

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

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

**Кафедра Технологічного обладнання та комп'ютерний технологій проектування**

**«До захисту в ЕК»**  
Директор інституту(декан факультету)  
\_\_\_\_\_ **Сергій БЛАЖЕНКО**  
(підпис) (прізвище та ініціали)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**«До захисту допущено»**  
Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ **Микола ЯКИМЧУК**  
(підпис) (прізвище та ініціали)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

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

освітньо-професійної програми Обладнання переробних і харчових виробництв  
на тему: \_\_\_\_\_ « Модернізація гомогенізатора молока А1-ОГМ шляхом  
удосконалення гомогенізуючого пристрою клапанного типу.»

Виконав: здобувач IV курсу, групи ОХ-4-2 Рибальченко Олександр Олегович  
(прізвище та ініціали)

Керівник доц. Вересоцький Юрій Іванович \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали) (підпис)

Консультанти \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали) (підпис)

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали) (підпис)

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

Здобувач \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ - 2023р.

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**  
Інститут *ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого*  
Кафедра *Машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв*  
Освітній ступінь *бакалавр*  
Спеціальність *133 «Галузеве машинобудування»*  
(код і назва)  
Освітньо-професійна програма *Інжиніринг харчових та біотехнологічних виробництв*  
(назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Завідувач кафедри  
*Микола ЯКИМЧУК*

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2023 року

## **З А В Д А Н Н Я**

### **НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА**

*Рибальченка Олександра Олеговича*

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи *Модернізація гомогенізатора молока АІ-ОГМ шляхом удосконалення гомогенізуючого пристрою клапанного типу.*

керівник роботи *Вересоцький Юрій Іванович , доцент, к.т.н.*

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

затверджені наказом закл. вищої осв. від “14” *квітня* 2023 року № *233-кс*

2. Строк подання здобувачем роботи *01 червня 2023 р.*

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

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) *анотація, зміст; вступ, аналіз існуючого обладнання аналогічного призначення, техніко-економічне обґрунтування, характеристика вихідної сировини і готового продукту; опис запропонованого технічного рішення, принцип роботи, розрахункова частина, вибір конструкційних матеріалів, технологічний маршрут виготовлення деталі, вимоги щодо монтажу, експлуатації, ремонту, опис системи управління, заходи щодо охорони праці, екології; загальні висновки, список використаної літератури, специфікація*

5. Перелік графічного матеріалу

*Загальний вигляд машини — 4 листи, техмаши*

## 6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_ 14 квітня 2023  
р. \_\_\_\_\_

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Анотація, зміст</i>	<i>26.04.23</i>	<i>Виконано</i>
2	<i>Вступ</i>	<i>27.04.23</i>	<i>Виконано</i>
3	<i>Аналіз існуючого обладнання аналогічного призначення</i>	<i>29.04.23</i>	<i>Виконано</i>
4	<i>Техніко – економічне, соціальне обґрунтування</i>	<i>02.05.23</i>	<i>Виконано</i>
5	<i>Характеристика вихідної сировини і продукту</i>	<i>03.05.23</i>	<i>Виконано</i>
6	<i>Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип дії модернізованого обладнання.</i>	<i>04.05.23</i>	<i>Виконано</i>
7	<i>Підбір конструкційних матеріалів</i>	<i>06.05.23</i>	<i>Виконано</i>
8	<i>Розрахункова частина</i>	<i>10.05.23</i>	<i>Виконано</i>
9	<i>Розрахунок технології виготовлення окремих деталей</i>	<i>12.05.23</i>	<i>Виконано</i>
10	<i>Правила монтажу, експлуатації та ремонту обладнання</i>	<i>16.05.23</i>	<i>Виконано</i>
11	<i>Система управління</i>	<i>17.05.23</i>	<i>Виконано</i>
12	<i>Охорона праці</i>	<i>18.05.23</i>	<i>Виконано</i>
13	<i>Охорона довкілля</i>	<i>19.05.23</i>	<i>Виконано</i>
14	<i>Висновки</i>	<i>20.05.23</i>	<i>Виконано</i>
15	<i>Список використаної літератури</i>	<i>23.05.23</i>	<i>Виконано</i>
16	<i>Графічна частина: 5 аркушів</i>	<i>28.05.23</i>	<i>Виконано</i>
17	<i>Подача КР на кафедру</i>	<i>20.06.23</i>	<i>Виконано</i>

**Здобувач**

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Керівник роботи**

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Рибальченко О.**

(ім'я та прізвище)

**Вересоцький Ю.**

(ім'я та прізвище)

## Аннотація

Кваліфікаційна робота виконана на тему «Удосконалення клапанного механізму гомогенізатора А1-ОГМ з метою збільшення продуктивності».

Робота присвячена підвищенню ефективності роботи гомогенізатора А1-ОГМ та збільшенню об'єму оброблюваного молочного продукту.

Розглянута актуальна проблема – низький об'єм оброблюваного молочного продукту, а також наведено низку технічних рішень, спрямованих на підвищення ефективності процесу гомогенізації молока.

Кваліфікаційна робота складається з графічної частини та пояснювальної записки.

Отримані результати досліджень можуть бути застосовані при розробці конструкції гомогенізатора та супутнього обладнання.

Ключові слова: гомогенізатор, молоко, молочний продукт, виробництво, удосконалення,

## Annotation

Qualification work was performed on the topic "Improvement of the valve mechanism of the A1-OGM homogenizer in order to increase productivity."

The work is devoted to improving the efficiency of the A1-OGM homogenizer and increasing the volume of processed milk product.

The article considers the urgent problem of low volume of processed milk product and presents a number of technical solutions aimed at improving the efficiency of milk homogenization.

The qualification work contains a graphic part and an explanatory note.

The obtained research results can be used to develop the design of a homogenizer and related equipment.

Key words: homogenizer, milk, milk product, production, improvement.

Відповідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження <b>Вересоцький Ю.І.</b>	Вид документа <b>Пояснювальна записка</b>		Статус документа		
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа <b>Рибальченко О.О.</b>	Назва, додаткова назва <b>Аннотація</b>	<b>192004.КР.02.00.ПЗ</b>			
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова <b>ua</b>	Аркуш 2/87

## Зміст

Анотація	2
Зміст	3
Вступ	
1. Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі	5
2. Техніко-економічне, соціальне обґрунтування	15
3. Характеристика вхідної сировини і готової продукції	20
4. Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи обладнання	21
5. Вибір конструкційних матеріалів	29
6. Вимоги до монтажу, експлуатації та ремонту	30
7. Розрахункова частина	36
8. Технологія виготовлення деталі	50
9. Опис системи управління	71
10. Заходи з охорони праці	74
11. Охорона довкілля	82
Висновок	86
Список використаної літератури	87

Відповідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження <b>Вересоцький Ю.І.</b>	Вид документа <b>Пояснювальна записка</b>	Статус документа		
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа <b>Рибальченко О.О.</b>	Назва, додаткова назва  <b>Зміст</b>	<b>192004.КР.02.00.ПЗ</b>		
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова <b>ua</b>
				Аркуш 3/87	

## ВСТУП

Молочна промисловість є однією з найважливіших галузей харчової промисловості в нашій країні. Вона почала свій розвиток наприкінці XVIII століття з появою товарних молочних господарств. Спочатку молочні заводи в Україні були невеликими підприємствами. Молоко використовується як продукт харчування у своєму природному вигляді або після переробки, а також як сировина для харчової промисловості. Молоко має високу харчову та біологічну цінність, оскільки містить необхідні для організму людини поживні речовини, такі як молочний жир, білки, вуглеводи, молочний цукор і мінеральні речовини.

Одним з найважливіших процесів у переробці молока є гомогенізація.

Гомогенізація на гомогенізаторах є технологічною операцією, яка поліпшує якість рідких молочних продуктів та їх консистенцію. Застосування гомогенізації разом з тепловою обробкою дозволяє збільшити тривалість зберігання без втрати якості. Це досягається роздробленням жирових кульок в молоці і рівномірним розподілом їх по всьому об'єму, що сприяє поліпшенню якості, зокрема консистенції і смаку.

Гомогенізацію молока проводять за допомогою клапанних і ротаційних гомогенізаторів, пристроїв для ультразвукової та електрогідравлічної гомогенізації, швидкохідних механічних мішалок, гідродинамічних ультразвукових апаратів, відцентрових струменевих гомогенізаторів. Проте, за ефективністю впливу на молоко без значних небажаних змін його властивостей, клапанні гомогенізатори високого тиску вважаються найкращими.

Відповідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження <b>Вересоцький Ю.І.</b>	Вид документа <b>Пояснювальна записка</b>		Статус документа		
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа <b>Рибальченко О.О.</b>	Назва, додаткова назва <b>Вступ</b>	<b>192004.КР.02.00.ПЗ</b>			
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова <b>ua</b>	Аркуш 4/87

## 1. Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі

У молочній галузі широке застосування знайшли гомогенізатори клапанного типу, зокрема моделі К5-ОГ2А-1,25, А1-ОГМ і А1-ОГМ-5. Вони представляють собою плунжерні насоси високого тиску з гомогенізуючою голівкою. (Таблиця 1.1).

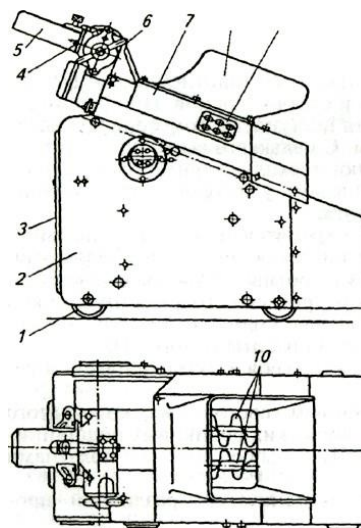
**Таблиця 1.1. Технічні характеристики гомогенізаторів**

Марка	К5-ОГА-1,2	А1-ОГМ	А1-ОГМ-5
Продуктивність, м <sup>3</sup> /Г	1,2	2,5	5
Робочий тиск, МПа	20	20	20
Температура обробки продукта, °С	45...85	45...85	45...85
Число плунжерів	3	3	3
Хід плунжера, мм	40	40	60
Число ступіней гомогенізатора	2	2	2
Потужність електродвигуна, кВт	16,7	14,1	37
Габаритні розміри, мм	965×930×1400	1420×1020×1670	1480×1110×1640
Маса, кг	850	1400	1710

Відповідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження <b>Вересоцький Ю.І.</b>	Вид документа <b>Пояснювальна записка</b>	Статус документа			
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа <b>Рибальченко О.О.</b>	Назва, додаткова назва <b>Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі</b>	<b>192004.КР.02.01.ПЗ</b>			
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова <b>ua</b>	Аркуш 5/87

Основними вузлами, з яких складаються гомогенізатори, є: кривошипно-шатунний механізм з системою змащення й охолодження, плунжерний блок з гомогенізуючою і манометричною головками, запобіжний клапан і станина. Привід здійснюється від електродвигуна за допомогою клинопасової передачі. Кривошипно-шатунний механізм змінює обертальний рух, який передається через клинопасну передачу від електродвигуна, на зворотно – поступальний рух плунжерів.

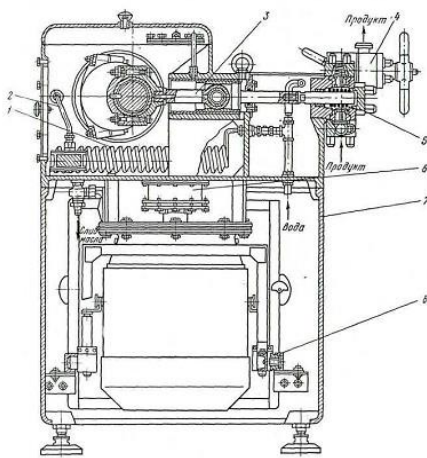
Плунжери, забезпечені манжетними ущільненнями, вставляються у робочі камери плунжерного блоку, здійснюючи всмоктувальні та нагнітальні ходи для створення необхідного тиску у гомогенізованій рідині. Кривошипно-шатунний механізм описуваних гомогенізаторів складається з колінчастого вала, який установлений на двох конічних роликотідшипниках; кришок підшипників; шатунів з кришками і вкладками; повзунів; що шарнірно з'єднані з шатунами за допомогою пальців; склянок; ущільнень; кришки корпусу та веденого шківа, який консольно закріплений на кінці колінчастого вала. Внутрішній простір кривошипно-шатунного механізму – заповнений маслом і служить масляною ванною. На задній стінці корпусу встановлені маслопоказник і зливна пробка для забезпечення контролю та зливу масла. У гомогенізаторі К5 - ОГ2А - 1,25 (рис. 1.1) змащення деталей кривошипно-шатунного механізму здійснюється за допомогою розпилення масла обертовим колінчастим валом.



**Рис. 1.1. Гомогенізатор К5 - ОГ2А - 1,25:**

- 1 - колесо; 2 - станина; 3 - корпус; 4 - кріплення насадки; 5 - насадка;  
 6 - замок; 7 - шнекова камера; 8 - бункер; 9 - пульт управління;  
 10 - шнеки.

Конструкція корпусу гомогенізатора К5 - ОГ2А - 1,25 і невеликі навантаження на кривошипно-шатунний механізм дозволяють охолоджувати масло, що знаходиться всередині корпусу, шляхом передачі тепла з поверхні в навколишнє середовище. В гомогенізаторах А1 - ОГМ і А1 – ОГМ-5 (рис 1.2) для охолодження найбільш навантажених тертьових пар використовується примусова система змащення водою, у поєднанні з розбризкуванням масла всередині корпусу. Це сприяє підвищенню тепловіддачі і охолодженню цих деталей.



**Рис.1.2. Гомогенізатор клапанного типу А1-ОГМ, А1-ОГМ-5**

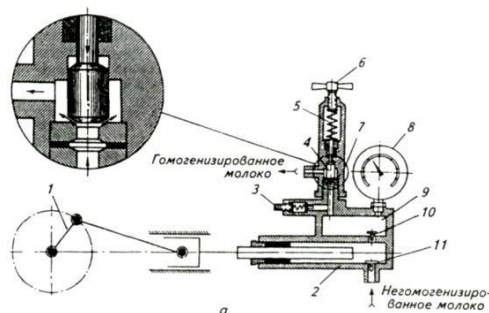
1 – змієвиковий охолоджувач ; 2 - трубопровід для подачі; 3 - кривошипно-шатунний механізм; 4 - гомогенізуючий клапан; 5 - блок циліндрів; 6 - муфта; 7 - станина; 8 - пристрій для відсування електродвигуна.

В гомогенізаторах, описаних в даному контексті, масло охолоджується за допомогою трубопровідної води, яка подається до змієвика охолоджувального пристрою, розташованого на дні корпусу. а плунжери водопровідною водою, що подає на них через отвір у трубі. Плунжери же охолоджуються водопровідною водою, яка подається на них через відповідний отвір у трубі. В системі також передбачено реле потоку, що контролює прохід води. Плунжерний блок, який прикріплюється до корпусу КШМ двома шпильками, використовується для всмоктування продукту з поданої магістралі та нагнітання його під високим тиском в гомогенізуючу голівку. Плунжерний блок складається з корпусу;

плунжерів; манжетних ущільнень; нижньої, верхньої та передньої кришок, а також всмоктувальних і нагнітальних клапанів; сідла клапанів; прокладки; втулки; пружини; фланця; штуцера; фільтра у всмоктуючому каналі блоку. На торцевій площині плунжерного блоку розташована гомогенізуюча головка, яка призначена для двоступеневої гомогенізації продукту шляхом пропускання його під високим тиском через щілину між клапаном і сідлом клапана в кожній системі щаблі. На верхній площині плунжерного блоку знаходиться манометрична головка, яка використовується для контролю тиску гомогенізації. Манометрична головка має дроселюючий елемент, що дозволяє ефективно зменшувати амплітуду коливання стрілки манометра. Складовими Манометричної головки є корпус, голка, ущільнення, підтискуючі гайки, шайби та манометр з мембранним роздільником.

У торцевій площині плунжерного блоку, з протилежного боку до кріплення гомогенізованої головки, розташований запобіжний клапан, який запобігає збільшенню тиску гомогенізації понад номінальне значення. Запобіжний клапан включає в себе гвинт, контргайку, п'яту, пружину, клапан і сідло клапана. Для налаштування запобіжного клапана на максимальний тиск гомогенізації слід обертати притискний гвинт, який впливає на клапан через пружину. Станина гомогенізатора складається з литої або звареної конструкції, виготовленої з швелерів. На верхній площині станини розміщено КШМ. Усередині на двох кронштейнах шарнірно закріплена плита, на якій розташований електричний двигун. Крім того, плита підтримується гвинтами, які регулюють клинові ремені. Станина має чотири опори, що регулюються по висоті. Бічні вікна станини закриваються знімними кришками. Молоко або молочний продукт подається до гомогенізатора за допомогою насоса, який направляє його в усмоктувальний канал плунжерного блоку.

З робочої порожнини плунжерного блоку, продукт під тиском подається через нагнітальний клапан в гомогенізуючу голівку і з великою швидкістю проходить через лицьовий зазор, який утворюється між притертими поверхнями гомогенізуючого клапана та його сідлом. Під час цього процесу проходить диспергування рідкої фази молочного продукту. Влаштування гомогенізованих голівок залишається незмінним до цього часу, хоча вони можуть піддаватися різним незначним модифікаціям. Зазвичай, робоча поверхня клапана у гомогенізаторах може мати форму плоску, тарілчасу або конусну з невеликим кутом нахилу. У випадку гомогенізаторів з плоскими клапанами, на поверхні сідла також розташовані концентричні рифлення, які відповідають рифленням на клапані. Для досягнення кращої гомогенізації, форма проходу для молока в гомогенізуючій голівці змінюється в радіальному напрямку. Рідкий продукт може бути нагнітаний в голівку за допомогою будь-якого насосу, який забезпечує рівномірну подачу і здатний створювати високий тиск. Для цього використовуються багатоплунжерні, ротаційні і гвинтові насоси. Найбільш поширені гомогенізатори високого тиску оснащені трьоплунжерними насосами.



