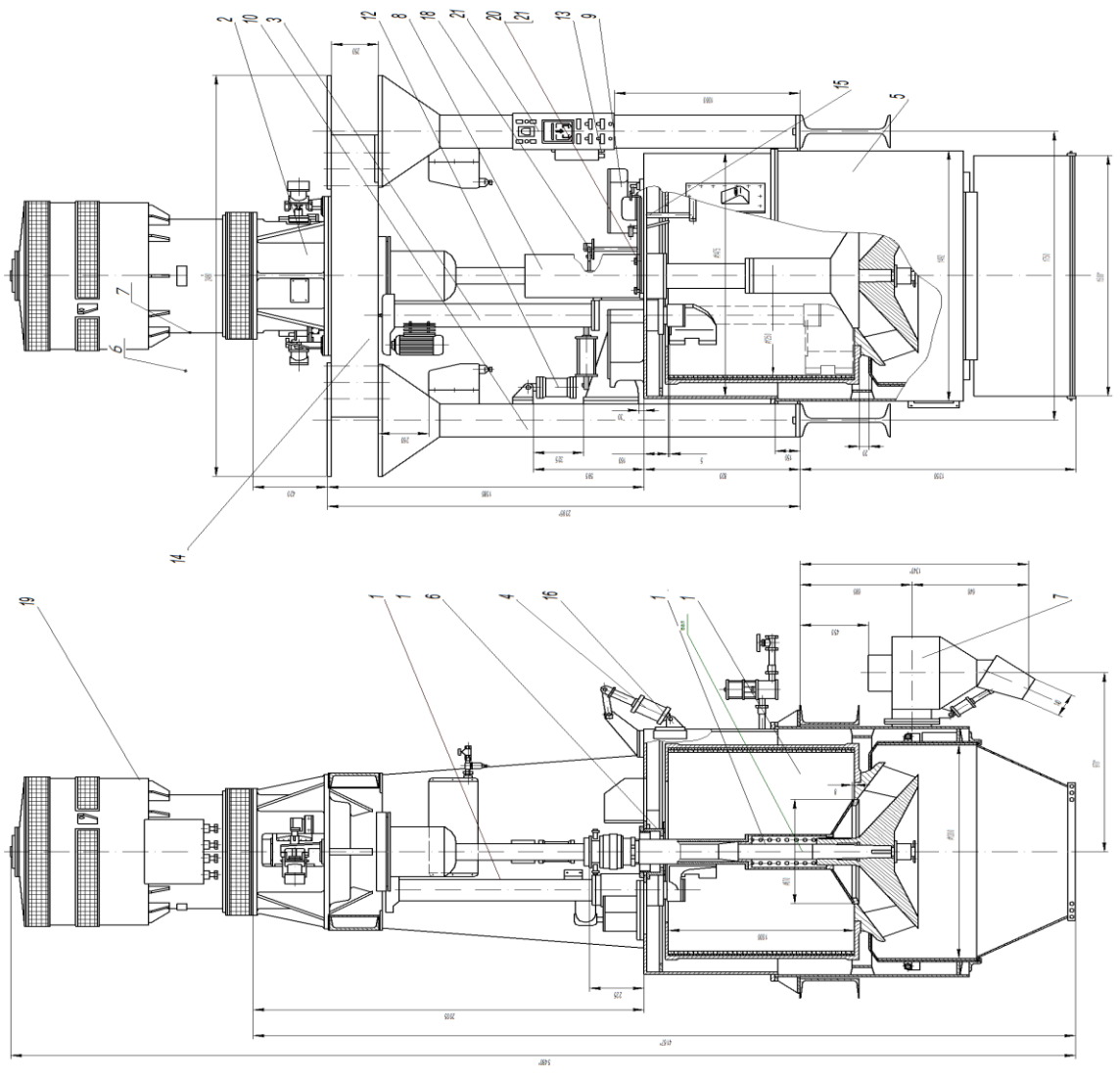
$$\alpha = 57600 \cdot 164004,6 = 0,35.$$

Таким чином вірогідність безвідмовної роботи підшипника рівна 98%.

Схему центрифуги зображено на рисунку 2.17.

					<b>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Таблиця запчастин
- 1 Система управління
  - 2 Система вентиляції
  - 3 Система освітлення
  - 4 Система кондиціонування
  - 5 Система опалення
  - 6 Система водопостачання
  - 7 Система водовідведення
  - 8 Система захисту
  - 9 Система безпеки
  - 10 Система сигналізації
  - 11 Система зв'язку
  - 12 Система моніторингу
  - 13 Система діагностики
  - 14 Система обслуговування



№	Назва деталі	Кількість
1	Система управління	1
2	Система вентиляції	1
3	Система освітлення	1
4	Система кондиціонування	1
5	Система опалення	1
6	Система водопостачання	1
7	Система водовідведення	1
8	Система захисту	1
9	Система безпеки	1
10	Система сигналізації	1
11	Система зв'язку	1
12	Система моніторингу	1
13	Система діагностики	1
14	Система обслуговування	1

Рис. 2.17 Схема центрифуги ФПН-1251

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

## 2.7 Опис апаратурно-технологічної схеми

Для одержання стеароїл лактилату натрію у реактор 1 додаємо стеаринову і молочну кислоти, де протягом 6 годин, при температурі 150 ° С і тиску 30,4 кПа відбувається процес конденсації кислот з перемішуванням.

