

Міністерство освіти і науки України  
Одеський національний технологічний університет



**КОМПЛЕКСНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

на тему: РОЗШИРЕННЯ ТОВ «ГОРМОЛЗАВОД № 1» ІЗ ВПРОВАДЖЕННЯМ МОДЕРНІЗОВАНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ТОНКОГО ПОДРІБНЕННЯ МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ У М. ОДЕСА

Головний керівник – к.т.н., доцент кафедри ТМОЖПтаІК Чабанова О.Б.

Частина 1: Розширення ТОВ «ГОРМОЛЗАВОД № 1» з організацією цеху виробництва білкових молочних продуктів у м. Одеса

Здобувач: Рагуліна Єлизавета Володимирівна

Керівник: д.т.н., доцент кафедри ТМОЖПтаІК Чабанова О.Б.

Частина 2: Модернізація гомогенізатора для білкових молочних продуктів

Здобувач: Нікітенко Іван Олександрович

Керівник: д.т.н., професор кафедри ПОтаЕМ Ватренко О.В

Одеса

2024 рік

**Міністерство освіти і науки УКРАЇНИ**  
**Одеський національний технологічний університет**  
**Кафедра «Процесів, обладнання та енергетичного менеджменту»**



**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
**ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

**Частина 2**

**на тему «Модернізація гомогенізатора для білкових молочних продуктів»**

Здобувача Нікітенка І.О.

IV курсу, групи ПМск 40а

Керівник: проф. Ватренко О.В.

**Кваліфікаційна робота допускається до захисту**

Рішення кафедри від \_\_\_\_\_ 20\_\_ р., протокол №

Завідувач кафедри ПОтаЕМ

Олег БУРДО

Одеса – 2024 рік

# ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет: «Низькотемпературної техніки та інженерної механіки»

Кафедра: «Процесів, обладнання та енергетичного менеджменту»

Ступінь вищої освіти: «бакалавр»

Спеціальність: 131 «Прикладна механіка»

Освітня програма: «Інженерна механіка»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Зав. кафедри

\_\_\_\_\_

«    » . \_\_\_\_\_ р.

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Нікітенка Івана Олександровича

1. Тема роботи: «Модернізація гомогенізатора для білкових молочних продуктів»

Затверджена наказом ОНТУ від 05.02.2024 р. наказ № 78-03

2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи 15.06.2024 р.

3. Вихідні дані проекту (роботи): продукт – молоко білкове Ж=1%, Б=4,5%; протеїновий йогурт Ж=2,5%, Б=8,1%; білкова паста Ж=4%, Б=8,5%; продуктивність лінії: 1т/год.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Критичний огляд існуючого обладнання

Опис технологічного процесу

Обґрунтування вибраної конструкції

Технічне завдання

Розробка лінії та механічні розрахунки

Техніка безпеки та цивільний захист;

Додаток: специфікації.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначення обов'язкових креслень) 6 аркушів А1:

1. Схема лінії виробництва – А1.

2. Загальний вигляд автомата – 2 А1.

3. Датчик манометричний – А1.

4. Плунжерний блок – А1.

5. Лист деталювання та головка гомогенізації – А1.

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що стосуються їх

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1-6 розділ	Ватренко О.В		
7 розділ	Всеволодов О.М		

7. Дата видачі завдання: 07.02.2024 р.

Керівник \_\_\_\_\_ Ватренко О.В  
Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ Нікітенко І.О.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання	Примітка
1.	Критичний огляд існуючого технологічного обладнання, опис технологічного процесу. Загальний вигляд машини – 1 лист.	з 01.03.24 до 10.03.24	
2.	Технічне завдання на проектування, Загальний вигляд машини – 2 лист.	з 10.03.24 до 25.03.24	
3.	Плунжерний блок. Опис модернізованої машини.	з 25.03.24 до 10.04.24	
4.	Технічний проект. Лист деталювання.	з 10.04.24 до 12.05.24	
5.	Техніка безпеки та правила експлуатації машини. Датчик манометричний.	з 12.05.24 до 25.05.24	
6.	Оформлення кваліфікаційної роботи та рецензування .	з 25.05.24 до 10.06.24	

Здобувач-дипломник \_\_\_\_\_ Нікітенко І.О.

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Ватренко О.В

*Несу відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів кваліфікаційної роботи, даю згоду на обробку персональних даних та не заперечую проти розміщення кваліфікаційної роботи на офіційних web-ресурсах ОНТУ.*

*Підтверджую, що в кваліфікаційній роботі відсутні порушення норм академічної доброчесності.*

Здобувач-дипломник \_\_\_\_\_ Нікітенко І.О.