**Рис.1.3. Схема пристрою плунжерного гомогенізатора клапанного типу**

Під час руху плунжера вліво молочний продукт протікає через всмоктувальний клапан 3 і потрапляє в циліндр, а під час руху плунжера вправо воно притискається через клапан 4 до нагнітальної камери, на якій розміщений манометр 10 для контролю тиску.

Подальше переміщення молока відбувається через канал до гомогенізуючої головки 5, де воно підтискає клапан 7 до сідла 6 за допомогою пружини 8. Гвинт 11 використовується для регулювання натягу пружини. Сідло і клапан щільно притерті одне до одного. У неробочому положенні клапан притиснутий до сідла за допомогою пружини 8, яка регулюється гвинтом 11. В робочому положенні, коли рідина нагнітається, клапан піднімається під дією тиску рідини і перебуває у "плаваючому" стані. Важливим параметром режиму гомогенізації, який має велике значення для налаштування машини, є тиск гомогенізації. Чим вище цей тиск, тим ефективніше відбувається процес диспергування. Регулювання тиску здійснюється за допомогою гвинта 11, враховуючи показання манометра 10. При закручуванні гвинта, тиск пружини на клапан збільшується, що призводить до збільшення відстані між клапаном та сідлом. Це збільшує гідравлічні опори при русі рідини через клапан, тобто збільшує необхідний тиск для пропускання певної кількості рідини. Однак, висока здатність плунжерного насоса створювати високий тиск може спричинити проблеми, якщо канал у сідлі клапана забрудниться. Тому гомогенізатор має запобіжний клапан 9, який дозволяє вивід рідини, коли тиск у машині перевищує заданий рівень. Бічний тиск, при якому відбувається відкриття запобіжного клапана, регулюється шляхом затягування гвинта пружини.

У гомогенізаторі з подвійним дроселюванням, рідина пропускається послідовно через дві робочі головки. У кожній головці тиск пружини на клапан регулюється окремо за допомогою відповідного гвинта. Такі головки забезпечують двоетапну гомогенізацію. Робочий тиск у нагнітальній камері визначається сумою обох перепадів тиску. Використання двоступеневої гомогенізації пояснюється тим, що у багатьох емульсіях після першого етапу гомогенізації спостерігається зворотне злипання диспергованих частинок та формування "грон", що негативно впливає на якість диспергування. Метою другого етапу є подальше роздроблення та розподілення таких нестійких утворень.

Для досягнення цієї мети потрібно менш суттєвий механічний вплив, тому перепад тиску у другій допоміжній голівці гомогенізатора значно менший, ніж у першій голівці, від роботи якої в основному залежить ступінь гомогенізації. Сучасні гомогенізатори в основному дотримуються принципів технічної естетики, санітарії та гігієни в своєму конструктивному оформленні. Нові моделі гомогенізаторів відповідають останнім тенденціям у розвитку устаткування для молочних підприємств. Вони мають обтічну форму і облицьовуються кожухами з полірованою поверхнею, виконаними з нержавіючої сталі.

Ураховуючи продуктивність лінії виробництва кисломолочних продуктів і конструктивні обмеження, рекомендується використовувати гомогенізатор марки А1-ОГМ. Для подальшого покращення процесу гомогенізації також рекомендується вдосконалити клапан і сідло клапана.

Гомогенізатори застосовуються не лише у харчовій промисловості, а й у різних інших галузях виробництва. Використання гомогенізаторів у косметичній промисловості дозволяє отримувати більш стабільні та однорідні емульсії з покращеними характеристиками. У фармацевтичній промисловості гомогенізація має велике значення, оскільки механічний процес гомогенізації забезпечує прямий доступ до ферментів, білків, ліпосом та внутрішньоклітинних активних речовин без необхідності використання хімічного лізису мембран. При використанні гомогенізаторів для приготування стійких розчинів продуктів з різними фізичними характеристиками, таких як протеїни, креми, розчини активних елементів, масла і вітаміни, спостерігаються й інші ефекти. Збільшення площі поверхні роздроблених частинок має важливе значення для хімічної і нафтохімічної промисловості, оскільки це сприяє підвищенню ефективності реакцій перетворення. Це також веде до додаткових переваг, таких як зменшення каталізаторних речовин, посилення пігментного кольору, збільшене використання і зниження кількості добавок, а також контроль в'язкості обробленого продукту.

Роздроблення частинок активних елементів сприяє збільшенню їх поверхні, що в свою чергу сприяє покращенню асиміляції підготовленого продукту.

Нижче наведено список деяких продуктів з косметичної, хімічної, фармацевтичної і нафтохімічної промисловостей, які можуть бути піддані процесу гомогенізації: креми для обличчя і тіла; лосьйони для тіла; шампуні та кондиціонери; косметичні засоби для догляду за волоссям; сонцезахисні засоби; парфумерні води та духи; фармацевтичні сиропи і суспензії; Мастила та мастильні матеріали; лаки і фарби для нігтів; чорнило для друку і письма; нафтопродукти (паливо, мастило, смазки) та багато чого іншого.

**Вакуумний змішувач-гомогенізатор** циркуляційного типу з гідравлічною системою підйому кришки разом з мішалкою (рис. 1.4), призначений для отримання однорідних сумішей, які складаються з декількох компонентів і змішуються механічним шляхом. Гомогенізатори можуть бути різних типів, таких як механічні, ультразвукові та високого тиску.



Рис. 1.4. Вакуумний змішувач-гомогенізатор EMULSIFIER CPK

Вакуумний змішувач-гомогенізатор використовується для змішування твердих порошків у рідкому середовищі з метою отримання різних продуктів, таких як пасти, суспензії, креми, гелі та інші хімічні, косметичні і фармацевтичні препарати. Це обладнання також застосовується в харчовій промисловості, хоча там використовуються переважно гомогенізатори клапанного типу.

Стандартно доступні змішувачі з різними робочими обсягами, такими як 50, 100, 150, 200, 300, 500, 750, 1000, 1500 та 2000 літрів. Ці змішувачі використовуються для виробництва косметичних і фармацевтичних продуктів, які вимагають інтенсивного і тривалого процесу гомогенізації рідких і високов'язких (пастоподібних) матеріалів, зокрема паст, кремів, мазей, суспензій, гелів та інших. Підйомна кришка значно полегшує проведення ремонтних та технічних робіт з обслуговування реактора.

**Фармацевтичний гомогенізатор** (рис. 1.5) використовують для утворення однорідних сумішей зі стабільною структурою і заданими хімічними властивостями в фармацевтичній промисловості.

При використанні пристроїв апаратів враховуються основні закономірності поведінки рідин при змішуванні, зокрема залежність від діаметра та щільності твердих тіл, що присутні у цих рідинах. Повторне механічне впливання на оброблювану речовину сприяє рівномірному розподілу концентрації всіх складових за структурою, що дозволяє отримати лікарську суміш з однаковими властивостями в кожній точці об'єму.



Рис. 1.5. Фармацевтичний гомогенізатор

Головна фаза процесу змішування та подрібнення відбувається в гомогенізованому вузлі пристрою, де відбувається розмелювання твердих частинок між нерухомими і рухомими елементами (ножами) ротора, які представляють собою кільцеві елементи з декількома отворами.

Під час проходження оброблюваною речовиною через порожнини, відбувається поетапне розмелювання великих фрагментів за допомогою рухомих елементів ротора. Одночасно здійснюється шарове розділення маси та інтенсивне перемішування всіх її компонентів.

Налаштування гомогенізатора відбувається з урахуванням оптимальної швидкості розшарування для матеріалів будь-якої консистенції. Основною метою є швидке отримання однорідного багатокомпонентного середовища (емульсії або суспензії), яке складається з кількох нерозчинних складових.

Застосування гомогенізаторів у фармацевтичній та харчовій промисловостях дозволяє ефективно змішувати різні хімічні складові і отримувати продукти високої якості з однорідною структурою і заданим діапазоном активності.

## 2. Техніко-економічне, соціальне обґрунтування

При зберіганні свіжого молока і вершків виникає явище розділення жирової фракції через різницю щільності молочного жиру і плазми. Жир поступово піднімається на поверхню або відстоюється. Швидкість цього процесу залежить від розміру жирових кульок, їх в'язкості і можливості злиття між собою. Розміри жирових кульок варіюються від 0,5 до 18 мікрометрів. Згідно з формулою Стокса, швидкість відстоювання жирових кульок прямо пропорційна квадрату їх радіуса. У процесі гомогенізації розмір жирових кульок зменшується приблизно в 10 разів (до розміру 1,0 мікрометра), що призводить до зменшення швидкості їх відстоювання близько в сто разів. Основне завдання модернізації гомогенізатора полягає в тому, щоб забезпечити наявність клапана з меншою висотою гомогенізуючого зазору, яка може змінюватися в залежності від тиску та потоку.

Додатковим завданням модернізації є розробка спеціального сідла для клапана, яке можна використовувати в існуючих гомогенізаторах зі стандартним типом клапанів. Ці нові клапани мають значно більшу довжину щілини, що дозволяє їх використовувати при великих потоках без необхідності великих витрат, які зазвичай пов'язані з використанням великих клапанів гомогенізатора.

Одним з додаткових завдань є відповідність надзвичайно високим вимогам, які ставляться до обробки харчових продуктів.

Ці та інші вимоги досягаються завдяки особливості гомогенізатора описаного типу, яка полягає у концентричному розташуванні гомогенізаційної щілини вздовж звуження.

Відповідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження <b>Вересоцький Ю.І.</b>	Вид документа <b>Пояснювальна записка</b>		Статус документа		
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа <b>Рибальченко О.О.</b>	Назва, додаткова назва <b>Техніко-економічне, соціальне обґрунтування</b>	<b>192004.КР.02.02.ПЗ</b>			
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова <b>ua</b>	Аркуш 15/87

Під час дроблення жирових кульок відбувається перерозподіл оболонкових речовин. Дрібні кульки, які утворюються під час цього процесу, активно взаємодіють з плазмовими білками, а деяка частина фосфатидів переходить з поверхні жирових кульок в плазму молока.

В гомогенізованому молоці цей процес сприяє стабілізації високодисперсної жирової емульсії. Тому, завдяки високій дисперсності жирових кульок, гомогенізоване молоко майже не відстоюється.

Механізм дроблення жирових кульок представлений схематично на рис. 2.1 і полягає в:

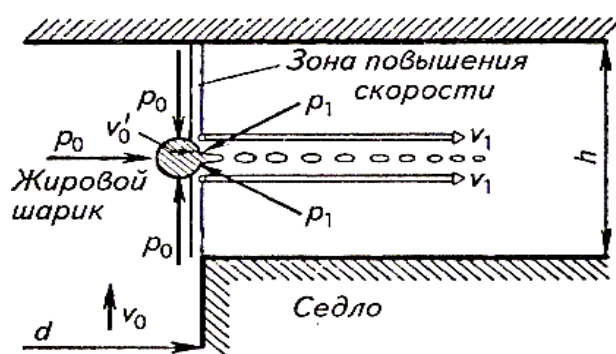


Рис. 2.1. Схема дроблення жирових кульок в клапанній щілині гомогенізатора:

$D$  – діаметр отвору в сідлі клапана;  $v_0$  – швидкість руху в клапані молока;  $v_0'$  – швидкість в прикордонному перетині;  $p_0$  – тиск в клапані;  $v_1$  – швидкість руху в щілині клапана;  $p_1$  – тиск в щілині клапана;  $h$  – висота щілини клапана

У гомогенізованому клапані, на межі сідла гомогенізатора і клапанної щілини, спостерігається поріг, де різко змінюється переріз потоку, а отже, і швидкість руху речовини. При переході від низьких швидкостей до високих, жирові кульки піддаються деформації: передня частина кульки, входячи в гомогенізуючу щілину з великою швидкістю, розтягується в нитку та розпадається на дрібні крапельки. Таким чином, ступінь роздробленості, або ефективність гомогенізації, залежить від швидкості потоку при вході в гомогенізуючу щілину, а, отже, від тиску гомогенізації, який завжди визначає швидкість процесу.

Зі збільшенням тиску на гомогенізаційному процесорі збільшується механічний вплив на продукт, що призводить до збільшення дисперсності жирових частинок і зменшення середнього діаметра цих частинок. Згідно з даними ВНІКМІ (Всесоюзний науково-дослідний і конструкторський інститут молочної промисловості), при тиску 15 МПа середній діаметр жирових частинок становить 1,43 мкм, а ефективність гомогенізації досягає 74%. При тиску 20 МПа середній діаметр частинок зменшується до 0,97 мкм, а ефективність зростає до 80%. (рис. 2.2).

Для досягнення підвищення тиску в гомогенізаторі можна використовувати систему з двома або трьома клапанами, що називається дво- або тріступінчастим гомогенізатором. Проте важливо враховувати, що зі збільшенням тиску збільшуються енергетичні витрати. Оптимальний тиск гомогенізації зазвичай становить 20-30 МПа. Рекомендований тиск залежить від складу сировини, з якої виготовляється продукт. При високому вмісті жиру рекомендується застосовувати менший тиск гомогенізації для зменшення споживання енергії.

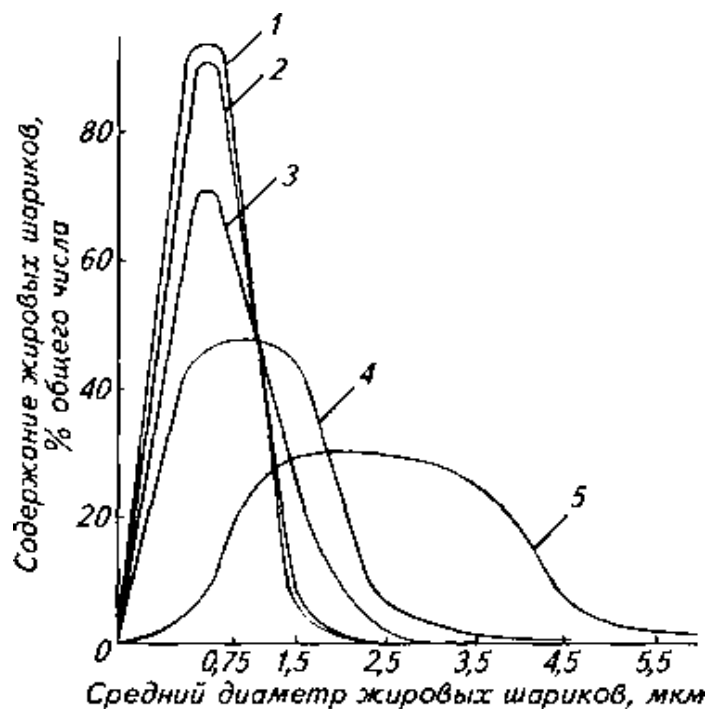


Рис. 2.2. Диференціальна крива розподілу жирових кульок по розмірами в залежності від тиску гомогенізації молока:

1 – при тиску 20 МПа; 2 – при тиску 15 МПа; 3 – при тиску 10 МПа; 4 – при тиску 5 МПа; 5 – молоко не гомогенізоване

Підвищення температури сприяє збільшенню інтенсивності гомогенізації, оскільки жир повністю переходить у рідкий стан, а в'язкість продукту зменшується. Також відстоювання жиру знижується при підвищенні температури. Проте, при температурах нижче 50°C відстоювання жиру може посилитися, що негативно впливає на якість продукту. Оптимальною вважається температура в діапазоні 60...65°C. При надмірно високих температурах може відбуватися відстоювання сироваткових білків в гомогенізаторі.

Окрім того, існує залежність між ефективністю гомогенізації та складом і властивостями продукту, такими як в'язкість, щільність, кислотність, вміст жиру, тощо. Збільшення кислотності молока призводить до зменшення ефективності гомогенізації, оскільки стабільність білків у кислому молоці знижується, що ускладнює роздроблення жирових кульок. В'язкіше і щільніше молоко також погіршує ефективність гомогенізації.

На сьогоднішній день існують два типи гомогенізації: одноступінчаста та двоступінчаста. Під час одноступінчастої гомогенізації можуть утворюватися агрегати малих жирових кульок, тоді як при двоступінчастій гомогенізації ці агрегати руйнуються та жирові кульки розсіюються. Для розриву технологічного процесу виробництва молочних напоїв та сирів застосовується метод роздільної гомогенізації.

Метод роздільної гомогенізації застосовується для отримання гомогенізованого молока з відповідним вмістом жиру, підвищеною стабільністю дисперсної фази жиру і білків.

Різниця роздільної гомогенізації від повної полягає в тому, що вона застосовується лише до висококонцентрованих жирових емульсій. Суть роздільної гомогенізації полягає в тому, що спочатку молоко піддається сепарації, а отримані вершки після цього піддаються гомогенізації. Після гомогенізації вершки змішуються зі знежиреним молоком, проводять нормалізацію, пастеризацію та охолодження.

При виробництві роздільно гомогенізованого молока з використанням двоступеневої гомогенізації масова частка жиру не повинна перевищувати 25%, а при одноступеневій гомогенізації - 16%.

Роздільна гомогенізація використовується для збільшення ефективності процесу гомогенізації і обмеження небажаного механічного впливу на молочний білок під час виготовлення питного молока та кисломолочних продуктів. Молоко, отримане за допомогою роздільної гомогенізації, майже не відрізняється від звичайного гомогенізованого молока за своїми фізико-хімічними та органолептичними властивостями, за умови, що масова частка жиру у використаних вершках для гомогенізації не перевищує 12%.

### 3.Характеристика вхідної сировини і готової продукції

Основна частина молока, що надходить на переробні підприємства, складається є коров'ячим молоком яке відрізняється високими харчовими і смаковими якостями і використовується як в натуральному вигляді, так і для виробництва різних молочних продуктів. В середньому воно містить 12,5% сухої речовини, включаючи 3,8% жиру, 3,3% білка, 4,7% молочного цукру і 0,7% мінеральних речовин. Енергетична цінність такого молока становить приблизно 2700 кДж. У його складі міститься понад 200 необхідних поживних речовин для людини, які знаходяться в оптимальному співвідношенні. Поживні речовини молока засвоюються на 95-98 %. Поживні речовини молока засвоюються на рівні 95-98%. Склад молока залежить від породи і виду тварин, умов годівлі і утримання, технологічних процесів доїння і переробки молока та інших факторів.