Гомогенізовану суміш стеаринової та молочної кислот, за допомогою відцентрового насосу 2 перекачують в теплообмінник 3 для охолодження суміші до 60 ° С. Після чого за допомогою насосу 4 суміш знову перекачують в реактор 5.

В реактор 5 додаємо 96% -вий етиловий спирт (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH), де відбувається перемішування при температурі 50-60 ° С і тиску 30,4 кПа.

Через відцентровий насос 6 суміш перекачується в реактор з якірною мішалкою 7, в бак подають водний розчин натрій карбонату (технічної соди), де відбувається процес отримання солі (лактилату натрію) при 20 ° С, протягом 3 годин. На цьому етапі виділяється двоокис вуглецю.

Із реактора 7 суміш за допомогою відцентрового насосу 8 перекачується в ректифікаційну колону 9, для випарювання водно-спиртової суміші. Цей процес відбувається при температурі 62-64 ° С і тиску 30,4 кПа. Відбувається виділення азеотропу (спирт-вода).

Після чого із ректифікаційної колони 9 стеароїл-лактилат натрію переправляється в кристалізатор 10, де відбувається кристалізація і охолодження речовини до 20 ° С, випадають кристали.

За допомогою відцентрового насосу 11 сировина перекачується у центрифугу 12, де відбувається процес розділення суспензій на рідку і тверду фази під дією відцентрових сил, при 20 ° С і тиску 30,4 кПа, протягом 1 години. Під час цього процесу виділяється надосадова рідина

Після центрифугування суміш за допомогою шнекового транспортеру подається у стрічкову сушарку 13, де відбувається процес сушіння за допомогою гарячого повітря, при температурі 50-60 ° С і тиску 30,4 кПа.

					<b>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

Після стадії сушіння речовина подається в збірник 15, з якого стеароїл-лактилат натрію переправляється в ковшовий транспортер 16. Звідси за допомогою транспортера харчова добавка подається у фасувальний автомат 17, фасується в мішки від 1 кг, звідки готовий продукт завантажується на склад.

Апаратурно-технологічна схема отримання стеароїл-лактилату натрію зображена на рисунку 2.18.