## Зміст

Реферат.....	4
Вступ.....	5
1. Критичний огляд існуючого технологічного обладнання.....	6
1.1. Механізм процесу гомогенізації.....	6
1.2. Критичний огляд вітчизняного і закордонного обладнання.....	11
1.3. Патентний пошук.....	23
2. Опис технологічного процесу.....	25
3. Технічне завдання.....	48
4. Опис модернізованої машини.....	53
5. Технічний проект.....	55
5.1. Технологічний розрахунок .....	55
5.2. Силовий розрахунок.....	57
5.3. Кінематичний розрахунок .....	58
5.4. Розрахунок на міцність.....	59
6. Охорона праці та екологічна безпека.....	63
7. Висновки.....	70
Література.....	71

					<b>К5-ОГ2А-1.25 00. 00.00 ПЗ</b>			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	<b>Модернізація гомогенізатора для білкових молочних продуктів</b>	Літ.	Лист	Листів
Розроб.		Нікітенко.					3	59
Перевір.		Ватренко				<b>КРБ.ПОтаЕМ.1.78-03.5.2</b>		
Н. контр.								
Затв.		Бурдо						

## Реферат

В даному дипломному проекті на тему «Модернізація гомогенізатора для білкових молочних продуктів» наведено критичний огляд існуючого обладнання, описаний технологічний процес гомогенізації молока.

Запропонована модернізація клапанного гомогенізатора К5-ОГ2А-1.25 з метою підвищення продуктивності гомогенізатора.

Розрахунково-пояснювальна записка включає:

Критичний огляд існуючого технологічного обладнання.

Опис технологічного процесу.

Оформлено технічне завдання.

Виконано розрахунки, які підтвержують працездатність модернізованої машини:

- технологічний
- кінематичний
- силовий
- розрахунок на міцність (розрахунок пасової передачі) ;

Графічна частина включає 6 листів формату А1.

					К5-ОГ2А-1.25 00.00.00 ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Вступ

Структура молочної промисловості України орієнтована на дрібні підприємства районного масштабу. Потужності підприємств молочної промисловості в даний час дозволяє переробити велику кількість молока - більш 250 000 т. на добу. Рівень використання потужностей становить: 37% із виробництва цільномолочної продукції, 27% масла тварин, 59% сиру, 44% сухого незбираного молока, 37% сухої сироватки, 53% консервів молочних.

За останні роки українські виробники в цілях здешевлення своєї продукції стали все більше виробляти тваринно-рослинні продукти замість масла тваринного. Споживач же, зіткнувшись з різким погіршенням якості продукту одного підприємства, перестає довіряти всім українським підприємствам виробника цього продукту. У цьому зв'язку велику роль може зіграти контроль якості та відповідності стандартам на всі продукти вироблені вітчизняними підприємствами.

Одним з основних завдань, що стоїть перед харчовою промисловістю і харчовим машинобудуванням, є створенням високо ефективного технологічного обладнання, яке на основі використання прогресивної технології, значно підвищує продуктивність праці, скорочує негативний вплив на навколишнє середовище і сприяє економії вихідної сировини, паливно - енергетичних і матеріальних ресурсів .

Завданням даного дипломного проекту є вивчення конструкції гомогенізатора, а також огляд інших апаратів, відповідної тематики, їх аналіз, виявлення переваг і недоліків, розробка більш сучасних конструкцій і пристроїв.

					К5-ОГ2А-1.25 00.00.00 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1. КРИТИЧНИЙ ОГЛЯД ІСНУЮЧОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

## 1.1 Механізм процесу гомогенізації

Гомогенізація це - роздроблення (диспергування) жирових кульок шляхом впливу на молоко або вершки значних зовнішніх зусиль. У процесі обробки зменшується жирових кульок і швидкість спливання. Відбувається перерозподіл оболочечного речовини жирового кульки, стабілізується жирова емульсія. Цей спосіб механічної обробки молока і рідких молочних продуктів, служить для підвищення дисперсності в них жирової фази, що дозволяє виключити відстоювання жиру під час зберігання молока розвиток окислювальних процесів, дестабілізацію і при інтенсивному перемішуванні та транспортуванні.