Фізичні властивості молока включають густину, в'язкість, поверхневий натяг, осмотичний тиск, температуру замерзання і кипіння, електропровідність, питому тепломісткість та оптичні властивості. Ці фізичні характеристики молока мають вплив на вибір оптимальних технологічних процесів, таких як нагрівання, охолодження, заморожування та сквашування. За фізико-хімічними, санітарно-гігієнічними та бактеріологічними показниками якості, молоко поділяється на три сорти - вищий, перший і другий.

Під час зберігання свіжого молока та вершків, відбувається відстоювання або спливання жирової фракції через різницю в щільності молочного жиру і плазми. Швидкість спливання залежить від розмірів жирових кульок, їх в'язкості та можливості з'єднання між собою. Розміри жирових кульок можуть варіюватися від 0,5 до 18 мкм. Процес гомогенізації дозволяє значно зменшити розміри жирових кульок, навіть до 1,0 мкм, тобто приблизно в 10 разів, що в свою чергу призводить до зменшення швидкості спливання цих кульок приблизно у 100 разів.

Відповідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження <b>Вересоцький Ю.І.</b>	Вид документа <b>Пояснювальна записка</b>		Статус документа			
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа <b>Рибальченко О.О.</b>	Назва, додаткова назва <b>Характеристика вхідної сировини і готової продукції</b>	<b>192004.КР.02.03.ПЗ</b>				
	Документ затверджено <b>Якимчук М.В.</b>		Інд. змін.	Дата видання	Мова <b>ua</b>	Аркуш <b>20/87</b>	

#### 4.Опис запропонованого технічного рішення.

##### Будова та принцип роботи обладнання

Ефективність гомогенізації молока залежить від кількох факторів, таких як робочий тиск, температура, швидкість руху продукту під час проходження через гомогенізуючу голівку. Конструкція голівки, а також склад і властивості компонентів, що утворюють оболонку жирових кульок, кислотність і послідовність технологічних операцій також мають значення. Головними елементами гомогенізуючої голівки є сідло та клапан, який під дією пружини натискатиметься на сідло для забезпечення необхідного тиску.

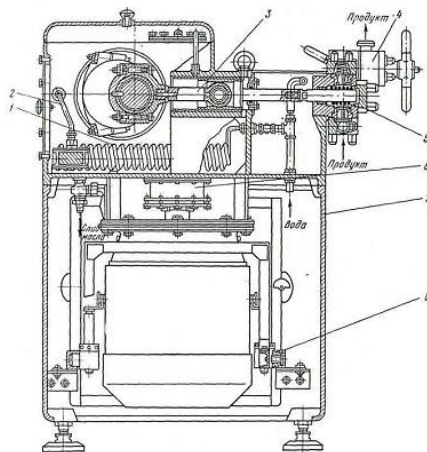
Для поліпшення процесу гомогенізації, ми рекомендуємо часткову модифікацію структури клапана, що сприятиме більш якісному подрібненню жирових кульок.

Ця зміна призведе до наступних переваг:

- Зменшення споживання електроенергії, оскільки потужність електродвигуна значно знизиться.
- Зменшення часу простою обладнання.
- Покращення якості продукту.
- Зменшення витрат на ремонт.

У гомогенізаторах А1-ОГМ і А1-ОГМ-5 (рис 1.3), додатково до розбризування масла всередині корпусу, використовується примусова система змащення для найбільш навантажених третювих пар. Це сприяє покращенню тепловіддачі між цими деталями.

Відповідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження <b>Вересоцький Ю.І.</b>	Вид документа <b>Пояснювальна записка</b>	Статус документа			
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа <b>Рибальченко О.О.</b>	Назва, додаткова назва Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи обладнання	<b>192004.КР.02.04.ПЗ</b>			
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова <b>ua</b>	Аркуш 21/87



**Рис.1.3. Гомогенізатор клапанного типу А1-ОГМ, А1-ОГМ-5**

1 – змієвиковий охолоджувач ; 2 - трубопровід для подачі; 3 - кривошипно-шатунний механізм; 4 - гомогенізуючий клапан; 5 - блок циліндрів; 6 - муфта; 7 - станина; 8 - пристрій для відсування електродвигуна.

У цих гомогенізаторах масло охолоджується за допомогою трубопровідної води. Трубопровідна вода поступає до змієвика охолоджувального пристрою, розташованого на дні корпусу, а плунжери отримують подачу водопровідної води через отвір у трубі. В системі встановлено реле протоки для контролю за пропускною здатністю води.

До корпусу КШМ за допомогою двох шпильок кріпиться плунжерний блок. Цей блок призначений для всмоктування продукту з поданої магістралі і нагнітання його під високим тиском до гомогенізуючої голівки.

Плунжерний блок складається з корпусу, плунжерів, манжетних ущільнень, нижньої, верхньої і передніх кришок, всмоктувальних і нагнітальних клапанів, сідла клапанів, прокладки, втулки, пружини, фланця, штуцера, фільтра у всмоктувальному каналі блоку. На торцевій площині плунжерного блоку розташована гомогенізуюча голівка, яка призначена для двоступеневої гомогенізації продукту шляхом пропускання його під високим тиском через щілину між клапаном і сідлом клапана в кожній системі щаблі. На верхній площині плунжерного блоку розташована манометрична головка для контролю тиску гомогенізації. Манометрична головка дозволяє ефективно зменшувати коливання стрілки манометра.

Манометрична головка складається з корпусу, голки, ущільнення, підтискає гайки, шайби і манометра з мембранним роздільником. У торцевій площині плунжерного блоку, на протилежній стороні до кріплення гомогенізуючої голівки розташований запобіжний клапан, який запобігає перевищенню тиску гомогенізації над номінальним значенням. Запобіжний клапан включає гвинт, контргайку, п'яту, пружину, клапан і сідло клапана. Максимальний тиск гомогенізації налаштовується на запобіжному клапані, шляхом регулювання притискного гвинта, який впливає на клапан через пружину.

Станина гомогенізатора складається з литої або зварної конструкції з швелерів, яка облицьована листовою сталлю. На верхній площині станини розміщений плунжерний блок. Усередині станини на двох кронштейнах знаходиться плита з електричним двигуном. Плита також підтримується гвинтами, які регулюють клинові ремені. Станина має чотири регульовані по висоті опори, а бічні вікна закриваються знімними кришками.

Молоко або молочний продукт надходить до всмоктувального каналу плунжерного блоку за допомогою насоса. Під тиском продукт проходить через нагнітальний клапан гомогенізуючої голівки зі значною швидкістю через лицьовий зазор між притертими поверхнями гомогенізуючого клапана і його сідла. Цей процес сприяє диспергуванню рідкої фази продукту. Після гомогенізації продукт направляється по молокопроводу для подальшої переробки або попереднього зберігання.

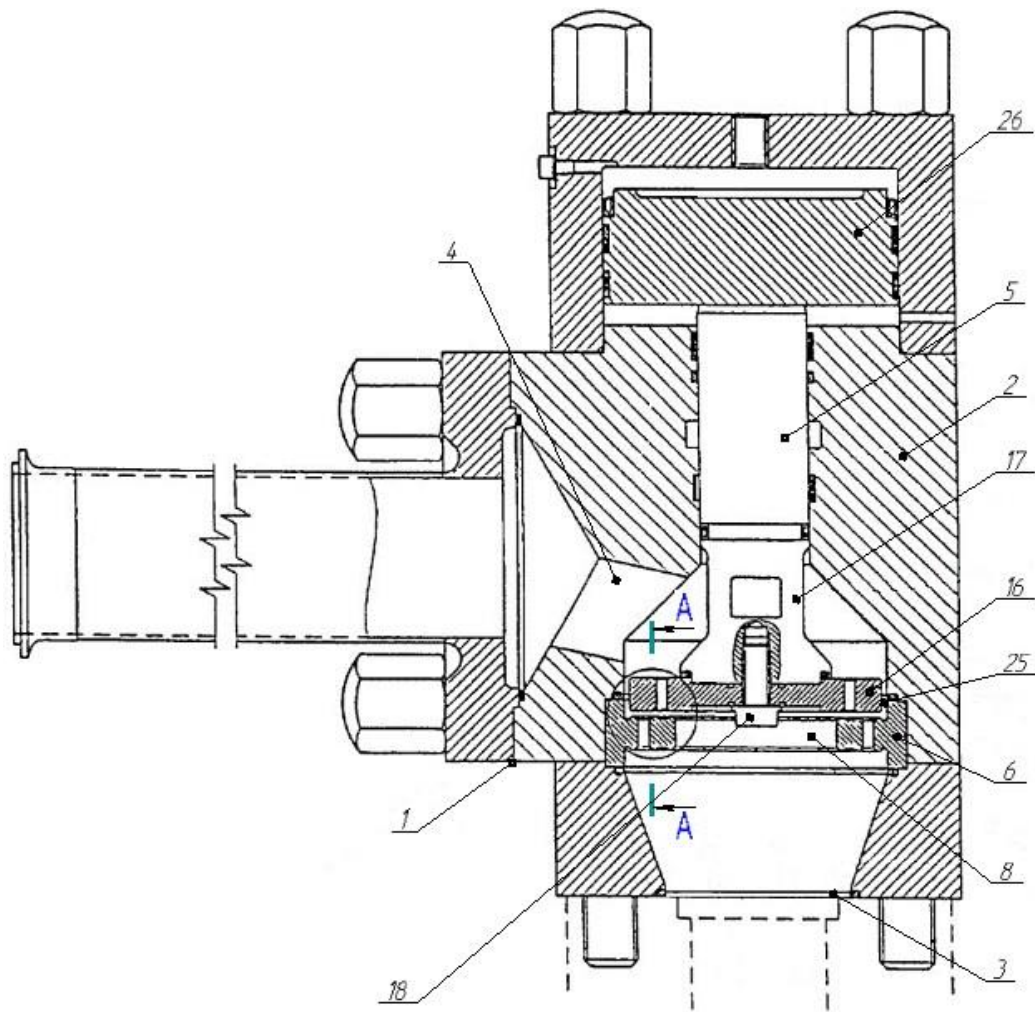


Рис. 4.2. Клапан гомогенізатора

1 - клапан гомогенізатора; 2 - корпус; 3 - впускний отвір; 4 - випускний отвір; 5 - конус клапана; 6 - сідло клапана; 8 - центральний наскрізний витратний отвір для рідини; 16 - елемент конуса клапана; 17 - центральна частина конуса клапана; 18 - гвинт; 25 - герметизуючі ущільнення; 26 - гідравлічний або пневматичний поршень

Як видно на рис. 4.2, клапан 1 гомогенізатора, як показано в дійсному винаході, складається з наступних компонентів: корпусу 2, клапана з впускним отвором 3 і випускним отвором 4 для рідини, яка піддається гомогенізації, а також конусу 5 клапана і сідла 6. Конус 5 клапана та сідло 6 розташовані таким чином, що між ними утворюється звуження, яке відоме як гомогенізуюча щілина 7.

В поліпшеному варіанті, сідло 6 клапана має обертово-симетричну конструкцію з центральним наскрізним витратним отвором 8 для рідини, яка підлягає гомогенізації. Цей витратний отвір 8 продовжує впускний отвір 3 клапана 1 гомогенізатора. Сідло 6 клапана виконано таким чином, що воно має симетричну структуру відносно центральної площини 9. Це дозволяє перевернути сідло 6 клапана в корпусі 2, збільшуючи тим самим термін його служби. Крім того, сідло 6 клапана оснащено кільцем 10, яке виконує функцію компенсатора зносу, що забезпечує додаткову довговічність. Усередині кільця 10, сідло 6 клапана має від двох до п'яти підвищень 11, які утворюють гомогенізуючу щілину 7. Ці підвищення 11 розташовані концентрично навколо витратного отвору 8, і в поліпшеному виконанні їх кількість становить три. Найближче до кільця 10 підвищення 11а повністю прилягає до нього. Підвищення 11b і 11c знаходяться на частині 13 сідла клапана, яка має зв'язки лише через вузькі з'єднувальні перемички 14 до частини 12. Таким чином, між частинами 12 і 13 створені канали 15 для пропуску рідини, яка підлягає гомогенізації.

Згідно з переважним варіантом зображеним на рис. 3.6, піднесення 11 може мати невелику верхню площину, яка розташована під кутом до навколишньої поверхні. Альтернативно, піднесення 11 може мати більш широку верхню площину і прямі границі відносно оточуючих поверхонь.

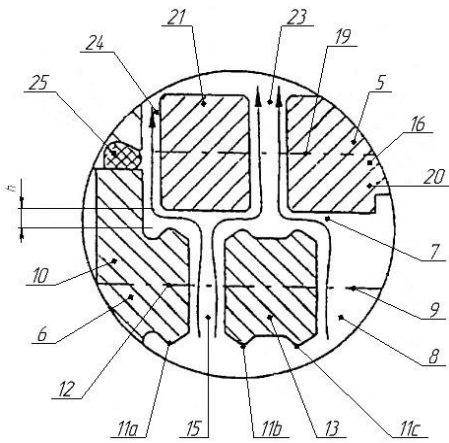


Рис. 4.3. Розріз кола А

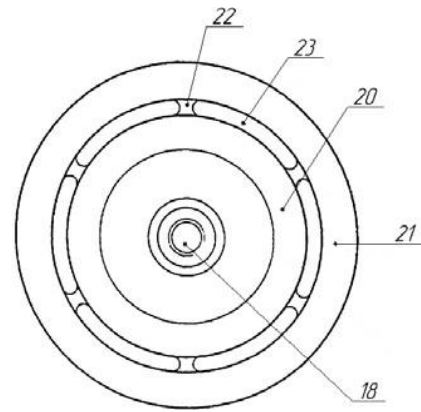


Рис. 4.4. Вид згори конуса клапана

7 - гомогенізуюча щілина; 9 - центральна площа; 10 - кільце; 11 - піднесення; 12 - частина сідла клапана; 13 - частина; 14 - перемички; 15 - канали для рідини; 19 - центральна площа; 20 - цілісна центральна площа; 21 - центральна частина; 22 - перемички; 23,24 - канали для рідини

Конус 5 клапана, що виконано обертово-симетричним, піддається тиску за допомогою гідравлічного або пневматичного поршня 26. Однак, в простішому варіанті його можна притиснути за допомогою регулюючого гвинта, який діє за допомогою пружини. Крім того, конус 5 клапана може бути рухомим, наприклад, за допомогою масла в циліндрі, для зменшення різких змін потоку, що виникають у гомогенізованій рідині. Ця гнучкість необхідна для керування змінами потоку, що виникають у поршневих насосах.

Конус 5 клапана розташований в корпусі 2 клапана таким чином, що між конусом 5 клапана і піднесеннями 11 сідла 6 клапана утворюються концентрично розташовані гомогенізуючі щілини 7 висотою  $h$ . Сторона конуса 5 клапана, спрямована до сідла 6 клапана, утворює другий кордон гомогенізуючої щілини 7. Висоту  $h$  гомогенізуючої щілини 7 можна змінювати, регулюючи тиск і потік, шляхом переміщення конуса 5 клапана ближче до сідла 6 клапана або подальше від нього.

У кращому варіанті реалізації сідло 6 клапана має три концентрично розташовані гомогенізовані щілини 7. Конус 5 клапана, у кращому варіанті реалізації, складається з нижньої частини, спрямованої до сідла 6 клапана, яка складається з окремого елемента 16. при цьому цей елемент закріплений на центральній частині 17 конуса 5 клапана. Цей елемент прикріплений до центральної частини 17 конуса 5 клапана. На рис. 3.4 показано, що елемент 16 може бути закріплений, наприклад, за допомогою гвинта 18. Відносно центральної площини 19 елемент 16 виконаний таким чином, що він однаковий з обох боків від центральної площини 19 і, отже, може бути повернений, подвоюючи термін служби елемента 16 конуса 5 клапана. На рис. 4.3 показано, що елемент 16 конуса 5 клапана має цільну центральну частину 20 і частину 21, що концентрично оточує цю центральну частину 20 і з'єднується з нею лише за допомогою вузьких з'єднувальних перемичок 22. Між цими частинами 20 і 21 розташовані канали 23 для рідини, яка піддається гомогенізації.

Молоко, що піддається гомогенізації, надходить до гомогенізатора під тиском приблизно 10-25 МПа. Жирність молока зазвичай коливається від 0,5% до 3,5%, а температура знаходиться в діапазоні від 55 до 80°C.

Згідно зі стрілками на рис. 4.3, коли рідина, що надходить через впускний отвір 3, досягає сідла 6 клапана, вона розділяється, частково протікаючи через центральний витратний канал 8 і частково через канали 15. Потім рідина проходить через одну з трьох гомогенізуючих щілин 7, де відбувається гомогенізація, а потім самостійно розподіляється, частково в канали 23 і частково в канал 24, який утворений між конусом 5 клапана і кільцем 10 сідла 6 клапана. Оскільки рідина завжди старається протікати найпростішим шляхом, то через три гомогенізаційні щілини 7 протікає приблизно однаковий обсяг рідини. Після гомогенізації рідина виходить з гомогенізатора через випускний отвір 4. Висота  $h$  щілини зазвичай становить 50-200 мкм. Під час пропускання рідини спостерігається швидке зниження тиску до 0 МПа, а одночасно збільшується швидкість потоку рідини, що призводить до процесу кипіння рідини.

Коли рідина (молоко) проходить щілину 7, її швидкість сповільнюється, а тиск знову зростає. Внаслідок цього рідина перестає кипіти, а бульбашки розбиваються в її масі. Цей процес зазвичай відбувається протягом декількох доль секунди. У високоінтенсивних режимах, коли швидкість руху рідини висока і виникає турбулентність та кавітація, жирові частки, що містяться в рідині, розщеплюються на дрібніші фрагменти або кульки.