					<b>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

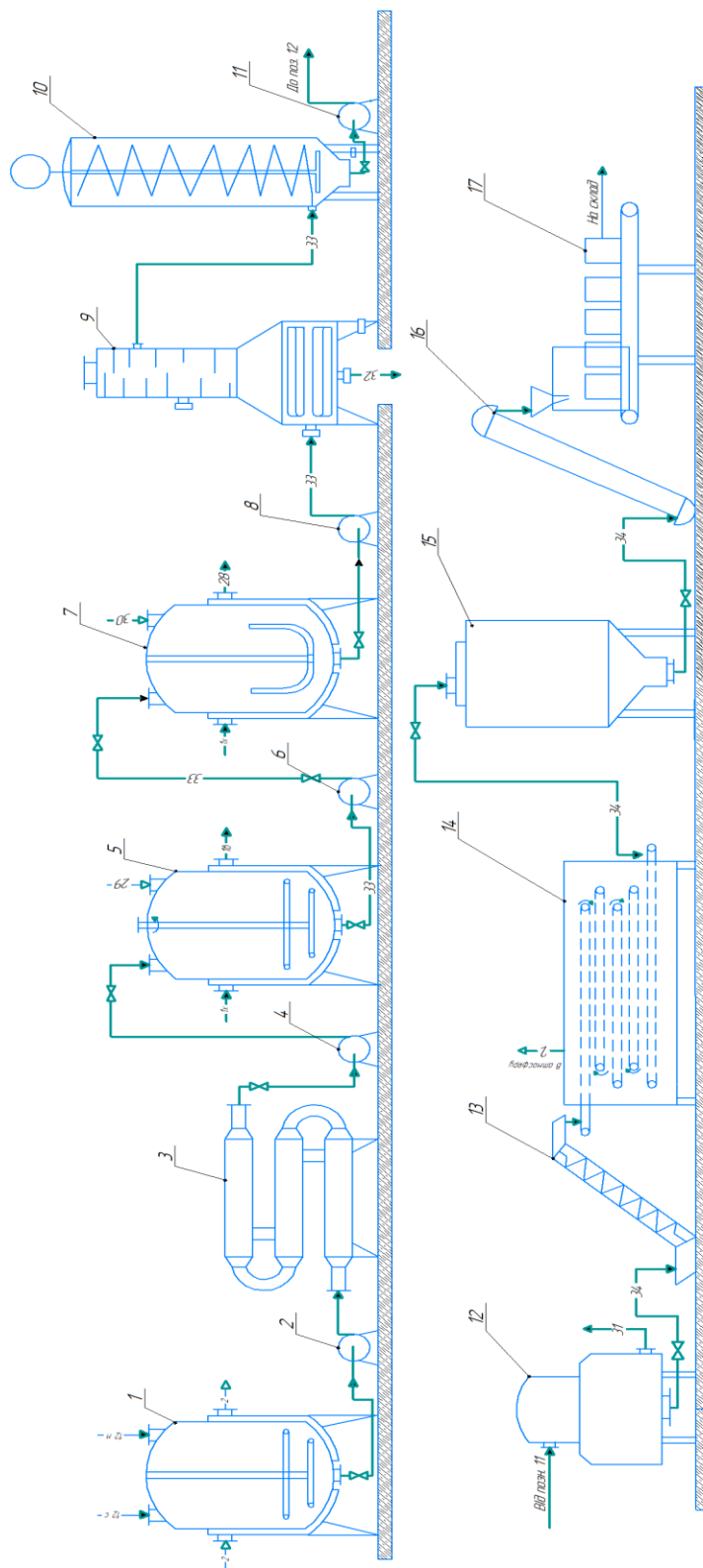


Рис. 2.18 Апаратурно-технологічна схема отримання стеароїл-лактилату натрію

№ п/п	Назва апарату	Кількість
1	Бак для молочної / стеаринової кислоти	1
2,4,6,8,11	Насос	4
3	Теплообмінник	1
5	Бак для ступі	1
7	Бак для п/д	1
9	Ремісна машина колесо	1
10	Колесо	1
12	Центрифуга	1
13,16	Трактор	2
14	Спринцова машина	1
15	З'єдн.	1
17	Автоматичний апарат	1

Уніфік. позначення	Назва потоку
1	Вода
1x	Холодна вода
1b	Відрахована вода
2	Пара
2c	Стеаринова кислота
2d	Молочна кислота
2e	Двофаз. вуглець
2f	Білий спирт
30	Розчин NaCl
31	Надсидоба рідина
32	Акселератор суміш
33	Іль лактилату натрію
34	Стеароїл-лактилат натрію

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### РОЗДІЛ ІІІ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

Наведено техніко-економічне обґрунтування процесу виробництва стеароїл-лактилату натрію.

Загальний розрахунок включає у себе:

- розрахунок потреби у сировині
- витрати на електроенергію
- розрахунок рентабельності виробництва

Тривалість одного виробничого циклу становить 24 годин, яке складає 3 зміни.

За допомогою розрахунку калькуляції собівартості виробництва визначається доцільність цього процесу.

Таблиця 3.1

#### Потреба в сировині та матеріалах на 250 кг виробництва

Сировина та матеріали	Одиницю виміру	Норми витрат на кг	Ціна одиниці сировини, грн	Сума, грн/250 кг
1	2	3	4	5
Стеаринова кислота	Кг	175	110	19250
Молочна кислота	Кг	121,9	81	9873,9
Етиловий спирт (96 %)	Кг	1425,17	100	142517
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Кг	31,95	30	958,5
Всього				172599,4

Отже, витрати на сировину та основні матеріали для виготовлення 250 кг становлять 172599,4 грн.

					ННІХТ. ХТ-4-4.021.161.КР.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата				
Розроб.		Донченко О.В.			<b>ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ</b>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Ковальова С.О.					73	92
Н.Контр		Подобій О.В.				НУХТ, каф. ТЖХТ		
Затверд.		Носенко Т.Т.						

Транспортно-заготівельні витрати на сировину та основні матеріали приймаємо в розмірі 5 %, що складають:

$$172599,4 \times 0,05 = 8629,97 / 235 \text{ кг}$$

Звідси, всього витрати становлять:

$$172599,4 + 8629,97 = 181229,37 \text{ грн}/235 \text{ кг.}$$

Таблиця 3.2

**Вартість витрат енергоресурсів на виробництво масою 250 кг**

Енергоресурс	Одиниця вимірювання	Норма витрат на 235 кг продукції	Ціна за одиницю ресурсу, грн	Вартість ресурсу, грн
Електроенергія	кВт	175	18,6	3255
Водяна пара	М <sup>3</sup>	140	9,55	1337
Всього				4592

Фактичний обсяг виробництва розраховують за формулою(3.1):

$$П_{\text{факт}} = П_{\text{доб}} \times K_{\text{вик}}, (3.1)$$

де  $K_{\text{вик}}$  – коефіцієнт використання потужності( нормативне значення 0,8).