Гомогенізація сировини сприяє:

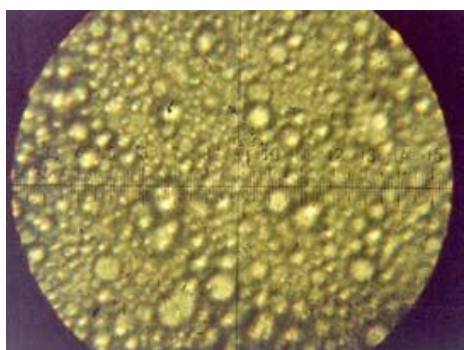
- 1) при виробництві пастеризованого молока і вершків - придбанню однорідності (смаку, кольору, жирності);
- 2) стерилізованого молока і вершків - підвищенню стійкості при зберіганні;
- 3) кисломолочних продуктів (сметани, кефіру, йогурти та ін.) - Підвищенню міцності та поліпшенні консистенції білкових згустків і виключення освіти жирової пробки на поверхні продукту;
- 4) згущених молочних консервів - запобігання виділення жирової фази при тривалому зберіганні;
- 5) сухого незбираного молока - зниження якості вільного молочного жиру, зовсім захищеного білковими оболонками, що призводить до швидкого його окисленню під дією кисню атмосферного повітря;
- 6) відновлених молока, вершків і кисломолочних напоїв - створенню наповненості смаку продукту та попередження появи водянистого присмаку;
- 7) молока з наповнювачами (какао та ін.) - Поліпшенню смаку, підвищенню в'язкості і зниження ймовірності утворення осаду.

Диспергування жирових кульок, тобто зменшення їх розмірів і рівномірний розподіл в молоці, досягається впливом на молоко значного зовнішнього

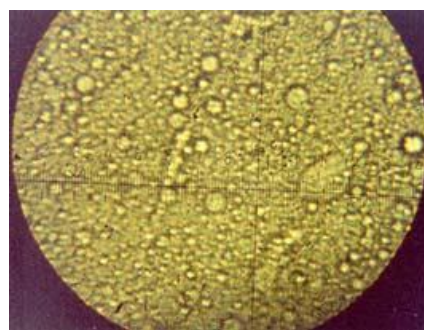
									Арк.
									6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

K5-0Г2А-1.25 00.00.00 ПЗ

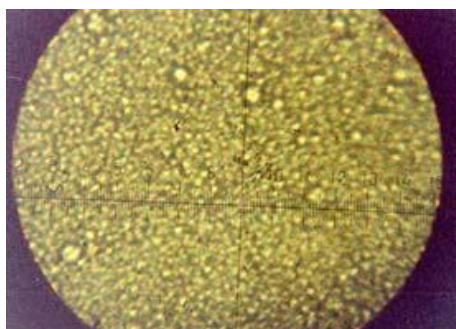
зусилля (тиску, ультразвук, високочастотна електрична обробка та ін.) в спеціальних машинах - гомогенізаторах.



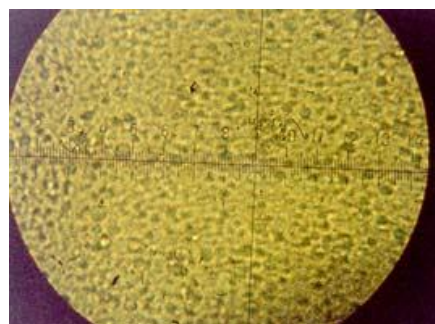
Не гомогенізоване молоко



Тиск гомогенізації P=20атм



Тиск гомогенізації P=35атм



Тиск гомогенізації P=35атм(Пступень)

Рисунок 1.1 - Мікрофотографії молока

Найбільше розподілення у молочній галузі отримала гомогенізація молока при продавлюванні його через кільцеву клапанну щілину гомогенізуючої головки.

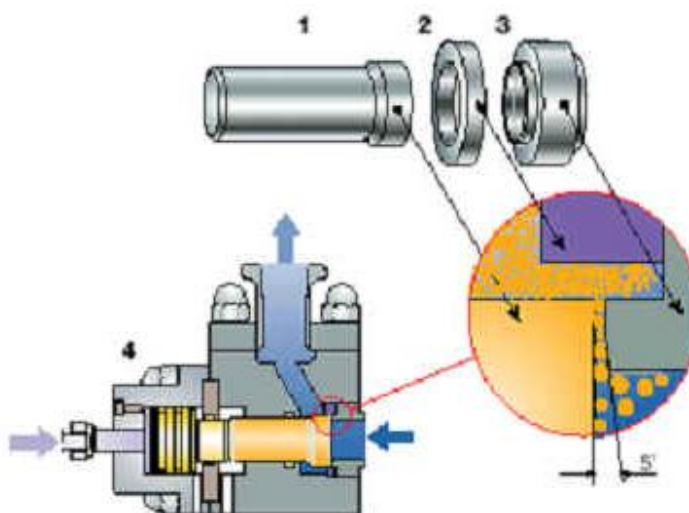


Рисунок 1.2 - Кільцева клапанна щілина гомогенізуючої головки

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

K5-0Г2А-1.25 00.00.00 ПЗ

Арк.