Гомогенізовані головки були піддані деяким незначним змінам протягом часу, проте принцип їх конструкції залишається незмінним до сьогодні. Зазвичай форма робочої поверхні клапана може бути плоскою, дисковою або конусоподібною з невеликим конусним кутом. У гомогенізаторах з плоскими клапанами знаходяться концентричні рифлені виступи на поверхні сідла.

Таким чином, для поліпшення процесу гомогенізації форма протоку молока в радіальному напрямку змінюється. Це сприяє досягненню кращого результату гомогенізації. Рідкий продукт може бути подаваний в головку за допомогою будь-якого насоса, який забезпечує рівномірну подачу та здатний створювати високий тиск. Для цих цілей застосовуються багатоплунжерні, ротаційні та гвинтові насоси. Найбільш поширеними є гомогенізатори високого тиску з трьохплунжерними насосами.

## 5. Вибір конструкційних матеріалів

Для виробництва гомогенізаторів використовують нержавіючі харчові сталі. Трубопроводи виготовляють зі скла, харчових пластмас або харчової гуми. Все обладнання піддається очищенню холодною та гарячою водою з використанням лугу та кислоти. Тому, крім вищезазначеного, матеріали повинні бути стійкими до корозії в цих розчинах..

Головні компоненти гомогенізатора, такі як корпус, кришка, підстава і кільця-гайки, виготовляються з поковок або штамповок з нержавіючої сталі. Затяжні кільця мають ліву різьбу, що запобігає їх самовідгвинчуванню.

Після ретельного аналізу середовища, в якому працює клапан, а також урахування всіх факторів, що впливають на його ефективність, було встановлено, що найкращим варіантом для виготовлення цієї деталі є легована сталь, а конкретно сталь 12Х18Н9Т ГОСТ 5632-72.

Деталі, виготовлені з легової сталі, відрізняються відмінною стійкістю до впливу зовнішніх факторів, що спричиняють концентрацію напружень під час циклічних навантажень. Одним із важливих конструктивних переваг легової сталі є прийнятне співвідношення межі текучості до межі міцності на розтяг.

Інші марки сталі не мають необхідних властивостей, тому їх використання є недоцільним.

Завершивши необхідний аналіз, можна прийти до висновку, що конструкційна сталь марки 12Х18Н9Т ГОСТ 5632-72 є найбільш підходящим матеріалом для виготовлення клапана.

Відповідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження <b>Вересоцький Ю.І.</b>	Вид документа <b>Пояснювальна записка</b>		Статус документа	
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа <b>Рибальченко О.О.</b>	Назва, додаткова назва Вибір конструкційних матеріалів	<b>192004.КР.02.05.ПЗ</b>		
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова <b>ua</b>

## 6. Вимоги до монтажу експлуатації та ремонту

### Монтаж

Надійна і довговічна робота спроектованого обладнання можлива лише при суворому дотриманні правил експлуатації. Для забезпечення цього необхідно своєчасно, якісно і повністю виконувати технічне обслуговування і ремонтно-профілактичні роботи, які передбачені відповідним посібником з експлуатації.

#### Установка й вивірка гомогенізатора.

Усі вітчизняні гомогенізатори встановлюються на фундаменті, використовуючи гумові амортизатори 2 і 4. (рис. 6.1, ) і кріпляться до нього фундаментними болтами 1.

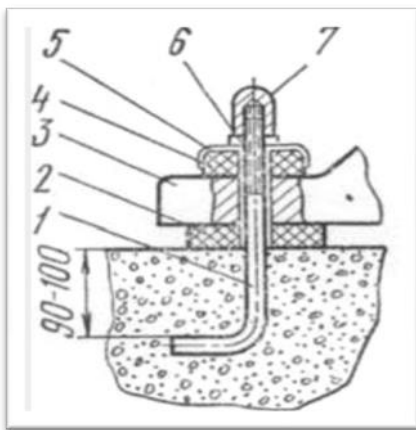


Рис. 6.1 Кріплення до фундаменту :

1 — фундаментний болт, 2, 4 — гумові амортизатори,

3 — лапа станини сепаратора, 5 — металевий ковпачок, 6 — гайка, 7 — контргайка;

Для забезпечення нормальної та безпечної роботи гомогенізатора необхідно правильно його встановити. Веретено повинно бути суворо вертикальним, а верхня проточена крайка чаші станини (базова поверхня) повинна бути горизонтальною.

Відповідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження <b>Вересоцький Ю.І.</b>	Вид документа <b>Пояснювальна записка</b>		Статус документа		
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа <b>Рибальченко О.О.</b>	Назва, додаткова назва <b>Вимоги до монтажу, експлуатації та ремонту</b>	<b>192004.KP.02.06.ПЗ</b>			
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова <b>ua</b>	Аркуш 30/87

При невеликих відхиленнях від горизонтальності необхідно підтягнути гайки 6 фундаментних болтів хрест-навхрест.

У разі більших відхилень, під нижні амортизатори 2 можуть бути встановлені сталеві підбивки у формі літери П різної товщини.

Тільки особи, які вивчили матеріальну частину, пройшли інструктаж з техніки безпеки та мають відповідні навички, допускаються до монтажу, наладки, обслуговування та експлуатації обладнання.

Монтаж гомогенизуючого апарату виробничого процесу включає установку на фундамент або без нього, залежно від потреб.

Гомогенизуючий апарат (A1-ОГМ) доставляють на монтаж вже у зібраному стані. Він установлюється на попередньо підготовленому фундаменті і кріпиться за допомогою гайок із шайбою до анкерних болтів.

Перед запуском машини проводять перевірку затяжки болтових з'єднань і переконуються в надійності кріплення підшипників. Також змащують всі необхідні частини машини. Після цього машину запускають на холостому ході. Під час роботи машини не повинно бути жодних стуків або вібрацій.

Після пробного запуску та виявлення будь-яких недоліків їх усувають і переходять до регулярної експлуатації.

## Експлуатація обладнання

Підготовка до роботи. Перед початком роботи, в корпус кривошипно-шатунного механізму слід налити автотракторне масло АСп-10 Ту38-00127-75, яке було попередньо профільтроване, до рівня середини маслопоказника.

Слід відкрити вентиль подачі води для охолодження плунжерів і перевірити, чи потрапляє вода на всі три плунжери.

Потрібно розслабити пружини I і II ступенів гомогенізуючої голівки таким чином, щоб при запуску гомогенізатор працював без тиску. Слід переконатися, що продукт подається до гомогенізатора. Після цього потрібно перемістити рукоятку автоматичного вимикача на електрошафі в положення "Включено".

Потрібно увімкнути двигун. Після цього перевірте напрямок обертання шківів. Вони повинні обертатися проти годинникової стрілки, якщо дивитися на них з боку приводу. Перевірте подачу мастила. Маслонасос повинен забезпечувати стабільний тиск масла в діапазоні від 0,03 до 0,15 МПа.

Порядок роботи. Перевіривши готовність гомогенізатора до роботи, натисніть кнопку «Пуск».

За допомогою натискаючих гвинтів гомогенізуючої головки встановіть потрібний тиск гомогенізації.

Поверніть рукоятку нажимного гвинта I ступеня проти годинникової стрілки поступово, щоб підвищити тиск гомогенізації I і II ступенів гомогенізуючої головки до 75% робочого тиску. У той же час користуючись голкою манометра, відрегулюйте коливання стрілки так, щоб вони не перевищували  $\pm 0,1$  МПа.

Далі, обертаючи рукоятку нажимного гвинта II ступеня, підвищуйте тиск до робочого значення, одночасно спостерігаючи за коливаннями стрілки манометра і, при необхідності, усуваючи надмірне обертання голки манометричної головки.

Після налаштування коливань стрілки манометра, переконайтесь, що доступ продукту до мембрани манометра не заблокований.

Для цього слід понизити тиск гомогенізації натискаючим гвинтом II ступеня, після чого потрібно підняти його до раніше встановленого. В результаті, показники на манометрі повинні змінитися.

Під час роботи гомогенізатора важливо контролювати, щоб рідина не просочувалася через ущільнення повзуна і плунжера, а також через прокладки у всіх з'єднувальних точках.

При досягненні тиску понад 25 МПа запобіжний клапан має спрацювати, що буде сигналізувати про закінчення продукту. При роботі на максимально допустимому тиску можлива поява крапель продукту на штуцері клапана.

Забезпечувати обслуговування групи гомогенізаторів під час їх роботи може одна особа.

Щоб зупинити гомогенізатор, слід виконати наступні кроки::

- відпустіть пружини I і II ступенів гомогенізуючої головки;
- почекайте, поки тиск знизиться до нуля, а потім вимкніть електродвигун;
- закрийте клапан подачі води для охолодження;
- здійсніть спуск залишкового тиску в манометричній головці.

Перед початком і після закінчення роботи потрібно промивати плунжерний блок з гомогенізуючою головкою за допомогою 1...15%-го розчину лужної суміші.

Склад суміші, %:

їдкий натрій NaOH (ГОСТ, 2263-79).....	10
сода, кальційована Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (ГОСТ 5100-73) .....	50
тринатрійфосфат Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> • 12H <sub>2</sub> O (ГОСТ 201-76).....	35
скло натрієве рідке (водний розчин) Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> (ГОСТ 13078-81)	

Промивку слід проводити в такій послідовності:

1. Прополощіть систему від залишків продукту циркуляційним способом водопровідною водою протягом 10...15 хв.

2. Промийте систему лужним розчином при температурі +75...80°C протягом 30...40 хв.
3. Слід все обполоснути теплою водою (приблизно 40...50°C) до повного зникнення слідів лужного розчину (перевірити за допомогою лакмусового паперу).

Перед зупинкою гомогенізатора на тривалий час ретельно промийте його, пропускаючи через нього гарячу воду до тих пір, поки вода, що виходить, не стане повністю чистою.

Технічне обслуговування. Для нормального безвідмовного функціонування гомогенізатора систематично виконуйте наступні роботи:

Щоденно перевіряйте рівень і температуру масла в корпусі кривошипно-шатунного механізму. Важливо забезпечити, щоб температура не перевищувала позначку плюс 80°C.

Регулярно здійснюйте заміну масла, промивши корпус перед заливкою нового масла. Першу заміну масла рекомендується проводити після 200 годин роботи, а подальші заміни — через кожних 600 годин. Об'єм масла, що заливається, становить 55 літрів.

Стежте за охолодженням плунжерів.

Час від часу відкривайте кришки плунжерного блоку для перевірки деталей, які контактують з продуктом. Якщо виявляються залишки продукту, видаліть їх за допомогою щітки або іншого відповідного інструменту.

Раз на місяць проводьте повне розбирання плунжерного блоку та гомогенізуючої головки для перевірки. Перевірте ущільнення в колодязях, клапани та сідла на наявність зносу або пошкоджень, а також стан робочої поверхні плунжерів. Якщо деталі не придатні, замініть їх і здійсніть притирку, де це необхідно.

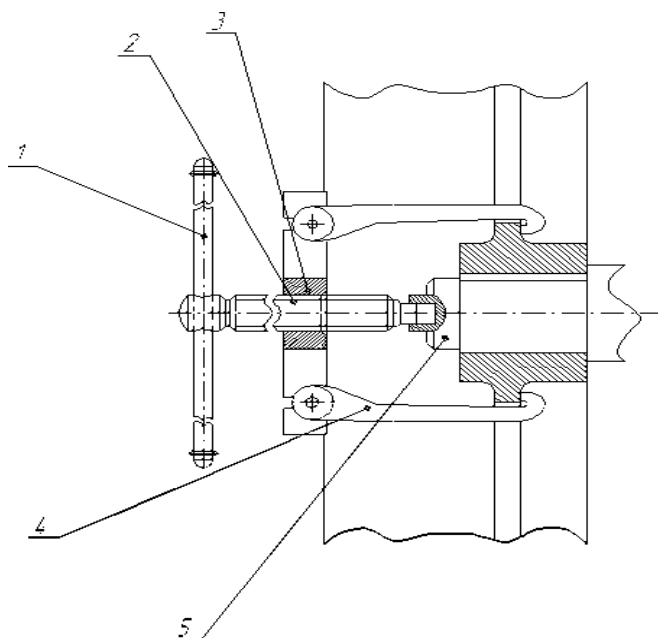
Для очищення фільтра зніміть заглушку з бічного боку плунжерного блоку і витягніть фільтр.

Раз в три місяці перевіряйте кривошипно-шатунний механізм.

Слідкуйте, щоб масляний резервуар завжди був заповнений мастилом.

## Ремонт

Під час ремонту гомогенізатора необхідно знімати шків з валів. Для запобігання поверхневим пошкодженням вала рекомендується використовувати спеціалізований з'ємник. Під час виконання ремонтних робіт часто використовуються різноманітні спеціальні пристрої, такі як універсальний з'ємник, універсальний гідравлічний інструмент, спеціальний ключ для закручування шпильок та спеціальний ексцентриковий ключ для встановлення і зняття шпильок. Використання спеціалізованих пристроїв при знятті деталей допомагає уникнути їх пошкодження, у порівнянні з використанням слюсарних інструментів, наприклад молотка, які можуть призвести до пошкодження деталей у результаті ударів. Універсальний з'ємник призначений для швидкого зняття шківів, підшипників кочення та різних втулок. З'ємник складається з корпусу (поз. 3), на якому розташована гайка з трапецієдальною нарізкою, гвинт (поз. 2), який обертається за допомогою руків'я (поз. 1). До корпусу прикріплюються дві лапки (поз. 4). Щоб зменшити пошкодження опорних поверхонь, на гвинт встановлено спеціальну подушку (поз. 5). Гвинт слід змащувати густим мастилом типу "Літол-24".



## 7.Розрахункова частина

### Визначення потужності і вибір електродвигуна гомогенізатора А1-ОГМ

Для розрахунку гомогенізатора А1-ОГМ використаємо наступні вихідні дані:

Молоко 3,2% жирності гомогенізують при температурі 50°C і тиску гомогенізації  $\Delta p = 19,7 \text{ МПа}$ .

Нехай продуктивність гомогенізатора становить  $\Pi = 5000 \text{ л/ч} = 5 \text{ м}^3/\text{ч} = 0,00138 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Щільність молока 3,2% жирності при  $t = 50^\circ\text{C}$  дорівнює  $\rho = 1015,9 \text{ кг/м}^3$ .

Масова теплоємність молока 3,2% жирності при температурі 50°C становить  $C = 3966,5 \text{ Дж/(кг} \cdot ^\circ\text{C)}$ .

Найбільша теоретична швидкість молока, яку піддається гомогенізації може бути обчислена за формулою Торрічеллі і дорівнює:

$$v_1 = \sqrt{2g \cdot \frac{\Delta p}{\gamma}} = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot \frac{19,7 \cdot 10^6}{9,996 \cdot 10^3}} = 196,9 \text{ м/с}$$

де  $\Delta p = p_2 - p_1$  – тиск гомогенізації, тобто перепад тиску до клапана і після нього,  $\text{Н/м}^2$ ;  $\gamma$  – об'ємна вага рідини,  $\text{Н/м}^3$ ;  $\gamma = \rho \cdot g = 1015,9 \cdot 9,81 = 9,966 \cdot 10^3 \text{ Н/м}^3$ .

Висота клапанної щілини  $h$  при роботі гомогенізатора не є стабільною, а змінюється в широких межах і залежить від витрати рідини через клапан, розмірів клапана, тиску гомогенізації і в'язкості рідини. Для молока 3,2% жирності і заданим витратою вона буде рівною:

$$h = \frac{\Pi}{\pi \cdot d \cdot \mu \cdot \sqrt{2g \cdot \frac{\Delta p}{\gamma}}} = \frac{0,00138}{3,14 \cdot 10 \cdot 10^{-2} \cdot 0,8 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot \frac{19,7 \cdot 10^6}{9,996 \cdot 10^3}}} = 0,02 \text{ мм}$$

Відповідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження <b>Вересочкий Ю.І.</b>	Вид документа <b>Пояснювальна записка</b>		Статус документа	
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа <b>Рибальченко О.О.</b>	Назва, додаткова назва Розрахункова частина	<b>192004.КР.02.07.ПЗ</b>		
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова <b>ua</b>

де  $\mu = 0,8$  – коефіцієнт витрати при витіканні через клапан;  $d = 10$  мм,  $10^{-2}$  м – внутрішній діаметр клапанної щілини.

Число Рейнольдса для потоку гомогенізований молока не залежить від тиску гомогенізації і при роботі з даним продуктом залишається постійним при будь-яких режимах роботи:

$$Re = \frac{\rho_1 \cdot v \cdot d}{\mu} = \frac{196,9 \cdot 2 \cdot 0,02 \cdot 10^{-3}}{1,74 \cdot 10^{-6}} = 4526$$

де  $v = 1,74 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с – кінематична в'язкість потоку.

Потужність  $N$ , необхідну для роботи гомогенізатора, визначаємо за формулою для розрахунку потужності насосів:

$$N = \frac{P \cdot p_2}{\eta} = \frac{0,00138 \cdot 20 \cdot 10^6}{0,85} = 33 \text{ кВт}$$

де  $p_2 = 20$  МПа;  $\eta = 0,85$  – механічний ккд гомогенізатора.

За отриманою потужності обираємо двигун АО2-82-6,  $N_{\text{дв}} = 40$  кВт,  $n_{\text{дв}} = 980$  хв<sup>-1</sup>

Підвищення температури  $\Delta t$  продукту в гомогенізаторі дорівнює :

$$\Delta t = \frac{N \cdot \eta}{P \cdot \rho \cdot C} = \frac{33 \cdot 10^3 \cdot 0,85}{0,00138 \cdot 1015,9 \cdot 3966,5} = 5 \text{ град},$$

де  $C = 3966,5$  Дж/(кг·град) – масова теплоємність молока.

Пружина гомогенізуючої головки має бути досить жорсткою, щоб забезпечити необхідний тиск гомогенізації.

Задамо індекс пружини  $C_{II} = 5$ . Розрахуємо поправочний коефіцієнт:

$$k = \frac{4 \cdot C_{II} + 1}{4 \cdot C_{II} - 1} = \frac{4 \cdot 5 + 1}{4 \cdot 5 - 1} = 1,105.$$

Зусилля затяжки визначимо за формулою:

$$P = f \cdot \Delta p = 3,14 \cdot 10^{-6} \cdot 19,7 \cdot 10^6 = 61,8 \text{ Н},$$

де  $f = \pi \cdot d^2 = 3,14 \cdot 0,001^2 = 3,14 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup> – площа перетину каналу перед

клапаном.