Тоді фактичний добовий обсяг виробництва латилату натрію:

$$П_{\text{факт}} = 235 \times 0,8 = 188$$

Звідси, річний обсяг виробництва знайдемо за формулою (3.2):

$$O = П_{\text{факт}} \times K_{\text{д.р.}}, (3.2)$$

де  $K_{\text{д.р.}}$  – кількість діб роботи лінії.

Отже, річний обсяг виробництва стеароїл-лактилат натрію:

$$O = 188 \times 261 = 49068 \text{ кг}$$

## Штатний розпис основних робітників

Професія	Розряд	К-ть чоловік за зміну	К-ть змін	Загальна чисельність	Годинна тарифна ставка
Інженер-технолог	V	1	3	4	38,86
Апаратник	IV	6	3	14	38,86
Пакувальник	III	2	3	3	28,43
Підсобний робітник	II	1	3	3	28,43
Оператор лінії	II	2	3	4	28,43
Всього				28	

Середня тарифна ставка:

$$(38,86 \times 4 + 38,86 \times 14 + 28,43 \times 12) / 28 = 37,09 \text{ грн.}$$

Тарифний фонд заробітної плати:

3 190 080 грн.

Доплата за роботу в нічний час:

$$3\,190\,080 \times 0,4 / 3 = 425\,344 \text{ грн.}$$

Доплата за роботу в святкові дні:

$$7 \times 24 \times 34,22 \times 32 = 183\,966 \text{ грн.}$$

Доплати до тарифного фонду:

$$183\,966 + 425\,344 = 609\,310 \text{ грн}$$

Доплати до тарифного фонду заробітної плати, в якості премії :

$$3\,190\,080 \times 0,3 = 957\,024 \text{ грн.}$$

Оплата відпусток:

$$(3\,190\,080 + 609\,310 + 957\,024) / 260 \times 46 = 841\,519 \text{ грн.}$$

					<b>ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ</b>	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Річний фонд заробітної плати:

$3\,190\,080 + 609\,310 + 957\,024 + 841\,519 = 5\,597\,933$  грн.

Соціальні внески:

$5\,597\,933 \times 0,36 = 2\,015\,255$  грн.

Таблиця 3.4

### Капітальні витрати на устаткування

Устаткування	К-ть, шт	Оптова ціна за 1 шт., тис. грн	Витрати на придбання устаткування, тис.грн	Транспортні витрати (4%), тис. грн	Витрати на монтаж (40%), тис.грн	Повна вартість, тис.грн
1	2	3	4	5	6	7
Реактор змішувач лопатевий	2	25,600	51,200	1,250	12,500	64,950
Реактор змішувач якірний	1	27,800	27,800	2,220	22,200	52,220
Шнековий транспортер	1	12,000	12,000	2,200	22,000	36,200
Центрифуга	1	300,000	300,000	2,400	24,000	326,400
Стрічкова сушарка	1	150,000	150,000	10,000	100,000	260,000
Кристалізатор	1	68,000	68,000	1,050	10,500	79,550
Ректифікаційна колона	1	500,000	500,000	15,000	150,000	665,000

Апарат для фасування	1	70,000	70,000	2,800	28,000	100,800
Збірник	1	8,000	8,000	0,320	3200	11,520
<b>Всього</b>	<b>1 362 640 грн</b>					

Вартість трубопроводів і арматури складає біля 30% від вартості обладнання.

Разом з трубопроводами оптова вартість обладнання становить:

$$(1362640 \cdot 0,3) + 1362640 = 1771432 \text{ грн}$$

Таблиця 3.5

#### Витрати на допоміжні матеріали

Сировина та матеріали	Норми витрат на 250 кг	Ціна за одиницю продукції, грн	Вартість, грн/250 кг
1	2	3	4
Поліетиленові мішки	10	5	50
Картонні коробки	10	0,3	3
Етикетки	10	0,5	5
Ящики	2	80	160
<b>Всього</b>			<b>218</b>

## Калькуляція собівартості продукції

Собівартість складається із витрат на сировину, допоміжних матеріалів, витрат на електроенергію, використання обладнання та фонд заробітних плат.

Таблиця 3.6

### Загальні витрати

Найменування статей витрат	Витрати на річний випуск, тис.грн
1	2
Витрати на сировину	45048443,4
Витрати на електроенергію	283 185
Витрати на допоміжні матеріали	56 898
Витрати на оплату праці	5 597 933
Вартість основного обладнання	1 362 640 грн
Амортизація	38 223
Додаткові витрати (адміністративні, витрати на утилізацію та інші)	125 751
<b>Повна собівартість</b>	<b>51 150 433</b>

Вартість 1 кг продукції буде становити **135 грн.**

На сьогоднішній день середня ринкова ціна 1 кг стеароїл-лактилату натрію становить 150 грн.