7



$V_1$ , причому перша являє собою величину порядку декількох метрів на секунду, а друга - кілька сот метрів за секунду.

При переході жирової краплі із зони малих швидкостей в зону високих, передні частини краплі включаються в потік в щілині з величезною швидкістю  $V_1$ , витягуються і відриваються від неї, а частина, що залишилася, ще належить до потоку зі швидкістю  $V_0$ , продовжує проходити через прикордонне перетин і поступово віддати свій матеріал новоствореним часткам.

За більшої різниці  $V_1$  і  $V_0$  крапля може расчленяться послідовним відривом частинок без проміжного розтягування всієї краплі в циліндр або шнур. При малій різниці  $V_1$  і  $V_0$  вся крапля може минути прикордонне розтин, не встигнувши розчленовані, але виявиться деформованої до нестійкого стану, тому повернення її до первісного вигляду в умовах потоку в щілині виявиться неможливим. Під механічною дією потоку і сил поверхневого натягу станеться розчленовування краплі на більш дрібні частинки. Таке тлумачення механізму дроблення крапель пояснює експериментально встановлену залежність ступеня дисперсності емульсії від швидкості на початку клапанної щілини. Чим вище швидкість  $V_1$ , тим інтенсивніше витягується рідка нитка з краплі в прикордонній зоні, тим тонше ця нитка і дрібніше частинка після її розпаду. Залежність дисперсності від швидкості  $V_1$  пояснює зв'язок, встановлену практикою між ефектом гомогенізації і тиском, тому для будь-яких даних умов швидкість визначається тиском гомогенізацією. Це дозволяє з достатньою підставою побудувати для будь-якого гомогенізатора залежність дисперсності гомогенизованої емульсії від перепаду тиску  $DP$ , яке дійсно для інших гомогенізаторах такого ж типу за умови роботи на продукті з тими ж властивостями.

Графік на рис.1.4 показує, як залежить від тиску гомогенізації дисперсність натурального молока при температурі гомогенізації 60. Середній діаметр жирових кульок швидко зменшується при підвищенні тиску до 12-14 МПа.

					<i>K5-0Г2A-1.25 00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

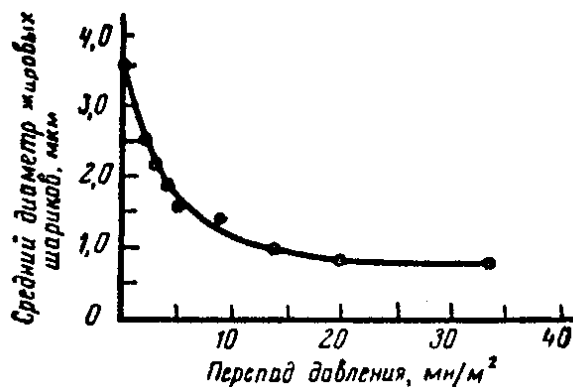


Рисунок 1.4 - Залежність між діаметром жирових кульок і тиском гомогенізації.

В інтервалі 14-20 МПа середній діаметр зменшується повільніше, при тиску вище 20 МПа дисперсність майже не зменшується. Це цілком можна пояснити з точки зору гідравлічних передумов процесу. Технологічні результати процесу гомогенізації знаходиться, отже, відповідно гідравлічним закономірностям.

При двоступеневої гомогенізації молоко послідовно проходить першу сходинку, а потім другу. При переході малих швидкостей молоко переходить в зону високих швидкостей. Висота клапанної щілини становить близько 0,7 мм. Швидкість руху жирового кульки в нагнітальній камері гомогенізуючої голівці становить 9 м/с, а в клапанній щілині - 150-200 м/с. Ефективність гомогенізації молока визначається робочим тиском, температурою, швидкістю руху продукту при проходженні через гомогенізуючу голівку, конструктивними особливостями останньої, складом і властивостями компонентами, що утворюють оболонку жирових кульок, кислотністю, а також послідовністю технологічних операцій. Температура молока при гомогенізації є важливим параметром, що впливає на ефективність процесу. Зниження температури гомогенізації призводить до підвищення в'язкості молока і утворення скупченню молочного жиру і їх відстоювання.