На основі розрахованих значень, можливо, визначити діаметр дроту пружини:

$$d = \sqrt{\frac{8 \cdot k \cdot P \cdot C_{II}}{\pi \cdot [\tau]}} = \sqrt{\frac{8 \cdot 1,105 \cdot 61,8 \cdot 5}{3,14 \cdot 50 \cdot 10^6}} = 1,4 \cdot 10^{-3} \text{ м},$$

де  $[\tau]$  – допустиме напруження на кручення, приймаємо його рівним  $50 \text{ МН/м}^2$ .

Середній діаметр витків пружини:

$$D = d \cdot C_{II} = 1,4 \cdot 10^{-3} \cdot 5 = 7 \cdot 10^{-3} \text{ м}.$$

Середній розмір жирових кульок в діапазоні зміни тиску до  $20 \text{ МПа}$  визначають за формулою Н. В. Барановського:

$$d_{cp} = \frac{3,8 \cdot 10^{-6}}{\sqrt{p}} = \frac{3,8 \cdot 10^{-6}}{\sqrt{20 \cdot 10^6}} = 0,85 \cdot 10^{-9} \text{ м}$$

Розрахунок запобіжних клапанів можна спростити шляхом визначення прохідного перетину сідла клапана з урахуванням в'язкості оброблюваної рідини.

Для молока діаметр прохідного перетину сідла обчислюється за формулою:

$$D_c = \frac{\sqrt{\Pi}}{\sqrt{\frac{(p_2 - p_1)}{\delta_6}}} = \frac{\sqrt{0,00138}}{\sqrt{\frac{19,7 \cdot 10^6}{10^3}}} = 0,00031 \text{ м},$$

де  $\delta_6$  – відношення маси рідини, що перекачується до маси води.

Високий тиск гомогенізації призводить до великого споживання електроенергії. метою зменшення енергетичних витрат і спрощення конструкції, за кордоном були розроблені гомогенізатори "низького тиску". Їх режим роботи дозволяє досягти достатнього гомогенізаційного ефекту для виробництва якісного гомогенізованого молока. Пружина гомогенізуючої головки повинна мати достатню жорсткість, щоб забезпечити необхідний тиск гомогенізації, який залежить від зусилля  $P$ , з яким пружина діє на клапан.

Зв'язок між параметрами пружини, цим зусиллям  $P$ , виникає в пружині і найбільшим дотичним напруженням  $\tau_{max}$  виражається формулою:

$$\tau_{max} = k \frac{8PD}{\pi d^3} = 444 \text{ Н/м}^2$$

Пружина повинна задовольняти умові  $\tau_{max} < [\tau]$ . Допустимі напруги на кручення  $[\tau]$ , які змінюються в широких межах в залежності від механічних властивостей матеріалу (300 – 600 Н/м<sup>2</sup>). Дана умова виконується.

### **Визначення величин, що характеризують робочий процес плунжерного блоку**

При проектуванні гомогенізатора необхідно враховувати конструкцію та функціональне призначення плунжерного блоку виконавчого механізму.

Ідеальна подача  $Q_u$  кожного качає вузла плунжерного блоку визначається робочим об'ємом:

$$V_0 = hS = 2rS,$$

$$\text{де } S = \frac{\pi d^2}{4} - \text{площа плунжера, } S = \frac{\pi \cdot 0,045^2}{4} = 0,002 \text{ м}^2$$

$$\text{Отже } V_0 = 0,02 \cdot 10^{-3} \cdot 0,002 = 0,0004 \text{ м}^3 = 0,4 \text{ л.}$$

$$Q_u = z \cdot V_0 \cdot n_k = 3 \cdot 0,4 \cdot 55 = 67 \text{ л,}$$

$$\text{де частота обертання кривошипа: } n = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{350}{2\pi} = 55 \text{ с}^{-1}, z = 3 - \text{кількість}$$

плунжерів.

$$\text{Дійсна подача: } Q = Q_u \cdot \eta_0 = 67 \cdot 0,7 \approx 46,9 \text{ л.}$$

Коефіцієнт подачі:

$$\varepsilon = \frac{Q_u}{Q} = \frac{67}{46,9} \approx 1,4.$$

Оскільки об'ємні насоси призначені переважно для створення значних підвищень тиску, зазвичай не приділяють великої уваги збільшенню кінетичної енергії в насосі.

Тому тиск насоса являє собою різницю між тиском  $p_2 = 20$  МПа на виході і  $p_1 = 0,3$  МПа на вході в нього.  $\Delta p = p_2 - p_1 = 20 - 0,3 = 19,7$  МПа

Корисна потужність плунжерного блоку:  $N_{\text{пб}} = Q \cdot \Delta p = 46,2 \cdot 19,7 = 9 \text{ кВт}$ .

Потужність споживана плунжерним блоком:

$$N = N_{\text{пб}} \cdot \eta_{\text{дв}} \cdot \eta_{\text{кп}} \cdot \eta_{\text{м}} \cdot \eta_{\text{т}}^4 \cdot \eta_{\text{п}} = 40 \cdot 0,98 \cdot 0,98 \cdot 0,98^4 \cdot 0,92 \approx 33 \text{ кВт}.$$

Потужність, споживана плунжерним блоком, не перевищує потужності необхідної для роботи гомогенізатора, отже, потужність розраховано правильно.

### Розрахунок основних параметрів кривошипно-шатунного механізму

Переміщення  $x'$  плунжера визначається кутом  $\alpha$  повороту вала, який називається кутом зустрічі або технологічним кутом. Вибір величини кута впливає на розміри радіуса кривошипа і довжини шатуна, отже, на розміри гомогенізатора. Для гомогенізатори рекомендується приймати  $\alpha = 30-45^\circ$ . При розрахунку величини  $x'$  від лівої мертвої точки закономірність зміни  $x' = f(\alpha)$  буде наступною:

$$x' = r + ab - (r \cos \alpha + ab \cos \beta).$$

Зазвичай, для отримання закону подачі, що наближений до моногармонічного, приймають, що  $ab \geq r$ , тому  $\cos \beta \approx 1$

$$x' = x = r(1 - \cos \alpha) = \frac{h}{2}(1 - \cos \alpha) = \frac{60}{2}(1 - \cos 30^\circ) = 4 \text{ мм},$$

де  $h = 2r$  – повний хід плунжера.

Поточне значення швидкості плунжера:

$$V_n = \frac{dx}{dt} = \left(\frac{h}{2}\right) \sin \alpha \left(\frac{d\alpha}{dt}\right) = \left(\frac{h}{2}\right) \omega \sin \alpha = 30 \cdot 10^{-3} \cdot 350 \cdot 0,5 \approx 5 \text{ м / сек},$$

поточне значення його прискорення:

$$j_n = \frac{dx^2}{dt^2} = h\omega^2 \cos \alpha = 60 \cdot 10^{-3} \cdot 350^2 \cdot 0,866 = 6365,$$

Довжина шатуна визначається за залежністю:

$$L_u = \frac{r}{\lambda} = \frac{30}{0,1} = 300_{\text{мм}},$$

де  $\lambda = 0,1$  – коефіцієнт, що враховує різні технологічні призначення. За ГОСТ 6636-84 «Нормальні лінійні розміри» приймаємо  $L_u = 300_{\text{мм}}$ .

Кут нахилу шатуна до осі циліндра  $\beta$ :

$$\beta = \arcsin(\lambda \sin \alpha) = \arcsin(0,1 \cdot 0,5) = 3^\circ.$$

### *Динамічний розрахунок кривошипно-шатунного механізму*

Для практичних розрахунків достатньо знати навантаження на шатун  $P_u$ , яке діє вздовж осі шатуна і навантаження на палець малої головки колінчастого вала,

$$P_u = \frac{P}{\cos \beta} = \frac{P_{\text{ж}} + P_{\text{м}} + P_{\text{і}}}{\cos \beta},$$

де  $P$  - сумарна алгебраїчна сила, кг;  $\beta$  - кут повороту кривошипа колінчастого вала;  $P_{\text{ж}}$  - сила тиску рідини на плунжер, кг;  $P_{\text{м}}$  - сила тертя в манжета ущільненні, кг;  $P_{\text{і}}$  - сила інерції при зворотно-поступальному русі, кг.

При максимальному зусиллі  $\beta = 0$ , тоді  $\cos \beta = 1$ . Сила інерції в порівнянні з силами, що входять в рівність, настільки мала, що нею можна знехтувати.

Силу тиску рідини на плунжер визначають за формулою:  $P_{\text{ж}} = \frac{\pi D^2}{4} p,$

де  $D$  – діаметр плунжера, см;

Силу тертя поступально рухомих частин приймають умовно постійною.

Вона завжди спрямована проти руху і змінює свій знак у мертвих точках.

$$P_{\text{ж}} = 0,02 \cdot 19,7 \approx 0,4_{\text{кг}}.$$

Силу тертя розраховують за рівнянням:

$$P_{\text{м}} = \varphi \cdot \pi \cdot D \cdot l \cdot \Delta p \approx 0,5 \varphi \cdot l \cdot \Delta p = 0,5 \cdot 0,6 \cdot 15 \cdot 19,7 \approx 89_{\text{кг}},$$

где  $\varphi = (0,6 \div 0,7)$  – коефіцієнт тертя;  $l$  – довжина сальника, см.

Мінімальна радіальна величина сальника визначається емпіричною залежністю:  $S = K\sqrt{D}$ , де  $K$  – коефіцієнт, що дорівнює  $1,5 \div 2,5$ .

$$S = 2\sqrt{0,45} = 1,34 \text{ см.}$$

Довжину сальникової набивки приймають рівною для тиску 20 МПа:

$$l = 10S = 10 \cdot 1,34 = 13,4 \approx 15 \text{ см.}$$

У даному співвідношенні, зі збільшенням тиску збільшується довжина набивання сальника.

Підставляємо всі отримані значення в формулу для визначення сумарної алгебраїчної сили:

$$P = 0,4 + 89 = 89,4 \text{ кг.}$$

Навантаження на шатун:  $P_{ш} = \frac{89,4}{1} = 89,4 \text{ кг.}$

Колінчастий вал монтується у відповідних отворах боковин станини за допомогою роликів наполегливих підшипників.

Діаметр вала кривошипа:

$$d_v = \frac{2M_{кр}}{P_n} = \frac{2 \cdot 584}{80} = 146 \text{ мм,}$$

де  $P_n$  – навантаження на підшипник,  $P_n = 80 \text{ кг/см}^2$ .

Округлюємо отримане значення в більшу сторону, тоді  $d_v = 150 \text{ мм.}$

Крутний момент на валу:  $M_{кр} = 974 \frac{N}{n} = 974 \frac{33}{55} = 584 \text{ кН} \cdot \text{м.}$

Колінчастий вал монтується у відповідних отворах боковин станини за допомогою роликів наполегливих підшипників. За довідником вибираємо підшипники роликівірадіально-упорні однорядні 7220 по ГОСТ 27365-87 [3].

За рекомендаціями діаметр опорної шийки шатуна дорівнює  $d_{ш} = 100 \text{ мм.}$  У великі роз'ємні головки шатуна укладені бронзові вкладиші.

### ***Розрахунок стержня шатуна***

*Початкові дані:*

Відстань між центрами поршневої і кривошипної головки шатуна  $l = 0,135$  м; внутрішній діаметр кривошипної головки шатуна  $D = 0,06$  м; внутрішній діаметр втулки поршневої головки шатуна  $d_{вт}=0,025$  м; зовнішній діаметр втулки  $d = 0,03$  м; зовнішній діаметр поршневої головки шатуна  $D_1 = 0,04$  м; найбільша розтягуюча сила, що діє на шатун,  $P_{ш} = 199$  Н; найбільша стискаюча сила, що діє на шатун,  $P_{ш.с.}=7190$  Н; допустиме напруження матеріалу шатуна  $[\sigma] = 100$  МПа; сила інерції обертаючих частин шатуна  $F_{ин} = 310$  Н; матеріал шатуна – сталь 40.

Міцність стержня шатуна перевіряємо за середнім 1 – 1 і мінімальним 2 – 2 перетинах (рис 7.1.)

Напряга розтягування в середньому перерізі (1 – 1):

$$\sigma_p = \frac{P_{ш}}{f_{cp}} = \frac{199}{(2,52 \cdot 10^{-4})} = 0,79 \cdot 10^6 \text{ Па},$$

де  $f_{cp} = 2,52 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$  – площа середнього перетину,  $\text{м}^2$  (знаходиться за даними перетину 1 – 1).

Сумарні напруження, що виникають від стиснення і поздовжнього вигину в середньому перетині визначають за допомогою емпіричних залежностей:

в площині кочення шатуна

$$\sigma_{cx} = P_{ш.с.} \left( \frac{1}{f_{cp}} + 0,000526 \cdot \frac{l}{I_x} \right) = 7190 \left( \frac{1}{2,52 \cdot 10^{-4}} + 0,000526 \cdot \frac{0,135}{2,1 \cdot 10^{-8}} \right) = 52,8 \cdot 10^6 \text{ Па},$$

в перпендикулярній площині

$$\sigma_{cy} = P_{ш.с.} \left( \frac{1}{f_{cp}} + 0,000132 \cdot \frac{l_1}{I_y} \right) = 7190 \left( \frac{1}{2,52 \cdot 10^{-4}} + 0,000132 \cdot \frac{0,09}{3,12 \cdot 10^{-9}} \right) = 39,4 \cdot 10^6 \text{ Па},$$

$$\text{де } l = l_1 = \frac{(D+d)}{2} = 0,135 - \frac{(0,06+0,03)}{2} = 0,09 \text{ м};$$

$I_x$  – момент інерції середнього перетину (1 - 1) шатуна щодо осі x-x,  $\text{м}^4$ :

$$I_x = 2 \left[ \frac{b_1 h_2^3}{12} + \frac{b_1 h_2 (h_1 - h_2)^2}{4} \right] + \frac{b_2 (h_1 - 2h_2)^3}{12} = 2 \left[ \frac{0,15 \cdot 0,005^3}{12} + \frac{0,015 \cdot 0,005 (0,027 - 0,005^2)}{4} \right] + \frac{0,006 (0,027 - 2 \cdot 0,005)^3}{12} = 2,1 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4;$$

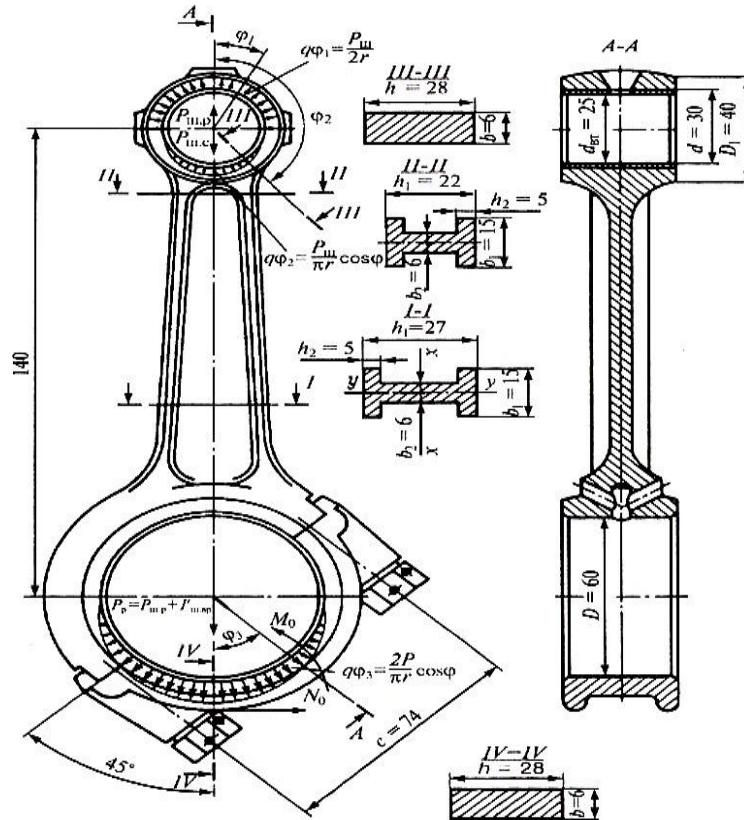


Рис. 7.1. Розрахункова схема шатуна

$I_y$  – момент інерції середнього перетину (1 - 1) шатуна щодо осі  $y-y$ ,  $\text{м}^4$ :

$$I_y = \frac{2h_2 b_1^3 + (h_1 - 2h_2) \cdot b_2^3}{12} = \frac{2 \cdot 0,005 \cdot 0,015^3 + (0,027 - 2 \cdot 0,005) \cdot 0,006^3}{12} = 3,12 \cdot 10^{-9} \text{ м}^4.$$

Напруга стиснення в мінімальному перетині (2 - 2) шатуна,  $\text{м}^2$ .

Допустимі напруги для шатунів з вуглецевої сталі  $[\sigma] = 100 \text{ Мпа}$  [1].

Запас міцності стрижня шатуна на витривалість:

$$n = \frac{(\sigma_{-1})_p}{\frac{k_\sigma \sigma_\alpha + \psi \sigma_m}{\varepsilon_\sigma}}$$

де  $(\sigma_{-1})_p = 190 \text{ МПа}$  – межа міцності матеріалу при симетричному циклі розтягнення-стиснення, Па;  $\sigma_{\varepsilon} = 613 \text{ МПа}$  – тимчасовий опір матеріалу шатуна, Па;  $k_{\sigma}$  – коефіцієнт концентрації напружень (при оброблених поверхнях  $k_{\sigma} = 1$ ; при необроблених –  $k_{\sigma} = 1,30 - 1,35$ );  $\varepsilon_{\sigma} = 0,87$  – коефіцієнт впливу абсолютних розмірів перерізу, що обирається за найбільшим розміром розраховується перетину (рис. 3.2);  $\psi_{\sigma}$  – коефіцієнт, що характеризує чутливість матеріалу до асиметрії циклу (зазвичай  $\psi_{\sigma} = 0,05 - 0,20$ ).