## РОЗДІЛ ІV ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ

Система контролю якості продукції — це сукупність методів і засобів контролю та регулювання компонентів зовнішнього середовища, що визначають рівень якості продукції на стадіях стратегічного маркетингу, НДДКР і виробництва, а також технічного контролю на всіх стадіях виробничого процесу.

Технічний контроль — це комплекс взаємозалежних і проведених відповідно до встановленого порядку контрольних операцій, більшість з яких є невід'ємною й обов'язковою частиною виробничого процесу і тому покладається на робітників, що виконують відповідну виробничу операцію. Разом з тим з метою забезпечення випуску продукції належної якості і попередження втрат у виробництві багато контрольних операцій виконується бригадами, майстрами і спеціальним персоналом — працівниками заводського відділу технічного контролю (ВТК).

Загальні принципи раціональної організації технічного контролю полягають у такому:

— технічний контроль має охоплювати всі елементи і стадії виробничого процесу;

— техніка, методи й організаційні форми контролю повинні цілком відповідати особливостям техніки, технології й організації виробництва;

— ефективність раціональної організації технічного контролю в цілому й окремих її елементів має бути обґрунтована належними економічними розрахунками;

— система контролю має забезпечувати чіткий і обґрунтований розподіл обов'язків і відповідальності між окремими виконавцями та різними підрозділами підприємства;

					ННІХТ. ХТ-4-4.021.161.КР.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата				
Розроб.		Донченко О.В.			<b>ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ</b>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Ковальова С.О.					79	92
						НУХТ, каф. ТЖХТ		
Н.Контр		Подобій О.В.						
Затверд.		Носенко Т.Т.						

— система контролю має використовувати ефективні методи статистичного контролю мотивації.

Таблиця 4.1 – Класифікація видів контролю

Класифікаційна ознака	Вид контролю
1. Місце здійснення контролю по відношенню до того чи іншого етапу виробничого процесу	<p><b>Вхідний контроль</b> — контроль сировини, матеріалів, комплектуючих виробів і готової продукції, які надходять від інших підприємств чи інших діляниць виробництва. Вхідний контроль дає змогу уникнути зниження якості продукції через помилки постачальника, зібрати об'єктивну інформацію про закупівельні матеріали для вибору найбільш прийняттого постачальника чи формулювання додаткових вимог до якості матеріалів.</p> <p><b>Операційний контроль</b> — контроль продукції (чи технологічного процесу), який здійснюють після завершення певної виробничої операції.</p> <p><b>Приймальний контроль</b> — це контроль готової продукції після завершення всіх технологічних операцій із її виготовлення, за результатами якого приймають рішення про придатність продукції для постачання чи використання</p>
2. Ступінь охоплення продукції контролем	<p><b>Суцільний</b> — рішення про якість контрольованої продукції приймають за результатами перевірки кожної одиниці продукції.</p> <p><b>Вибірковий</b> — рішення про якість контрольованої продукції приймають за результатами перевірки однієї чи кількох вибірок із партії. Для аналізу</p>

	результатів вибіркового контролю застосовуються методи математичної статистики, що дозволяють, базуючись на обмеженій кількості контрольних перевірок, визначати з потрібним ступенем точності якість партії виробів чи стану технологічного процесу
--	--

Використовують такі методи контролю якості, як контроль налагодження; побіжний контроль; статистичні методи контролю; вибірковий або суцільний контроль; статистичний аналіз технологічного процесу, устаткування, якості продукції.

Залежно від особливостей контрольованих параметрів використовують класифікацію контрольних операцій за такими ознаками:

- контроль геометричних форм і розмірів;
- контроль зовнішнього вигляду продукції і документації;
- контроль фізико-механічних, хімічних та інших властивостей матеріалів і напівфабрикатів;
- контроль внутрішнього браку продукції (раковини, тріщини та ін.);
- контроль технологічних властивостей матеріалів;
- контроль-здавальні випробування;
- дотримання технологічної дисципліни.

Серед статистичних методів контролю якості одним із найпоширеніших є статистичний приймальний контроль за альтернативною ознакою. Розрізняють такі види планів статистичного контролю партії продукції за альтернативною ознакою:

- одноступеневі (коли у вибірці кількість дефектних виробів більша за контрольний норматив, то партія бракується, і навпаки);
- двоступеневі (коли призначаються два контрольні нормативи та контролюється одна або дві вибірки);
- багатоступеневі.

					<b>ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

Залежно від стадії виробництва виокремлюють попередній (вхідний), проміжний та остаточний контроль.

Залежно від ступеня охоплення контролем виробничих операцій розрізняють: поопераційний та груповий контроль, виконуваний після декількох виробничих операцій.

За місцем виконання є стаціонарні та ковзні контрольні операції, виконувані безпосередньо на робочих місцях.

Залежно від об'єкта контролю виокремлюють операції з перевірки: вихідних матеріалів; покупних напівфабрикатів і комплектуючих виробів; продукції на різних стадіях виробництва; засобів виробництва; технологічних процесів; документації, методів, систем забезпечення (управління) якості продукції.