При високій температурі гомогенізуючої головки можуть утворитися білкові відкладення, що негативно позначається гомогенізатора. У нормативній

					К5-ОГ2А-1.25 00.00.00 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

документації температура гомогенізації при вироблення більшості молочних продуктів визначена в діапазоні 60 - 63. При підвищенні кислотності молока знижується ефективність гомогенізації. Це пояснюється тим, що зменшується стабільність білків і утворюються білкові агломерати, що утрудняють диспергування жирових кульок. При вироблення молочних продуктів можна використовувати повну або роздільну гомогенізацію: при повній - гомогенізують весь обсяг переробляється молока; при роздільній - молоко сепарують, отримані вершки гомогенізують, змішують із знежиреним молоком і направляють на подальшу обробку. Роздільну гомогенізацію доцільно застосовувати при вироблення молочних продуктів (питного молока, кисломолочних та т.п), де потрібно складання нормалізованої молочної суміші.

## 1.2 Критичний огляд відчизняного і закордонного обладнання

В даний час існує велика різноманітність машин для гомогенізації молочних продуктів відчизняного та іноземного виробництва. До них відносяться гомогенізатори, з одно- і двоступеневої гомогенізуючої головкою, а також клапанні і плунжерні, з високим і низьким тиском гомогенізації. Розглянемо деякі варіанти обладнання для гомогенізації.

### Гомогенізатор ОГБ-М (рис. 1.5)

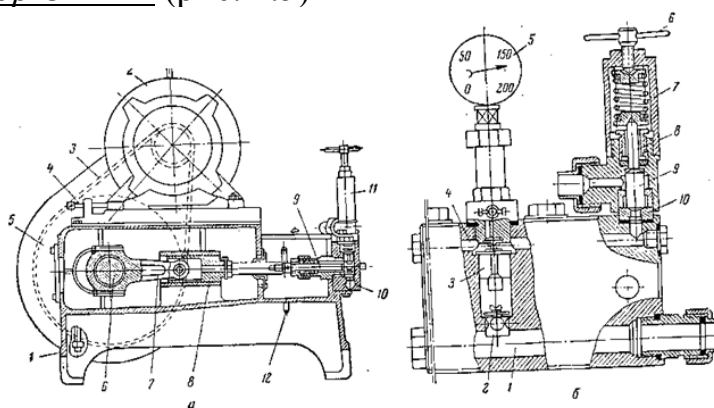


Рисунок 1.5 – Гомогенізатор ОГБ-М.

а - загальний вигляд: 1 - станина; 2 - електродвигун; 3 - клинові ремені; 4 - натяжна гвинт; 5 - шків; 6 - колінчастий вал; 7 - гомогенізуюча головка; 12 - змивний пристосування; б - розріз блоку циліндрів і гомогенізуючої головки: 1

										Арк.
										11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	К5-ОГ2А-1.25 00.00.00 ПЗ					

- всмоктуючий канал; 2 - всмоктувальний клапан; 4 - нагнітальний канал; 5 - манометр; 6 - гвинт; 7 - пружина; 8 - стрижень; 9 - клапан; 10 - сідло.

### Гомогенізатор "ГМ - 0.5 / 20"

Він обробляє молоко, соки, креми і т.д., покращуючи якість продуктів, стабілізуючи їх і підвищуючи вихід продукції. У процесі роботи гомогенізатора повністю виключається або суттєво сповільнюється процес поділу всіх фаз, збільшується в'язкість, зменшується час протікання реакцій, знижується витрата стабілізаторів і емульгаторів, а також поліпшуються сенсорні якості продукту. Дана модель відрізняється можливістю плавного регулювання тиску в межах 0 ... 20МПа, застосуванням кулькових клапанів в гідроблоці і низькою частотою обертання колінчастого вала.



Рисунок 1.6 - Гомогенізатор "ГМ - 0.5 / 20"

Технічні характеристики:

Продуктивність, м<sup>3</sup>/год (не менше) 0,5

Максимальний тиск гомогенізації, МПа 20

Потужність двигуна, кВт 4.0

Габаритні розміри, мм 870x800x1400

Маса нетто, кг 450

					К5-ОГ2А-1.25 00.00.00 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



одночасна його перекачування. Гомогенізатор застосовується в харчовій, косметичній, хімічній, фармацевтичній промисловостях.