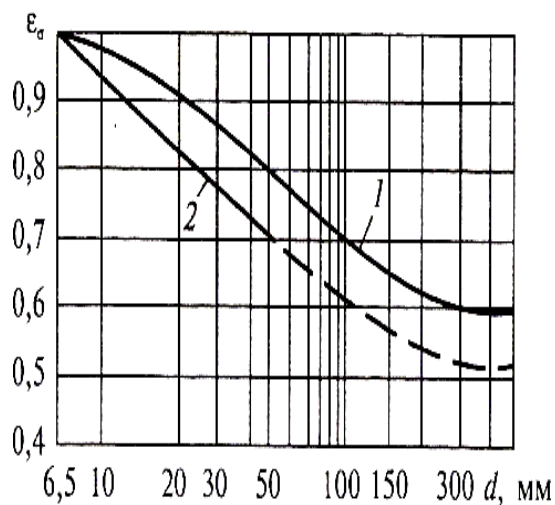


Рис. 7.2. Коефіцієнт впливу абсолютних розмірів  $\varepsilon_{\sigma}$  для сталей:

1 - вуглецевих; 2 - легованих

Для площині  $x-x$ :

$$\sigma_{ax} = \frac{(\sigma_p + \sigma_{cx})}{2} = \frac{(0,79 + 52,8) \cdot 10^6}{2} = 26,4 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

$$\sigma_{ax} = \frac{(\sigma_p - \sigma_{cx})}{2} = \frac{(0,79 - 52,8) \cdot 10^6}{2} = -26,4 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

Для площині  $y-y$ :

$$\sigma_{ay} = \frac{(\sigma_p + \sigma_{cy})}{2} = \frac{(0,79 + 39,4) \cdot 10^6}{2} = 19,7 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

$$\sigma_{ay} = \frac{(\sigma_p + \sigma_{cy})}{2} = \frac{(0,79 + 39,4) \cdot 10^6}{2} = 19,7 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

Запас міцності:

$$n_x = \frac{(\sigma_{-1})_p}{\left[ \left( \frac{k_\sigma \sigma_{ax}}{\varepsilon_\sigma} \right) + \psi_\sigma \sigma_{mx} \right]} = \frac{190 \cdot 10^6}{\left[ \left( \frac{1,34 \cdot 26,8 \cdot 10^6}{0,87} \right) - 0,2 \cdot 26 \cdot 10^6 \right]} = 5,3$$

$$n_y = \frac{(\sigma_{-1})_p}{\left[ \left( \frac{k_\sigma \sigma_{yx}}{\varepsilon_\sigma} \right) + \psi_\sigma \sigma_{my} \right]} = \frac{190 \cdot 10^6}{\left[ \left( \frac{1,34 \cdot 20,1 \cdot 10^6}{0,87} \right) - 0,2 \cdot 19,3 \cdot 10^6 \right]} = 7,2$$

Перевіримо виконання умови міцності  $n \geq [n] \dots (4,3 \geq [n])$

$$n = \frac{n_x n_y}{\sqrt{n_x^2 + n_y^2}} = \frac{5,3 \cdot 7,2}{\sqrt{5,3^2 + 7,2^2}} = 4,3$$

Умова міцності дотримується (тут  $[n] = 2 - 4$  – допускається запас міцності)

### Розрахунок клинопасової передачі приводу гомогенізатора

Вихідні дані для розрахунку: передана потужність  $P = 33 \text{ кВт}$ ; частота обертання ведучого (меншого) шківів,  $n_{\text{ДВ}} = 980 \text{ об/хв}$ ; передавальні відносини  $i_p = 2,76$ ; ковзання ременя  $\varepsilon = 0,01$ .

За номограми залежно від частоти обертання меншого шківів  $n_1 = 980 \text{ об/хв}$  і переданої потужності  $P = 33 \text{ кВт}$  приймаємо перетин клинового ременя В.

Крутний момент:

$$T = \frac{P}{\omega_{\text{ДВ}}} = \frac{33 \cdot 10^3}{102} = 323 \cdot 10^3 \text{ Н} / \text{мм}.$$

Діаметр меншого шківів:

$$d_1 \approx (3 - 4) \sqrt[3]{T} = \sqrt[3]{323 \cdot 10^3} = 205. 274 \text{ мм}.$$

З урахуванням того, що діаметр шківів для ременів перетину В не повинен бути менше 200мм, приймаємо  $d_1$  за = 224 мм [2].

Діаметр більшого шківів:

$$d_2 = i_p \cdot d_1(1 - \varepsilon) = 2,7 \cdot 224(1 - 0,01) = 598 \text{ мм.}$$

Приймаємо  $d_2 = 600$ мм.

Уточнюємо передавальне відношення:

$$i_p = \frac{d_2}{d_1(1-\varepsilon)} = \frac{600}{224 \cdot (1-0,01)} = 2,706.$$

При цьому кутова швидкість вала В дорівнює:

$$\omega_B = \omega_{ДВ} \cdot i_p = 102 \cdot 2,706 = 276 \text{ рад / с.}$$

Розбіжність з тим, що було задано в технічній характеристиці гомогенізатора  $\omega_k = 350 \text{ хв}^{-1}$  проте допускається, так як:

$$\frac{350 - 276}{350} \cdot 100\% = 21\% \leq 100\%$$

Отже, остаточно обираємо діаметри шківів  $d_1 = 224$  мм,  $d_2 = 600$  мм.

Міжосьову відстань  $a_p$  слід обирати в інтервалі:

$$a_{p\min} = 0,55(d_1 + d_2) + T_0 = 0,55(224 + 600) + 13,5 = 466,7 \text{ мм};$$

$$a_{p\max} = d_1 + d_2 = 224 + 600 = 824 \text{ мм,}$$

де  $T_0 = 13,5$  мм (висота перетину ременя).

Приймаємо попередньо близьке значення  $a_p = 600$  мм.

Розрахункова довжина ременя:

$$L = 2a_p + 0,5\pi(d_2 - d_1) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4} = 2 \cdot 600 + 0,5 \cdot 3,14(224 + 600) + \frac{(600 - 224)^2}{4 \cdot 600} = 2637 \text{ мм,}$$

за стандартом найближче значення  $L = 2500$  мм, обираємо його

Уточнене значення міжосьової відстані  $a_p$  з урахуванням стандартної довжини ременя  $L$ :

$$a_p = 0,25 \left[ (L - \omega) + \sqrt{(L - \omega)^2 - 2y} \right] = 0,25 \left[ (2500 - 1294) + \sqrt{(2500 - 1294)^2 - 2 \cdot 141376} \right] = 572 \text{ мм}$$

де  $\omega = 0,5\pi(d_1 + d_2) = 0,5 \pi(224 + 600) = 1294$  мм;  $y = (d_2 - d_1)^2 = (600 - 224)^2 = 141376$  мм.

При монтажі передачі необхідно забезпечити можливість зменшення міжосьової відстані на  $0,01 L = 0,01 \cdot 2500 = 25$  мм для полегшення надягання ременів на шківів і можливість збільшення його на  $0,025 \cdot 2500 = 63$  мм для збільшення натягу ременів.

Кут обхвату меншого шківів:

$$\alpha_1 = 180^\circ C - \frac{d_2 - d_1}{a_p} = 180 - \frac{600 - 224}{572} = 179^\circ C.$$

Коефіцієнт режиму роботи, що враховує умови експлуатації передачі  $C_p = 1,1$ .

Коефіцієнт, що враховує вплив довжини ременя  $C_L = 0,95$ .

Коефіцієнт, що враховує вплив кута обхвату  $C_\alpha = 0,95$  при  $\alpha = 160^\circ C$ .

Коефіцієнт, що враховує число ременів в передачі: допускаючи, що число ременів в передачі буде від 4 до 6, прийmemo коефіцієнт  $C_z = 0,9$ .

Число ременів в передачі:

$$z = \frac{P \cdot C_p}{P_0 \cdot C_L \cdot C_\alpha \cdot C_z}$$

де  $P_0$  – потужність, що передається одним клиновим ременем; для ременя перетину  $B$  при довжині  $L = 2500$  мм, роботі на шківів  $d_1 = 224$  мм та  $i_p = 2,7$  потужність  $P_0 = 8,57$  кВт.

$$z = \frac{33 \cdot 1,1}{8,57 \cdot 0,95 \cdot 0,95 \cdot 0,9} = 5,21,$$

приймаємо рівним  $z = 5$ .

### Натяг вітки клинового ременя

$$F_0 = \frac{850 \cdot P \cdot C_p \cdot C_L}{z \cdot v \cdot C_\alpha} + \xi \cdot v^2 = \frac{850 \cdot 33 \cdot 1,1 \cdot 0,95}{5 \cdot 11,4 \cdot 0,95} + 0,3 \cdot 11,4^2 = 391Н,$$

де швидкість  $v = 0,5 \omega_{ДВ} \cdot d_1 = 0,5 \cdot 102 \cdot 224 \cdot 10^3 = 11,4$  м / с;  $\xi$  – коефіцієнт, що враховує вплив відцентрових сил; для ременя з перетином В коефіцієнт  $\xi = 0,3$  Н·с<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>.

Тиск на вали визначається за даною формулою:

$$F_B = 2F_0 \cdot z \sin(\alpha/2) = 2 \cdot 391 \cdot 5 \sin\left(\frac{179}{2}\right) = 3911Н.$$

Ширина шківів:

$$B_{Ш} = (z - 1) \cdot e + 2f = (5 - 1) \cdot 25 + 2 \cdot 17 = 134\text{мм}.$$

Згідно ГОСТ Р 50641-94 ширину шківів для звичайних і вузьких клинових ременів залишаємо без зміни.

## 8. Технологія виготовлення деталі

Для виготовлення деталі клапан, обираємо заготовку з сортового прокату округлого перетину 58мм ГОСТ 2590-71 зі сталі 12Х18Н10Т довжиною 78мм.

Номер операції, переходу	Назва операції, переходів	Назва станка та обладнання
10	Вибір заготовки Обираємо сортовий прокат округлого перетину 58 мм ГОСТ 2590-71 зі сталі 12Х18Н10Т довжиною 78 мм	Штангенциркуль ГОСТ 166-80 лінійка
20	Токарна	Станок 16К20
20.1	Встановити заготовку 58 мм довжиною 78 мм в патрон	Різець підрізний правий с Т15К6
20.2	Підрізати торець 58 мм начисто	ГОСТ 18868-73
20.3	Точити поверхню до 55 мм на довжину 78 мм начорно	Різець прохідний відігнутий с Т15К6 ГОСТ 18877-83
30	Свердлити отвір 10 мм на глибину 78 мм	Різець відрізний з Т15К16 ГОСТ 18894-73
30.1	Розсвердлити отвір 30 мм	Різець розточний
30.2	Розточити отвір 32 мм під різьбу, зняти фаску 1.645	ГОСТ 18882-73
40	Нарізати різьбу М361,5	Різець різьбовий для

Відповідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження <b>Вересоцький Ю.І.</b>	Вид документа <b>Пояснювальна записка</b>	Статус документа			
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа <b>Рибальченко О.О.</b>	Назва, додаткова назва Технологія виготовлення деталі	<b>192004.КР.02.08.ПЗ</b>			
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова <b>ua</b>	Аркуш 50/87

	на довжину 76.5 мм	нарізання внутрішньої різьби ГОСТ 1877-83
50	Відрізати заготовку розміром 75 мм	
60	Переустановити заготівку	Патрон само центрований трьохкулачковий ГОСТ 2675-80
70	Розточити фаску 1.645	Штангенциркуль ГОСТ 166-80
80	Фрезерна	Станок 6Т82Г
80.1	Встановити заготовку в патрон	Патрон само центрований трьохкулачковий ГОСТ 1877-83

### Розрахунок припусків

Мінімальний двосторонній припуск на оброблення поверхні визначається за формулою:

$$2Z_{I_{\min}} = 2(Rz_{I-1} + D_{I-1} + \sqrt{Tnp_{i-1}^2 + E_{yi}^2})$$

$Rz_{I-1}$ ,  $D_{I-1}$ ,  $Tnp$  - відповідно висота мікро-нерівностей, глибина дефектного шару і сумарне значення допуску просторових відхилень оброблюваної поверхні на попередньому ступені її оброблення;

$E_{yi}$  - похибка установки заготовки на даному ступені оброблення.

Максимальний припуск на оброблення:

$$2Zi_{\max} = 2Zi_{\min} + T_{i-1} - T_i$$

$T_{i-1}$  - допуск розміру поверхні на попередньому ступені обробленні;

$T_i$  - допуск розміру поверхні на даному ступені оброблення.

Номінальний припуск на оброблення поверхонь:

$$2Zi_{\text{ном}} = \frac{2Zi_{\max} + 2Zi_{\min}}{2}$$

Максимальні допуски використовуються для визначення зусиль різання під час оброблення, тоді як номінальні допуски використовуються для визначення загального допуску на оброблення поверхні.

Для виготовлення даного валу оберемо заготовку-штамповку з діаметром  $\varnothing 200$  і з шириною 17мм.

Розрахунок загального припуску штампованої заготовки ведемо за розміром  $\varnothing 17H6$ .

### Припуск на чорнове обточування:

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

$Rz_1, D_1, Tnp_1$  - відповідно висота мікро-нерівностей, глибина дефектного шару і сумарна просторова похибка при чистовій обробці.

$E_{y2}$  - похибка встановлення при чорновому шліфуванні,  $Rz_1 = 50$  мкм,

$D_1 = 50$  мкм (17. табл. 8).

Тоді  $2Z_{2\min} = 2(50 + 50) = 200$  мкм,  $2Z_{2\max} = 2Z_{2\min} + T_1 - T_2$

$T_1$  - допуск при чорновому точінні,  $T_1 = IT12 = 180$  мкм

$$2Z_{2\max} = 200 + 180 - 146 = 234 \text{ мкм}$$

$$2Z_{1\min} = 2Z_{2\max} + 2Z_{2\min} = 200 + 234 = 434 \text{ мкм.}$$

Загальний припуск:

$$2Z_{\text{сум}} = \sum_1^i 2Z_{i_{\text{ном}}} = 45 + 146 + 434 = 625 \text{ мкм}$$

Приймаємо:  $2Z_{\text{сум}} = 650$  мкм = 0.65 мм.

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_i = \frac{V_{\text{д}}}{V_{\text{ф}}}$$

де  $V_d$  – об’єм деталі,  $m^3$ ;

$V_3$  – об’єм заготовки,  $m^3$  ( $V_3 = 0.00148 m^3$ ).

Об’єм деталі визначаємо за формулою:

$$V_d = 2\pi r^2 R = 2 \cdot 3.14^2 \cdot 0.025^2 \cdot 0.1 = 0.00123 m^3,$$

де  $R$  – радіус деталі,  $m$ ;

$r$  - радіус отвору,  $m$ .

Тоді:

$$K_i = \frac{0.00123}{0.00148} = 0.83$$

## 20. Токарна

### Перехід 20 1. Точити поверхню 58.

Мінімальний припуск на чорнову обробку складає  $2Z_{\min} = 0.434$  мм.

Режим оброблення визначають з умови, що знімається максимальний припуск.

$$2Z_{1\max} + T$$

де  $T$  – допуск оброблення. Для чорнового точіння  $T = IT12 - IT13$ .

Приймаємо: IT12= 0.05 мм.

Тоді:  $2Z_{1max} = 0.434 + 0.05 = 0.484$  мм.

Глибина різання:

$$t = \frac{2Z_{1max}}{2} = \frac{0.484}{2} = 0.242 \text{ мм.}$$

Обираємо подачу. При обробленні заготовок зі сталі діаметром до 400 мм і глибиною різання до 3 мм рекомендується використовувати різці з перетином стержня 16x25 і подачами в межах 0.6-1.2 мм/об..

Приймаємо:  $S = 0.9$  мм/об.

Для визначення швидкості різання вибираємо залежність:

$$V = \frac{C_v}{T^{0.2} \cdot t^{0.15} \cdot S^{0.45}} = \frac{150}{T^{0.2} \cdot 0.15 \cdot S^{0.45}}$$

Приймаємо стійкість різця  $T = 60$  хв.;  $C_v = 153$

Тоді:

$$V = \frac{153}{60^{0.2} \cdot 0.242^{0.15} \cdot 0.9^{0.45}} = 62.4 \text{ м/хв.}$$

Необхідна частота обертання шпинделя дорівнює:

$$n = \frac{1000V}{\pi d_3} = \frac{1000 \cdot 62.4}{3.14 \cdot 58} = 190.3 \text{ об/хв.}$$

Із ряду обертів шпинделя верстата обираємо найближче менше значення, приймаємо -  $n_B = 200$  об/хв.

Тоді дійсна швидкість різання складає:

$$V_d = \frac{\pi d_3 n_B}{1000} = \frac{3.14 \cdot 58 \cdot 200}{1000} = 36.42 \text{ м/хв.}$$

Основний час на виконання переходу:

$$t_{01} = \frac{L}{S \cdot n_B}$$

де  $L$  – розрахункова довжина оброблення для переходу,

$$L = l + l_1 + l_2 + l_3$$

$l$  – довжина оброблення безпосередньо на деталі,  $l = 78$  мм;

$l_1$  – добавка довжини на підвід інструменту до початку різання з механічною подачею,

$l_1 = 2$  мм;

$l_2 = 0$ ;  $l_3 = 0$  для упорного різця з основним кутом у плані  $\phi = 90^\circ$ .

$$L = 78 + 2 = 80 \text{ мм}$$

$$t_{01} = \frac{78}{0.9 \cdot 100} = 0.6 \text{ хв.}$$

Основний час на виконання операції під час виготовлення однієї деталі:

$$T_0 = \sum t_{0i} = 0.6 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на виконання операції знаходиться за формулою:

$$T_D = t_y + \sum t_{\Delta i}$$

де  $t_y$  – допоміжний час на установку, закріплення і зняття деталі, при закріпленні у оправку  $t_y = 0.58$  хв.