Для перевірки фактичної відповідності якості продукції, що поставляється, використовуються різні організаційно-технічні процедури, форми і методи, у тому числі контроль, діагностування, випробування, аналіз причин браку, відмов, рекламаций та ін. Усі ці процедури виконуються, як правило, виготовлювачем або за його замовленням — сторонньою організацією.

Тому в споживача може виникнути сумнів в об'єктивності наданих йому результатів. Іншим видом контрольних процедур, що забезпечують отримання інформації про якість, є державний нагляд, здійснюваний Держстандартом України та ін.

					<b>ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ</b>	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ V ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

### 5.1 Охорона праці на підприємстві

Охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності. Визначення охорони праці, встановлене Законом України «Про охорону праці» від 14 жовтня 1992 року № 2694-ХІІ

Роботодавець - власник підприємства, установи, організації або уповноважений ним орган, незалежно від форм власності, виду діяльності, господарювання, і фізична особа, яка використовує найману працю.

Працівник - особа, яка працює на підприємстві, в організації, установі та виконує обов'язки або функції згідно з трудовим договором (контрактом).

Сукупність факторів виробничого середовища і трудового процесу, що впливають на працездатність і здоров'я працівника, складає умови праці. Для сучасного виробництва характерні швидка зміна технологій, оновлення обладнання, впровадження нових процесів і матеріалів, які недостатньо вивчені з точки зору негативних наслідків їх застосування.

Харчова промисловість виконує сполучну роль між сільським господарством і споживачем. Її підприємства переробляють зерно, овочі, фрукти, м'ясо, молоко і поставляють готову продукцію на підприємства торгівлі і громадського харчування. Технологічні процеси харчових виробництв пов'язані з великими тепло — та волого виділеннями, часто супроводжуються значними рівнями шуму і вібрації. Окремі операції не виключають попадання в повітря виробничих приміщень пилу, парів і газів, що роблять шкідливий вплив на організм людини.

					ННІХТ. ХТ-4-4.021.161.КР.ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Донченко О.В.			<b>ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ</b>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		Ковальова С.О.					83	92
						НУХТ, каф. ТЖХТ		
<i>Н.Контр</i>		Подобій О.В.						
<i>Затверд.</i>		Носенко Т.Т.						

Застосування легкозаймистих і горючих рідин і матеріалів істотно підвищує пожежо- і вибухонебезпечність харчових виробництв. Багато підприємств харчової промисловості оснащені високомеханізованим і автоматизованим обладнанням з програмним управлінням. У зв'язку з цим збільшується потенційна небезпека виникнення травмонебезпечних ситуацій. На підприємствах харчової промисловості велика питома вага ручної праці, в тому числі і важкої фізичної, широко застосовується праця жінок.

Безпека виробничих процесів забезпечується, передусім, політикою підприємства, спрямованою на застосування технічно справного обладнання та устаткування. А також, допуск до роботи працівників, які пройшли навчання, інструктаж з питань охорони праці.

Важливою вимогою в забезпеченні безпеки виробництва є проведення професійного відбору, де передбачається оцінка професійної придатності працівників до відповідних професій і спеціальностей. Обов'язкові попередній (при прийомі на роботу) і періодичні (впродовж трудової діяльності) медичні огляди проводяться для працівників, зайнятих на важких роботах, роботах з шкідливими або небезпечними умовами праці або роботах, що вимагають професійного відбору, і щорічно для осіб у віці до 21 року.

Періодичні медичні огляди працівників підприємства проводяться згідно зі списками, по професіях і виконуваних роботах.

На підприємстві потрібно дотримуватися графіків проходження медичних оглядів — це є одним із основних вимог профілактики виробничих захворювань і дотримання санітарних норм в харчовій промисловості.

Дотримання санітарних норм робочої зони на підприємстві є важливим чинником по профілактиці травматизму і профзахворювань. На підприємстві регулярно потрібно здійснювати контроль стану виробничої зони. Необхідно проводити інструментально-лабораторні дослідження умов праці на конкретних робочих місцях з визначенням шкідливих та небезпечних факторів виробничого середовища і трудового процесу.[19]

					<b>ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ</b>	Арк.
						84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5.2 Заходи з охорони навколишнього середовища на виробництві

Харчову промисловість відносять до галузей, яка здійснює суттєвий негативний вплив на оточуюче середовище. До основних екологічних загроз у харчовому виробництві відносять: викиди у атмосферу, руйнування озонового шару при використанні холодоагентів, тверді побутові відходи, забруднення водного басейну стічними водами та ін.

В Україні у виробництві харчових продуктів спеціалізується більше 22 тисяч підприємств при цьому існує проблема недостатності полігонів, неефективного поводження з відходами та їх утилізації.