Технічна характеристика :

Продуктивність кг / год до 700

Маса, кг 30

Габаритні розміри, мм 450x300x250

Діаметр входу, мм Ду -32

Діаметр виходу, мм Ду -32

Гомогенізатор А1-ОГМ-2,5

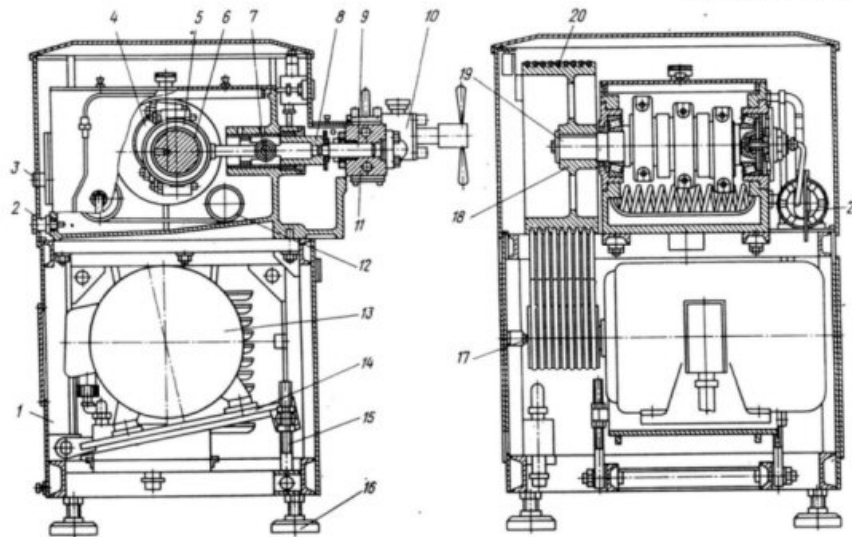


Рисунок 1.8. Гомогенізатор А1-ОГМ-2,5.

1 - станина; 2 - запобіжний клапан; 3 - манометрична головка; 4 - плунжерний блок; 5 - манометр системи змащення; В - амперметр; 7 - гомогенізуюча головка.

Технічна характеристика гомогенізатора А1-ОГМ-2,5 наведена в табл.1.1

Гомогенізатор К5-ОДА-Ю (рис. 1.9).

Призначений для дроблення і рівномірного розподілу жирових кульок в молоці і рідких молочних продуктах, а також у сумішах для морозива.

					К5-ОГ2А-1.25 00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14



Гомогенізатор має примусову систему змащення найбільш навантажених тертьових пар, яка застосовується в поєднанні з розбризкуванням масла всередині корпусу. Охолодження масла проводиться водопровідною водою за допомогою зміювика 16 охолоджувального пристрою, покладеного на дні корпусу, а плунжери охолоджуються водопровідною водою, що потрапляє на них через отвори в трубі. У системі охолодження встановлено реле протоки, призначене для контролю за перебігом води. Регулюванням тиску пружини на клапан досягається оптимальний режим гомогенізації для різних продуктів.

Технічна характеристика гомогенізатора К5-ОДА-10 наведена в табл.1.1  
*Гомогенізатор А1-ОГ2-С* (рис. 1.10).

Призначений для механічної обробки в'язких молочних продуктів типу вершкових, плавлених і пластичних сирів для додання однорідності продукту з метою поліпшення його якості.