Тоді:

$$T_D = 2 \cdot 0.58 + 0 = 1.16 \text{ хв.}$$

Операційний час:

$$T_{оп} = T_0 + T_D = 0.6 + 1.16 = 1.77 \text{ хв.}$$

Розраховуємо час на обслуговування робочого місця, перерви, відпочинок і природні потреби:

$$T_{об} + T_{п.п.} = \frac{(2.5 + 4.0)T_{оп}}{100} = \frac{6.5 \cdot 1.77}{100} = 0.11 \text{ хв.}$$

Штучний час:

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{об} + T_{п.п.} = 1.37 + 0.11 = 1.48 \text{ хв.}$$

Підготовчо-завершальний час:

$$T_{пз} = T_{пз1} + T_{пз2}$$

За час на одержання і здачу документів, пристроїв та інструментів  $T_{пз1} = 10$  хв., час на налагодження оброблення в оправці  $T_{пз2} = 8$  хв.

$$T_{пз} = 10 + 8 = 18\text{хв.}$$

Калькуляційний час на виготовлення однієї деталі під час виконання операції:

$$T_k = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n} = 1.48 + \frac{18}{500} = 1.516\text{хв.}$$

де  $T_{шт}$  – кількість деталей, що виготовляється за місяць ( $n = 200$  шт. згідно стандартної програми).

Норма виробітку за годину:

$$N = \frac{60}{T_k} = \frac{60}{1.516} \approx 40 \text{ деталей}$$

### 30. Свердлильна.

#### Перехід 30.1. Свердлити отвір $\varnothing 10H78$ .

Припуск на оброблення під час свердління дорівнює половині діаметра свердла  $d_{св}$ , отже:

$$t = \frac{d_{св}}{2} = \frac{6.8}{2} = 3.4\text{мм.}$$

Обираємо подачу. Для сталей з  $\sigma_b \leq 800 \text{ МПа}$  при свердленні отворів  $\varnothing 10$  Рекомендують подачі 0.13-0.17 мм/об.

Приймаємо  $S = 0.15$  мм/об.

Визначаємо швидкість різання за формулою:

$$V = \frac{4d_{CB}^{0.4}}{T^{0.2}S^{0.5}}$$

Беремо стійкість свердла  $T = 15$  хв.

Тоді:

$$V = \frac{4 \cdot 6.8^{0.4}}{15^{0.2} \cdot 0.15^{0.5}} = 12.94 \text{ м/хв.}$$

Необхідна частота обертання шпинделя дорівнює:

$$n = \frac{1000V}{\pi d_{CB}} = \frac{1000 \cdot 12.94}{3.14 \cdot 6.8} = 605.54 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо  $n_b = 710$  об/хв.

Дійсна швидкість різання:

$$V_d = \frac{\pi d_{\text{св}} n_B}{1000} = \frac{3.14 \cdot 6.8 \cdot 710}{1000} = 15.17 \text{ м/хв.}$$

Основний час для виконання переходу:

$$t_{01} = \frac{L}{S \cdot n_B}$$

$$L = l + l_1 + l_2 + l_3$$

$l$  – глибина свердлення,  $l = 17$  мм;

$l_1$  – величина на підведення свердла,  $l_1 = 2$  мм;

$l_2 + l_3$  – додаток на врізання і перебіг свердла,  $l_2 + l_3 = 5$  мм. (1, табл. 48),

$$L = 17 + 2 + 5 = 24 \text{ мм.}$$

$$t_{01} = \frac{24}{0.15 \cdot 710} = 0.225 \text{ хв.}$$

Допоміжний час для виконання переходу  $t_{\Delta 1} = 0.08$  хв.

### **Перехід 30.2. Розсвердлити отвір $\varnothing 30$ .**

Глибина різання складає:

$$t = \frac{dd_{\text{св}} - dd_p}{2} = \frac{30 - 6.8}{2} = 11.6 \text{ мм.}$$

Для розверток з діаметром  $d_3 \leq 15$  мм під час оброблення сталей рекомендують подачі 0.6-0.9 мм/об.

Приймаємо:  $S = 0.8$  мм/об.

Для визначення швидкості зенкування обираємо формулу:

$$V = \frac{12.1 d_p^{0.3}}{T^{0.4} S^{0.2} t^{0.65}}$$

Беремо стійкість розвертки  $T = 15$  хв.

Тоді:

$$V = \frac{12.1 \cdot 30^{0.3}}{15^{0.4} \cdot 0.8^{0.2} \cdot 0.1^{0.65}} = 49.03 \text{ м/хв.}$$

Необхідна частота обертання шпинделя дорівнює:

$$n = \frac{1000V}{\pi d_p} = \frac{1000 \cdot 49.03}{3.14 \cdot 30} = 280.8 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо  $n_B = 310$  об/хв.

Дійсна швидкість різання:

$$V_d = \frac{\pi d_p n_B}{1000} = \frac{3.14 \cdot 7 \cdot 310}{1000} = 7.8 \text{ м/хв.}$$

Основний час на виконання переходу:

$$t_{02} = \frac{L}{S \cdot n_B}$$

$$L = l + l_1 + l_2 + l_3$$

$l$  – глибина зенкерування,  $l = 17$  мм;

$l_1$  – добавка на підвід інструменту з механічною подачею,  $l_1 = 2$  мм;

$l_2 + l_3$  – додаток довжини на врізання і перебіг зенкера,  $l_2 + l_3 = 3$  мм.

$$L = 17 + 2 + 3 = 22 \text{ мм.}$$

$$t_{02} = \frac{22}{0.6 \cdot 710} = 0.052 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на виконання переходу  $t_{\Delta 2} = 0.08$  хв.

### Перехід 30.2. Зняти фаску $1.6 \times 45^\circ$ .

Знімаємо фаску зенкером  $\varnothing 10.2$ .

Додатковий час на виконання операції:  $t_{03} = 0.06$  хв.

Допоміжний час на виконання переходу  $t_{\Delta 2} = 0.08$  хв.

Основний час на виконання операції під час виготовлення однієї деталі дорівнює:

$$T_0 = \sum_1^i (tt_{01} + tt_{02}) = (30 \cdot 0.376) + (30 \cdot 0.06) = 13.08 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на виконання операції:

$$T_d = tt_y + \sum_1^i tt_{\Delta}$$

$t_y$  – допоміжний час на установку, закріплення і зняття деталі,  $t_y = 0.34$  хв.

Тоді:

$$T_d = 0.34 + (60 \cdot 0.08) = 5.14 \text{ хв.}$$

Операційний час:

$$T_{оп} = T_0 + T_d = 13.08 + 5.14 = 18.22 \text{ хв.}$$

Штучний час дорівнює:

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{об} + T_{пп}$$

За час на обслуговування робочого місця  $T_{об} = 1,5\% T_{оп}$  і час на відпочинок і природні потреби  $T_{пп} = 6\% T_{оп}$ .

$$T_{шт} = 18.22 + (0.015 + 0.06) \cdot 18.22 = 19.59 \text{ хв.}$$

Підготовчо-завершальний час:

$$T_{п.з} = T_{п.з1} + T_{п.з2}$$

$T_{п.з1} = 10$  хв. - час на одержання завдання, пристроїв та інструментів, здачу по завершенню роботи;

$T_{п.з2} = 5$  хв. - час на налагодження ручної установки деталі у пристрої:

$$T_{пз} = 10 + 5 = 15 \text{ хв.}$$

Калькуляційний час на виконання операції під час виготовлення однієї деталі складає:

$$T_k = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n} = 19.59 + \frac{15}{500} = 19.62 \text{ хв.}$$

Норма виробітку за 1 годину становить:

$$N = \frac{60}{T_k} = \frac{60}{19.62} \approx 3 \text{ деталі}$$

### **Визначення похибки базування оброблення отвору у кондукторі**

Кондуктор для виконання технологічних операцій (30, 30.1 Свердлильна) складається з таких елементів: корпусів 1 і 3 із литою кріпильною втулкою та розміточними отворами, підшипника 4, швидкозмінних кондукторних втулок 5 і 6 що установлені по посадці з зазором у корпус 3, пружини 13, упора 14 (служить для фіксації кута повороту).

Для закріплення деталі використовують швидкозмінна шайба 10 і гайка 9.

Для свердління отворів деталь встановлюється на корпус 1. Зверху на неї розміщується шайба 10, гайка 9 та болт 2. Це забезпечує закріплення деталі шляхом встановлення швидкозмінної шайби 10 і затягування гайки 9. Таким чином, деталь надійно фіксується на кондукторі для проведення свердління отворів.

### **Розрахунок похибки розмірів та приладу (кондуктора) при свердлінні**

При свердлінні отворів за допомогою кондуктора може виникнути похибка в розмірах отворів, яка становить  $\varnothing 10 \pm 0.3$ ,  $\varnothing 30 \pm 0.3$ . Це пояснюється тим, що швидкозмінні кондукторні втулки 5 і 6 встановлені у корпусі 3 по посадці з зазором (H7/g6).

Допустима похибка розмірів  $\varnothing 10 \pm 0.3$ ;  $\varnothing 30 \pm 0.3$  дорівнює 0.3 мм. Розрахуємо максимально можливу похибку на ці розміри при свердлінні.

Максимально можлива похибка на розмір  $\varnothing 10 \pm 0.3$ :

$$\varepsilon_1 = 2(S_{\max 1} + S_{\max 2})$$

де  $S_{\max 1}$  – максимальний зазор у з'єднанні втулки 5 з отвором у корпусі;  $S_{\max 2}$  – максимальний зазор у сполученні свердла з отвором у втулці.

$$S_{\max 1} = S_{\min 1} + T_{H1} + T_{h1}$$

де  $S_{\min 1} = 0.007$  мм – мінімальний зазор з'єднання,

$T_{H1} = 0.027$  мм – допуск на діаметр отвору,

$T_{h1} = 0.013$  мм – допуск на діаметр втулки.

Отже:

$$S_{\max 1} = 0.007 + 0.027 + 0.013 = 0.047 \text{ мм}$$

$$S_{\max 2} = S_{\min 2} + T_{H2} + T_{h2}$$

де  $S_{\min 2} = 0.016$  мм – мінімальний зазор у сполученні,

$T_{H2} = 0.022$  мм – допуск на діаметр отвору,

$T_{h2} = 0.011$  мм – допуск на діаметр свердла.

Тоді:

$$S_{\max 2} = 0.016 + 0.022 + 0.011 = 0.049 \text{ мм.}$$

$$\varepsilon_1 = 2(0.047 + 0.049) = 0.196 \text{ мм.}$$

Можна побачити, що максимально можлива похибка менше допустимої похибки розміру  $\varnothing 10 \pm 0.3$ .

Максимально можлива похибка на розмір  $\varnothing 30 \pm 0.3$  складає:

$$\varepsilon_2 = 2(S_{\max 3} + S_{\max 4})$$

де  $S_{max3}$  – максимальний зазор у з'єднанні втулки б з отвором у корпусі;  $S_{max4}$  – максимальний зазор у сполученні свердла з отвором у втулці.

$$S_{max3} = S_{min3} + T_{H3} + T_{h3}$$

де  $S_{min3} = 0.005$  мм – мінімальний зазор з'єднання,

$T_{H3} = 0.027$  мм – допуск на діаметр отвору,

$T_{h3} = 0.009$  мм – допуск на діаметр втулки.

Тоді:

$$S_{max3} = 0.005 + 0.027 + 0.009 = 0.041 \text{ мм}$$

$$S_{max4} = S_{min4} + T_{H4} + T_{h4}$$

де  $S_{min2} = 0.010$  мм – мінімальний зазор у сполученні,

$T_{H2} = 0.022$  мм – допуск на діаметр отвору,

$T_{h2} = 0.008$  мм – допуск на діаметр свердла.

Отже:

$$S_{\max 4} = 0.010 + 0.022 + 0.008 = 0.04 \text{ мм}$$

$$\varepsilon_2 = 2(0.041 + 0.04) = 0.162 \text{ мм}$$

Як видно - максимально можлива похибка менше допустимої похибки розміру  $\varnothing 30 \pm 0.3$ .

Сумарна похибка пристрою:

$$\varepsilon_{\Pi} = \sqrt{\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 + \varepsilon_4}$$

де  $\varepsilon_3$  – похибка спричинена зміщенням осі кондукторної втулки гнізда;

$\varepsilon_4$  – похибка, яка дорівнює ексцентриситету швидкозмінної втулки,  $\varepsilon_4 = 0.005$  мм.

$$\varepsilon_3 = \frac{S_{\max} + T_{\text{СП}}}{2} = \frac{0.027 + 0.02}{2} = 0.0235 \text{ мм.}$$

де  $T_{\text{СП}}$  – допуск на спрацювання обох поверхонь втулки,  $T_{\text{СП}} = 0.02$  мм.

$$\varepsilon_{\Pi} = \sqrt{0.196^2 + 0.162^2 + 0.0235^2 + 0.005^2}$$

## 9.Опис системи управління

Гомогенізатор має два режими запуску: локальний та віддалений. Локальний запуск гомогенізатора виконується через панель оператора. Віддалений запуск здійснюється за допомогою дискретного сигналу на пульті керування. Керування виконавчими механізмами може бути автоматичним або ручним. Перемикання між автоматичним і ручним режимами можливе навіть під час роботи. Оператор має можливість переключати будь-який виконавчий механізм в ручний режим та керувати ним безпосередньо через панель оператора.

Управління тиском гомогенізації здійснюється шляхом регулювання потоку продукту за допомогою двох регулюючих клапанів, що використовуються для першого і другого ступенів гомогенізації. Регулюючий клапан першого ступеня встановлює початковий тиск гомогенізації. Регулюючий клапан другого ступеня використовується для налаштування остаточного тиску гомогенізації і регулювання тиску під час роботи гомогенізатора.

На панелі оператора можна встановити час повного ходу клапана першого ступеня гомогенізації, що визначає швидкість набору тиску на цьому ступені. Якщо протягом встановленого часу тиск гомогенізації на першому ступені не досягає заданого значення, спрацьовує аварійний режим "Аварія тиску першого ступеня гомогенізації", і процес гомогенізації припиняється.

Управління продуктивністю гомогенізатора здійснюється шляхом регулювання частоти обертання двигуна за допомогою частотного перетворювача. Номінальна частота обертання двигуна може бути встановлена з панелі оператора.

Відповідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження <b>Вересоцький Ю.І.</b>	Вид документа <b>Пояснювальна записка</b>		Статус документа		
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа <b>Рибальченко О.О.</b>	Назва, додаткова назва Опис системи управління	<b>192004.КР.02.09.ПЗ</b>			
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова <b>ua</b>	Аркуш 71/87

Автоматизована система управління (АСУ) відстежує рівень продукту в приймальному баку. У разі перевищення граничного рівня (який встановлюється з панелі оператора), клапани повернення закриваються, гомогенізатор переходить у режим «сам на себе», і спрацьовує попередження "Високий рівень продукту в приймальному баку". Коли рівень продукту опускається нижче граничного рівня, клапани повернення відкриваються, і гомогенізований продукт поступає до приймального баку. Щоб уникнути спричинення ложних сигналів, активація або вимкнення попередження має затримку в 5 секунд для уникнення випадкових коливань датчика рівня.

При натисканні кнопки "Аварійний стоп" спрацьовує аварійна зупинка, процес негайно припиняється. Аварію можна скасувати, натиснувши кнопку "Аварійний стоп" знову після її відтискання.

АСУ відстежує стан аварійного виходу частотного перетворювача двигуна гомогенізатора. При виникненні аварії частотного перетворювача спрацьовує аварійний сигнал "Аварія частотного перетворювача", і технологічний процес припиняється. Скасування аварії частотного перетворювача можна здійснити з панелі управління частотним перетворювачем або відключенням живлення пульта управління.

Робота двигуна гомогенізатора контролюється за допомогою зворотного зв'язку від частотного перетворювача (сигнал "робота" з виходу частотного перетворювача). У разі втрати зворотного зв'язку при працюючому двигуні (сигнал "робота" відсутній), спрацьовує аварійний сигнал "Аварія зворотного зв'язку частотного перетворювача", і процес зупиняється. Перевірка зворотного зв'язку частотного перетворювача проводиться з затримкою 5 секунд відносно сигналу запуску двигуна.

Автоматика пульта управління відслідковує працездатність датчика рівня продукту в приймальному баку і датчика тиску гомогенізації. Якщо значення датчика рівня виходить за межі вимірювання, спрацьовує попередження "Несправність датчика рівня продукту в приймальному баку", при цьому процес не зупиняється. У разі виходу значення датчика тиску гомогенізації за межі вимірювання спрацьовує аварійний сигнал "Аварія датчика тиску", і процес гомогенізації припиняється. Під час виникнення попереджень і аварій активується звукова сигналізація.

## 10.Заходи з охорони праці

Умови праці включають всі фактори виробничого середовища, які можуть впливати на здоров'я та працездатність людини під час виконання роботи. Ці фактори мають різну природу, форми прояву і вплив на організм людини. Особливу увагу приділяють небезпечним та шкідливим виробничим факторам. Знання цих факторів дозволяє запобігти травмам і захворюванням, створити більш сприятливі умови праці і забезпечити безпеку праці. Згідно зі стандартом ГОСТ 12.0.003-78 ССБТ, небезпечні та шкідливі виробничі фактори поділяються за їх впливом на організм людини на такі групи: фізичні, хімічні, біологічні та психофізіологічні. Шкідливі та небезпечні виробничі фактори, що виникають при експлуатації обладнання:

### 1. Фізичні:

- Рухомі частини машини; шум;
- Вібрація;
- Підвищена напруженість електричного поля; запиленість виробничого приміщення.

### 2. Психофізіологічні:

- Нервово – психічне перевантаження (включаючи розумове напруження, монотонність праці, емоційні перевантаження);
- Фізичні перевантаження (динамічні та статичні);

Заходи з техніки безпеки. Заходи щодо безпечної експлуатації.