Зростання обсягів виробництва продовольства супроводжується зростанням екологічного навантаження на природне середовище через дію антропогенних, техногенних чинників та ресурсоспоживання. Водночас саме продовольчий комплекс є найбільш чутливим до стану навколишнього природного середовища, а ефективність його функціонування і якісні характеристики продукції комплексу напрямів залежать від якісних характеристик складових його природно-ресурсного потенціалу: природнокліматичних умов і ресурсів, земельних, водних, лісових фауністичних та інших видів ресурсів

Особливу небезпеку складають тверді відходи, які можуть містити: органічні речовини, включаючи дріжджі, відходи від процесів фільтрації та освітлення; гідрокарбонат, одержаний під час попереднього очищення води; шлам із очисних споруд стічних вод; небезпечні відходи, включаючи відпрацьоване масло і розчинники після технічного обслуговування та експлуатації обладнання.

При виробництві хлібобулочних виробів основними екологічними загрозами виступають: викиди в атмосферу летючих органічних сполук. Для хлібопекарських підприємств – це етанол, який створюється в результаті метаболізму дріжджів під час ферментації. Загрозу атмосфері складає пил, який утворюється у процесі зберігання, оброблення та сушіння зерна

					<b>ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ</b>	Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При виробництві хлібобулочних виробів також виникають тверді відходи, які не завжди підлягають утилізації. До таких відходів відносяться зіпсована сировина, відбракована продукція, тара та пакування, шлам від очищення стічних вод.

Для пакування хлібобулочних виробів використовується папір, поліетилен, пластик, картон. Крім того, для транспортування використовується багаторазова тара, яка виробляється із деревини та пластику, що при закінченні терміну експлуатації потребує утилізації.

Стічні води, які утворюються у процесі прибирання та проливів, мають у своєму складі органічні сполуки, що не дозволяє без попереднього очищення скидати їх у водойми.

Однією із проблем української харчової промисловості є недостатня кількість підприємств із комплексним підходом до переробки відходів.

Розуміння екологічних проблем, які виникають при виробництві харчових продуктів, дозволить запропонувати заходи, які необхідно вжити для зменшення тиску на навколишнє середовище, мінімізувати екологічні ризики.

Для зменшення забруднення стічних вод:

- посилити контроль за скидом стічних вод;
- встановити або модернізувати очисні споруди підприємств;
- здійснювати поділ технологічних, охолоджуючих і санітарних стоків для спрямування стічних вод на переробку;
- використовувати миючі засоби у межах встановлених норм;
- впровадження процедур, які передбачають регулярні огляди зливової каналізації та каналізаційної мережі для забруднених стоків, каналізаційних колодязів, жируловлювачів, колекторів стічних вод тощо.

Для зменшення впливу на зовнішнє середовище шляхом зменшення викидів у атмосферу необхідно:

- впровадження надійних процедур управління відходами для дотримання санітарних норм;
- перехід на холодоагенти, які не містять хлорфторвуглеців;

					<b>ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ</b>	Арк.
						86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- ліквідувати витоків у системі охолодження;
- здійснювати ізоляцію холодильних камер;
- встановити пилоуловлювачі циклонного типу або фільтрів із тканини.

					<b>ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		87

## ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз вітчизняної та закордонної наукової науково-технічної літератури стосовно хімії і технології виробництва харчової добавки Е481. Наведені властивості, застосування та показники безпеки добавки стеароїл лактилату натрію .

2. Обґрунтовано вибір сировини і допоміжних матеріалів, наведена їх характеристика. Запропоновано використання молочної кислоти, стеаринової кислоти та карбонату натрію, що є доступною, безпечною та дешевою сировиною.

3. Описано та обґрунтовано принципову схему виробництва стеароїл лактилату натрію із молочної кислоти, стеаринової кислоти та карбонат натрію.

4. Розраховано матеріальний баланс виробництва добавки з потужністю 235 кг/добу. Визначено, що загальні втрати сировини становлять 214,45 кг.

5. Виконано підбір основного технологічного обладнання на виробництві добавки Е 482 та проведено розрахунок центрифуги.

6. Розроблено апаратурно-технологічну схему виробництва стеароїл лактилату натрію та наведений її опис.

7. Розраховано ряд техніко-економічних показників виробництва, у тому числі й очікувана собівартість виробництва. Ціна за 1 кг. стеароїл лактилату натрію становить 35 грн, що робить продукт конкурентно спроможним на ринку харчових добавок.

8. Описано показники якості та безпечності отриманої продукції. Основна функція організації виробництва є технічний контроль якості продукції - перевірка дотримання технічних вимог до якості продукції

					ННІХТ. ХТ-4-4.021.161.КР.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата				
Розроб.		Донченко О.В.			<b>ВИСНОВКИ</b>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Ковальова С.О.					88	92
Н.Контр		Подобій О.В.				НУХТ, каф. ТЖХТ		
Затверд.		Носенко Т.Т.						