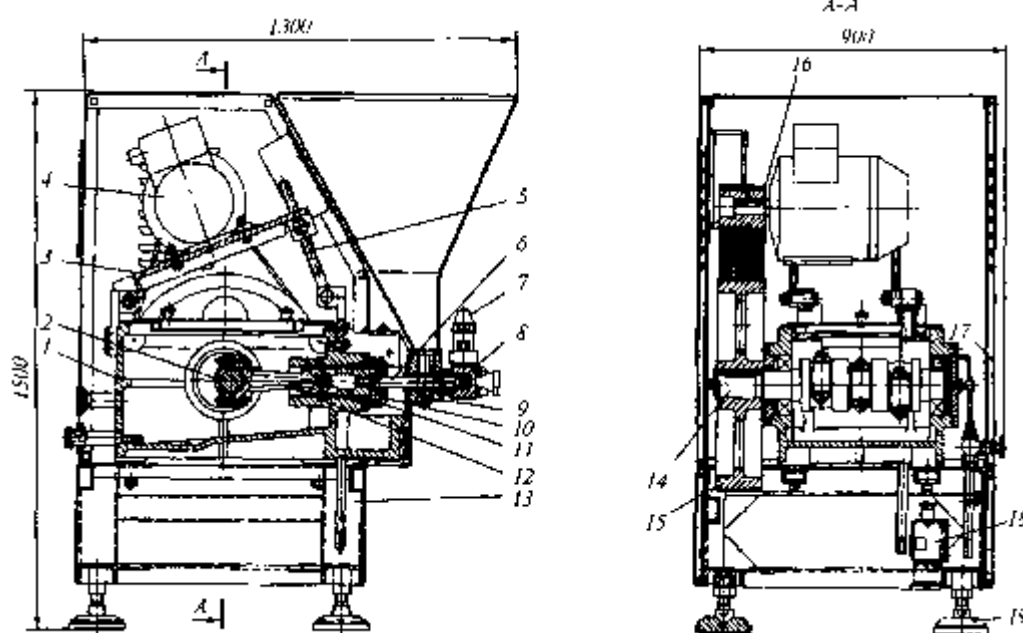


Рисунок 1.10 - Гомогенізатор А1-ОГ2-С

Гомогенізатор являє собою горизонтально розташований трехплунжерний насос високого тиску з гомогенізуючим пристроєм 8.

Привід насоса здійснюється від електродвигуна 4 за допомогою клинопасової передачі, веденого 15 і ведучого 16 шківів. Гомогенізатор складається з наступних основних вузлів: кривошипно-шатунного механізму 1, приводу,

					К5-ОГ2А-1.25 00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

плунжерного блоку 9, гомогенізуючої пристрою 8, запобіжного клапана 7, бункера, кожуха, станини 13.

Кривошипно-шатунний механізм 1 включає литий чавунний корпус, колінчастий вал 14, встановлений на двох роликотідшипниках, шатуни 12 з кришками 2 і вкладишами, повзуни 10, шарнірно з'єднані з шатунами 12 пальцями 11, склянки і ущільнення. Внутрішня порожнина корпусу кривошипно-шатунного механізму є масляною ванною.

У задній стінці корпусу встановлені показчик рівня масла і зливна пробка. Змащення тертьових деталей проводиться розбризуванням масла. Корпус кривошипно-шатунного механізму закритий кришкою, в якій є горловина з фільтруючою сіткою для затоки масла. Привід гомогенізатора здійснюється від електродвигуна 4, який встановлений на хиткій підмоторній плиті 3, укріпленої на корпусі кривошипно-шатунного механізму 1. Натяг клинових ременів забезпечується за допомогою натяжних гвинтів 5.

Кривошипно-шатунний механізм кріпиться за допомогою шпильок до станини 13, яка представляє собою зварену конструкцію, облицьовану листовою сталлю. На станині є знімна кришка 17, призначена для огороження обертових і переміщаються механізмів. У нижній частині станини 13 встановлена клемна коробка 18.

Станина встановлюється на чотирьох регульованих по висоті опорах 19. До корпусу кривошипно-шатунного механізму за допомогою двох шпильок кріпиться плунжерний блок 9, який призначений для всмоктування продукту з бункера і нагнітання його під високим тиском у гомогенізуючий пристрій 8. Плунжерний блок 9 складається з блоку, плунжерів 6, порожнистих циліндричних склянок з отворами в стінках. Всмоктуючі клапани та ущільнення відсутні, в робочі камери плунжерного блоку продукт безпосередньо з бункера засмоктується через порожні циліндричні склянки.

Ущільнення плунжерів, враховуючи малу плинність розплавленої сирної маси, досягається шляхом точного виготовлення з невеликими допусками сполучених поверхонь плунжерів і отворів склянок. До плунжерного блоку за

					<i>K5-0Г2А-1.25 00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

допомогою шпильок кріпиться гомогенізуючий пристрій, призначений для здійснення гомогенізації продукту за рахунок проходу його з великою швидкістю під високим тиском через щілину між клапаном і сідлом.

Гомогенізуючий пристрій 8 складається з корпусу, прокладок, нагнітальних клапанів, сідел клапанів, пружин, гомогенізуючого клапана з сідлом, склянки, рукоятки.

Для контролю тиску гомогенізації служить манометр, який кріпиться до торця корпусу гомогенізуючого пристрою. Зверху на гомогенізуючому пристрої розташований запобіжний клапан 7, призначений для обмеження підвищення тиску вище заданого. Він складається зі склянки, фланця, клапана, сідла клапана, пружини, натискного гвинта і ковпака. Запобіжний клапан регулюється на робочий тиск гомогенізації за допомогою гвинта. Продукт, який підлягає гомогенізації, подається в бункер гомогенізатора, що представляє собою зварену ємність з нержавіючої сталі.