Загальні вимоги безпеки до конструювання виробничого обладнання встановлені ГОСТ 12.2.003-74 «Устаткування виробниче. Загальні вимоги безпеки»

Відповідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження <b>Вересоцький Ю.І.</b>	Вид документа <b>Пояснювальна записка</b>		Статус документа	
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа <b>Рибальченко О.О.</b>	Назва, додаткова назва <b>Заходи з охорони праці</b>	<b>192004.КР.02.10.ПЗ</b>		
	Документ затверджено <b>Якимчук М.В.</b>		Інд. змін.	Дата видання	Мова <b>ua</b>

## Заходи з електробезпеки

Електробезпека - це система організаційних і технічних заходів, що призначена для захисту людей від небезпечного та шкідливого впливу електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля і статичної електрики, згідно з ГОСТ 12.1.009.76.

Організаційні заходи забезпечуються відповідно до "Правил улаштування електроустановок" (ПЕУ) та "Правил технічної безпеки електроустановок електроспоживачів" (ПТЕ). Ці правила визначають норми та вимоги щодо проектування, монтажу, експлуатації та технічного обслуговування електроустановок з метою забезпечення безпеки персоналу та уникнення небажаних подій, пов'язаних з електробезпекою.

Характеристика виробничих приміщень з електробезпеки відповідно до ГОСТ 12.1.009-76:

Приміщення з підвищеною небезпекою, якщо є одна з таких небезпек:

- Вологість (Відносна вологість > 75%);
- Високі температури (> 35 °C);
- Пил;
- Підлога металева заземлена, бетонна (можливість стоячи на підлозі торкнутися обладнання)

Заходи безпеки від ураження електричним струмом:

- Ізоляція струмоведучих частин;
- Безпечне розташування струмоведучих частин (електрощитова);
- Захисні огороження (Згідно ГОСТ 12.1.009-76 ССБТ захисне заземлення - електричне з'єднання з землею або її еквівалентом металевих не струмоведучих частин, які можуть опинитися під напругою);
- Швидкодіюче та надійне автоматичне захисне відключення (час дії 0.1-0.2 іменше секунд);
- Попереджувальні сигналізація, написи, плакати;
- Захист від статичної електрики.

## Заходи з гігієни праці та виробничої санітарії. Повітря робочої зони.

Показниками, котрі характеризують мікроклімат, є:

1. Температура повітря;
2. Відносна вологість повітря;
3. Швидкість руху повітря;
4. Інтенсивність теплового випромінювання.

Мікроклімат в робочій зоні повинен відповідати оптимальним показникам, які поширюються на всю зону, а також допустимим показникам, які встановлюються залежно від характеру роботи і типу робочих місць. Норми для температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні цеху для переробки тютюну встановлені згідно з ГОСТ 12.1.005-88.

Таблиця 10.1 Оптимальні та допустимі норми температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні цеху для переробки молока

Період року	Категорія роботи	Температура, °С				Відносна вологість		Швидкість руху, м/с		
		оптимальна	Допустима				оптимальна	Допустима на робочих місцях постійних і непостійних, не більше	Оптимальна, не більше	Допустима на робочих місцях постійних і не постійних, не більше
			Верхня межа		Нижня межа					
			На робочих місцях							
постійна	непостійна	постійна	непостійна	оптимальна	Допустима на робочих місцях постійних і не постійних, не більше	Оптимальна, не більше	Допустима на робочих місцях постійних і не постійних, не більше			
Холодний	а	8-20	3	4	7	5	40-60	75	0.2	0.3
Теплий	а	1-23	7	9	8	7	40-60	65 (при 26°С)	0.3	0.2-0.4

Вентиляційні системи та повітряне опалення проектується з метою забезпечення допустимих метеорологічних умов та чистоти повітря. Ці заходи проводяться відповідно до вимог, встановлених в СНиД 2.04.05-86.)

Кондиціювання		Вентиляція	
лас	Виробниче приміщення		
I	Цех з переробки соняшника	3 штучними спонукання	Виробничі цехи

### Виробниче освітлення

Виробниче освітлення відіграє важливу роль у забезпеченні психологічного комфорту працівників, запобігає розвитку зорового та загального стомлення, мінімізує ризик професійних захворювань та сприяє підвищенню продуктивності праці.

У виробничому приміщенні передбачено належне робоче освітлення, для якого використовуються світильники ПВЛ-1, ЛТБ і ЛХБ, що відповідають вимогам для виробничих приміщень.

Для забезпечення аварійного та евакуаційного освітлення використовуються світильники марки ЛХБ-30, а також встановлюються лампи розжарювання і люмінесцентні лампи.

Виробниче приміщення	Розряд зорової роботи	Природне бічне освітлення	Штучне ЄП, ЛК	
			Загальне	Комбіноване
Цех з переробки соняшника	Середній точності IV	1.5	200	400

Таблиця 10.2 Норми освітлення в цеху з переробки молока згідно СНиД 23.05-95

## Виробничий шум та вібрація

Шум - це небажаний для людини звук або сукупність звуків, що представляє собою коливання пружного середовища у вигляді звукових хвиль. Шум має негативний вплив на організм людини, спричиняючи різноманітні негативні ефекти. Шум може викликати роздратування та незручність, порушувати увагу та концентрацію, сприяти виникненню стомлення. Він може впливати на погіршення пам'яті та когнітивних функцій.

Захист від шуму слід виконувати відповідно до СН 2.2.4/2.1.8.582-96.

Нормованої характеристикою постійного шуму є рівні звукових тисків октанових смужок.

Таблиця 10.3 Гранично допустимі рівні на робочих місцях (ПС-75)

	Середньгеометричні частоти октанових смуж, Гц								
ПДУ	1.5	3	2	80	500	1000	2000	4000	8000
дБ	0.7	5	7	2	8	5	3	71	96

Вібрація - це механічні коливання, які виникають і передаються через різні механізми та тіла. Вона може бути відчутною як людиною, так і іншими об'єктами. Вібрація може передаватися безпосередньо від джерела, яке її створює, або поширюватися через структурні елементи будівель, споруд, машин і механізмів.

## Загальні методи боротьби з вібрацією:

- зниження вібрацій в джерелі виникнення шляхом зниження або усунення збуджуючих сил;

- регулювання резонансних режимів шляхом раціонального вибору приведеної маси або жорсткості системи, яка коливається;

- вібродемпферування – зниження вібрації за рахунок сили тертя

- демпферного пристрою, перехід коливальної енергії в теплову;

- динамічне гасіння – введення в коливальну систему додаткової маси або збільшення жорсткості системи;

- віброізоляція – введення в коливальну систему додаткового пружного зв'язку з метою послаблення передачі вібрацій суміжному елементу, конструкції або робочому місцю;

- застосування індивідуальних засобів захисту.

## Вибухопожежобезпека цеху

Таблиця 10.5.

### Класифікація вибухонебезпечних зон (згідно ПЄУ)

Зони класу небезпеки	Виробниче приміщення
І клас	
Приміщення, в яких при нормальній експлуатації вибухонебезпечні суміші горючих газів або парів ЛЗР з повітрям не утворюються, а можливі тільки в результаті аварій або несправностей.	Цех переробки тютюну
ІІ клас	
Приміщення, в яких виділяються горючі пил або волокна з нижнім концентраційним межею займання більш $65 \text{ г/м}^3$ до обсягу повітря.	Цех переробки тютюну

Для ефективного тушіння пожежі вживаються різні заходи безпеки. Встановлюється автоматична пожежна сигналізація, розробляється план евакуації для людей і матеріальних цінностей. Також передбачається використання вогнегасників та різноманітних засобів пожежогасіння, таких як внутрішні та зовнішні водопроводи, вода, пісок та вуглекислий газ.

### **Пропозиції щодо покращення умов праці**

- 1) Забезпечити надійну ізоляцію поверхонь устаткування та встановити ефективну вентиляційну систему для подачі свіжого повітря;
- 2) Регулярно перевіряти та підтримувати обладнання у справному стані для запобігання травмування та небезпечних ситуацій;
- 3) Максимально механізувати та автоматизувати виробничі процеси з метою зниження фізичного навантаження на працівників;
- 4) Оптимізувати метеорологічні умови у приміщеннях шляхом використання ефективної вентиляції та кондиціонування повітря;
- 5) Рационалізувати режими праці та відпочинку для забезпечення оптимального фізичного та психологічного стану працівників.
- 6) Забезпечити контроль за використанням засобів індивідуального та колективного захисту, спецодягу і спецвзуття, щоб забезпечити безпеку працівників.

## 11. Охорона довкілля

Мета охорони довкілля полягає у запобіганні негативним змінам у довкіллі, які відбулися в минулому, відбуваються в даний час або можуть виникнути в майбутньому. Це включає заходи щодо збереження атмосферного повітря, суші і водних ресурсів, включаючи води Світового океану, охорону ґрунтів, збереження різноманітності рослинного і тваринного світу, а також збереження геологічного середовища.

Людина оточена природним середовищем, яке складається з різних об'єктів природного походження. Це включає землю, повітря, водойми, рослини, тварини, мікроорганізми та екологічні системи, які вони утворюють. Природні об'єкти можуть бути полями, лісами, горами, річками, озерами, морями, океанами та континентами. В природному середовищі діють закони природного розвитку, такі як фізичні, хімічні, геологічні та біологічні. Тут відбуваються природні явища, такі як дощі, бурі, землетруси, виверження вулканів, тектонічні рухи тощо. Крім того, до природних об'єктів відносяться космічні об'єкти, такі як сонце, місяць, планети, зірки, комети та астероїди. Сонце і місяць впливають на рух води, викликаючи припливи і відпливи, а також впливають на земну кору. Сонячна енергія живить всі біологічні об'єкти і впливає на рух повітряних мас, що змінює рельєф, кругообіг води і біологічних речовин на Землі. Більшість енергії, яку використовує людство, походить від сонця, яка була накопичена і трансформована протягом мільярдів років. Падіння метеоритів на Землю може спричинити не лише локальні, але й глобальні катаклізми. Атмосфера, яка є газовою оболонкою Землі, є одним з найважливіших природних ресурсів, необхідних для підтримання життя. Атмосферний кисень (O<sub>2</sub>) є необхідним для дихання людей, тварин, більшості рослин і мікроорганізмів. Організмам людини і тварин потрібний постійний доступ до кисню.

Відповідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження <b>Вересоцький Ю.І.</b>	Вид документа <b>Пояснювальна записка</b>		Статус документа		
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа <b>Рибальченко О.О.</b>	Назва, додаткова назва Охорона довкілля	<b>192004.КР.02.11.ПЗ</b>			
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова <b>ua</b>	Аркуш 82/87

Головним джерелом формування кисню є фотосинтез зелених рослин. Рослини викидають приблизно 70 мільярдів тонн кисню в атмосферу щороку. Близько 80% всього кисню постачається морським фітопланктоном, а 20% генерується наземною рослинністю. Вуглекислий газ (CO<sub>2</sub>) є необхідним компонентом для фотосинтезу рослин. Він потрапляє в атмосферу через виверження вулканів, розклад органічних речовин, дихання живих організмів, випаровування з поверхні теплих океанів, а атмосфера використовує його для фотосинтезу рослин, розчинення в холодних водах океанів та перетворення силікатів вуглецевих мінералів в карбонати. Рослини поглинають приблизно 100 мільярдів тонн вуглекислого газу щороку, що становить близько 6% від загального вмісту CO<sub>2</sub> в атмосфері. Важливим регулятором вмісту вуглекислого газу є світовий океан, який містить у собі принаймні сто разів більше CO<sub>2</sub>, ніж його міститься в атмосфері. З-поміж основних складових атмосфери найбільш змінюється вміст водяної пари. Кількість водяної пари в атмосфері визначається співвідношенням процесів випаровування, конденсації та горизонтального перенесення. Водяна пара є джерелом утворення хмар, туманів та опадів. Присутність в атмосфері водяної пари і вуглекислого газу захищає земну поверхню від перевищеного охолодження, створюючи так званий парниковий ефект. Якщо не було б атмосфери, середня температура поверхні Землі становила б не +15 °С, а -23 °С. Атмосфера регулює теплообмін Землі з космосом, впливає на її радіаційний та водний баланс. Взаємодія з океаном є одним з ключових факторів, що визначають стан атмосфери, приводячи до процесів газообміну та теплообміну, які значно впливають на клімат Землі. Сонячна активність, яка відбувається на Сонці, також має значний вплив на життєдіяльність людини. Виплески сонячної активності нагрівають зовнішні шари атмосфери Землі, змінюють їх щільність і хімічний склад, а потужні потоки заряджених частинок і випромінювання проникають в атмосферу, впливаючи на всю повітряну оболонку. Це змінює погоду та спричиняє реакцію організму людини на ці зміни.

Гідросфера охоплює водну оболонку Землі, яка складає 70% поверхні планети. Вона включає океани, моря, озера, річки та льодовики, де вода може перебувати у твердому стані. Вода є життєво важливою для всього живого на Землі. Вона була середовищем зародження та розвитку багатьох організмів на ранніх стадіях біосфери. Фотосинтез, який відбувається в зелених рослинах, є неможливим без води і є основою біологічного кругообігу речовин на планеті. Вода є необхідним мінералом, який забезпечує існування живих організмів. Вона складає до 98% маси живих організмів, і всі їхні функціональні процеси пов'язані з водою. Обмін речовин в організмах відбувається тільки в рідкому середовищі, і вода є необхідною для багатьох хімічних, колоїдно-хімічних і фізіологічних процесів. Людина може вижити без води лише протягом кількох днів. Для задоволення своїх потреб людство використовує прісну воду, яка містить до 1 грама мінеральних солей на літр. Проте, доступна кількість прісної води на Землі становить менше 3% від загального обсягу гідросфери. Більшість прісної води зосереджена в прісноводних озерах, водосховищах, річках та підземних водах. Україна має низький рівень доступності річкової води, тому цей дефіцит компенсується використанням підземних вод, яких в країні є великий запас. Дніпро є основним джерелом річкової води в Україні, а також Дністер, Південний Буг, Тиса, Прут та численні малі річки. Зовнішня тверда оболонка Землі, включаючи земну кору і верхню частину мантії, називається літосферою. Товщина літосфери варіюється від 25 до 200 км на континентах і від 5 до 100 км під океанами. Більшість земної поверхні складають рівнини континентів і океанське дно.

Літосфера складається в основному з вивержених магматичних порід, які становлять 95% її складу. На континентах переважають граніти, а в океанах — базальти. Літосфера є джерелом усіх мінеральних ресурсів і виступає як важливий об'єкт для антропогенної діяльності людини. У верхній частині континентальної земної кори розташовані ґрунти, значення яких надзвичайно велике для людства. Ґрунт - це продукт довготривалої взаємодії живих організмів, води, повітря, сонячного тепла та світла з мінеральними компонентами. Ґрунти виникли одночасно з живою речовиною і розвивалися під впливом діяльності рослин, тварин і мікроорганізмів, поки не стали надзвичайно плідними і цінними для людей.

## Висновок

У даному дипломному проекті детально було розглянуто механізм процесу гомогенізації, який є одним з факторів, що впливають на якість виробленого продукту, зокрема на його стабільність та однорідність. Було досліджено конструкцію двоступеневого гомогенізатора А1-ОГМ та його складових елементів.

Гомогенізатор типу А1-ОГМ, що працює за принципом двоступеневого стиснення, володіє кількома значущими конструктивними особливостями:

- Електродвигун з приводом гомогенізатора знаходиться всередині станини;
- двоступенева гомогенізуюча голівка;
- присутній фільтр для змащення, а також система охолодження змащувального масла;

На сьогоднішній день гомогенізатор А1-ОГМ відзначається найвищою продуктивністю серед усіх гомогенізаторів двоступеневого стиснення.

Було проведено розрахунок величин, що характеризують робочий процес плунжерного блоку, а також розрахунок основних параметрів кривошипно-шатунного механізму. Крім того, був здійснений розрахунок на міцність найбільш навантажених вузлів і розрахунок клинопасової передачі приводу. Засновуючись на кінематичному розрахунку, був вибраний електродвигун.

Відповідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження <b>Вересоцький Ю.І.</b>	Вид документа <b>Пояснювальна записка</b>	Статус документа			
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа <b>Рибальченко О.О.</b>	Назва, додаткова назва <b>Висновок</b>	<b>192004.КР.02.00.ПЗ</b>			
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова <b>ua</b>	Аркуш 86/87

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Антіпов С.Т., Кретов И.Т., Остріков А.Н. Машины і апарати харчовії виробництв. М.: висш. шк., 2001. – 703 с.
2. Бредихин С.А., Космодемьянский Ю.В., Юрин В.Н. Технологія і техніка переробки молока. М.: Колос, 2003. – 400 с.
3. Острикова А.Н. Обробка рідин і суспензій в молочній промисловості. СПб.: ГИОРД, 2012. – 148 с.
4. Николаев Б.Л., Николаев Л.К. Обладнання для обробки жиромістких молочних продуктів. СПб.: высш. шк., 2014. – 226 с.
5. Никитина Е.В., Гладун А.А. Вдосконалення процесу гомогенізації харчових продуктів.. Тула: ТулГУ, 2011. – 206 с.
6. Никитина Е.В., Гладун А.А. Процес гомогенізації молока. Тула: ТулГУ, 2011. – 300 с.
7. Твердохлеб Г.В., Романаускас Р.И. Хімія і фізика молока і молочних продуктів. М.: висш. шк., 2006. – 361 с.
8. Кавецкий Г.Д., Касьяненко В.П. Процеси та апарати харчової технології. М.: Колос, 2008. – 591 с.
9. Новак С.М., Логвинец А.С. Захист від вібрації та шуму в будівництві: Довідник. К.: Будівельник, 1990. -184 с.
10. В.Ц. Жидецький, В.С. Джигирей “Основи охорони праці” – Вид. 2-е, стереотипне. – Львів: Афіша, 2000. – 348 с.
11. Прокопенко В.І. Трудове право України: Підручник. – Х.: Фірма “Консум”, 1998. – 480 с.
12. Шеляков О.П. Охорона праці: Навчальний посібник для студентів ВУЗів К. – 1999. 230 с.
13. Осокин В.В., Сорока І.В. Охорона праці – Донецьк 1997 – 458с.  
Закон України «Про охорону праці». – К.: 1993-40 с.