на всіх стадіях її виготовлення, а також виробничих умов і чинників, що забезпечують необхідну якість.

9. Запропоновано шляхи вирішення питань екологічної небезпеки під час виробництва, які полягають у нейтралізації залишків кислото

					<b>ВИСНОВОК</b>	Арк.
						89
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Присмаки // Українська мала енциклопедія : 16 кн. : у 8 т. / проф. Є. Онацький. — Накладом Адміністрації УАПЦ в Аргентині. — Буенос-Айрес, 1963. — Т. 6, кн. XII : Літери По — Риз. — С. 1497.
2. Габович Р. Д. Гігієнічні засоби охорони продуктів харчування-1987р.
3. Handbook of Pharmaceutical Excipients / Raymond C. Rowe, Paul J. Sheskey, Marian E. Quinn. — London — Chicago, 2009.
4. Літ.: Allen L.V. Featured excipient: capsule and tablet lubricants // Int. J. Pharm. Compound. — 2000. — Vol. 4. — № 5
5. Жогло Ф., Возняк В., Попович В., Богдан Я. Допоміжні речовини та їх застосування в технології лікарських форм. — Львів, 1996. — 96 с/
6. Starr J. N., Westhoff G. Lactic Acid (англ.) // Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. — Wiley, 2014. — doi:10.1002/14356007.a15\_097.pub3.
7. ГОСТ 490-2006 Кислота молочная пищевая. Технические условия
8. Чирва В. Я., Ярмолюк С. М., Толкачова Н. В., Земляков О. Є. Органічна хімія. — Львів : БаК, 2009. — 996 с. — ISBN 966-7065-87-4.
9. Нечаев, А.П. Пищевые добавки. / А.П. Нечаев, Л.А. Кочеткова, А.Н.Зайцев. — М.: Колос, 2001. — 256 с.
10. О.В. Подобій . Хімія та технологія харчових добавок [Електронний ресурс]: конспект лекцій для здобувачів освітнього ступеня «Бакалавр» спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» освітньо-професійної програми «Хімічна технологія», денної та заочної форм навчання / О.В.Подобій. — К.: НУХТ, 2019. — 131с.

					ННІХТ. ХТ-4-4.021.161.КР.ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата	<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b>					
Розроб.		Донченко О.В.						Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Ковальова С.О.							90	92
Н.Контр		Подобій О.В.						НУХТ, каф. ТЖХТ		
Затверд.		Носенко Т.Т.								

11. Бабюк А.В. Безпека харчування: сучасні проблеми / [А.В. Бабюк, О.В. Макарова, М.С. Рогозинський та ін. ]. – Чернівці: Книги- XXI, 2005.- 456 с.
12. Ластухін Ю.О. Харчові добавки. Е-коди. Будова. Одержання. Властивості / Ю.О. Ластухін. – Львів: Центр Європи, 2009. – 836.
13. Glabe, E.F., «Method of Preparing Bakery Products», 1958. – 214 с.
- 14.Л.В. Дуленко, Ю.А. Горяйнова, А.В. Полякова. Харчова хімія – К.: Кондор, 2012. – 248 с.
15. Машины и аппараты пищевых производств [Текст] / С. Т. Антипов, И. Т. Кретов, А. Н. Остриков, В. А. Панфилов. – М.: Высш. шк., 2001. – 864 с.
16. Боков, К.Н. Курсовое проектирование деталей машин Учебное пособие [Текст] / Боков К.Н., С.А. Чернавский, И.М.. Чернин. – М.: Машиностроение, 1988. – 416 с.
17. Методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Расчет и конструирование машин и аппаратов пищевых производств»/Сост.: Ю. В. Бражник, П.С. Горшков – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2018. – 25 с.
18. Расчет и конструирование машин и аппаратов пищевых производств. Практикум [Текст] : учеб. пособие / А. Н. Остриков О. В. Абрамов, А. В. Прибытков, А. И. Потапов; Воронеж. гос. ун-т инж. технол. – Воронеж : ВГУИТ, 2014. – 200 с.
- 19.Купчик М.П., Гандзюк М.П , Степанець І Ф, Вендичанський В.Н., Литвиненко А.М., Іваненко. О. В. Основи охорони праці. - К.: Основа, 2000. - 416 с.

					<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		91

20. Ситников Е.Д. Практикум по технологическому оборудованию консервных заводов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1989. –134 с.
21. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию / Под ред. Ю. И. Дытнерского. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Химия, 1991. 494 с.
22. Білецький В. С., Олійник Т. А., Смирнов В. О., Скляр Л. В. Техніка та технологія збагачення корисних копалин. Частина III. Заключні процеси. — Кривий Ріг: Криворізький національний університет, 2019. — 220 с.
23. Допоміжні речовини та їх застосування в технології лікарських форм / За ред. Ф. Жогло. — Львів, 1996.

					<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b>	Арк.
						92
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		