При зворотно-поступальному переміщенні плунжерів в робочій порожнині плунжерного блоку створюється розрідження і продукт з бункера засмоктується в робочу порожнину, а потім плунжери виштовхують продукт в гомогенізуючий пристрій, де він під тиском 20 МПа з великою швидкістю проходить через кільцевий зазор, що утворюється між притертими поверхнями гомогенізуючого клапана і його сідлом. При цьому продукт стає більш однорідним. З гомогенізуючого пристрою через патрубок він прямує по трубопроводу на подальшу обробку. На гомогенізаторі встановлений амперметр, за допомогою якого контролюються показання манометра.

Технічна характеристика гомогенізатора А1-ОГ2-С наведена в табл. 1.1

					<i>K5-ОГ2А-1.25 00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Таблиця 1.1 - Технічна характеристика гомогенізаторів

Модель	K5-ОГА-Ю	A1-ОГМ	A1-ОГ2-С
Продуктивність, л/год	1000	5000	500
Робочий тиск, МПа	20	20	20
Температура продукту на вході, °С	45...85	45...85	70...90
Електродвигун:			
потужність, кВт	75	37	4
частота n, хв. <sup>-1</sup>	750	980	1000
n колінчастого валу, хв. <sup>-1</sup>	360	350	180
Кількість плунжерів	5	3	3
Хід плунжера, мм	70	60	28
Кількість ступенів гомогенізації	2	2	-
Габаритні розміри, мм	1800x1500x1900	1480x1110x1640	1300x900x1500
Маса, кг	4000	1710	645

Плунжерний двоступінчастий гомогенізатор "ОГМ-1,25"

Він виконує механічну обробку молока, молочних сумішей, морозива, майонезу, соусів і соків. У результаті продукт набуває поліпшені смак і поживні властивості. Гомогенізатор дробить жирові кульки / клітковину продукту за рахунок створення високого перепаду тиску. Це досягається протискуванням вихідного продукту із заданою швидкістю через вузькі щілини.

					K5-ОГ2А-1.25 00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

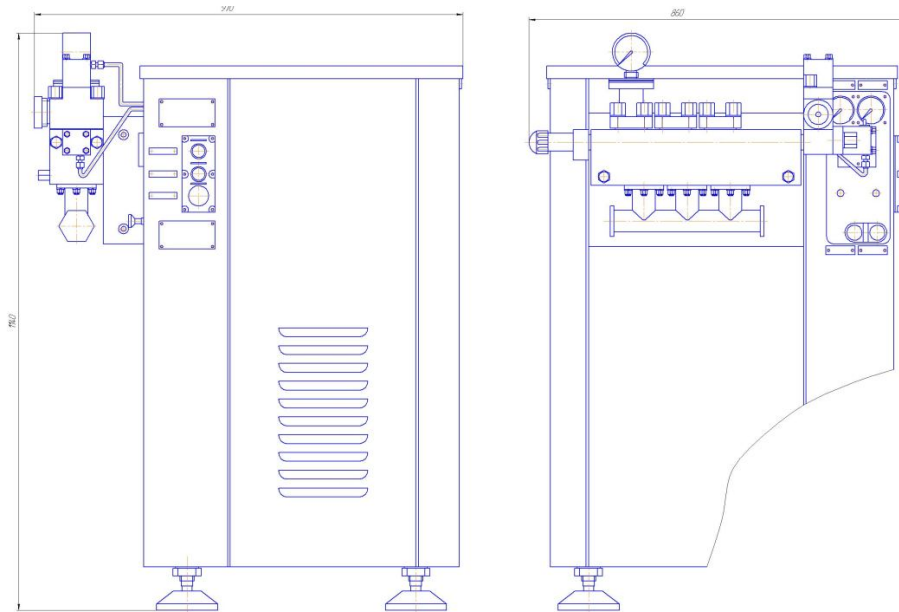


Рисунок 1.11- Плунжерний двоступінчастий гомогенізатор "ОГМ-1,25".

Технічні характеристики:

Продуктивність, л/год 1 250

Максимальний тиск гомогенізації, МПа 18

Кількість ступенів гомогенізації, шт 2

Кількість плунжерів, шт 3

Встановлена потужність двигуна, кВт 11,0

Габаритні розміри, мм

довжина 970; Ширина 860; Висота 1400

Маса, кг 780

Гомогенізатори марки ОГМ- 1,25 мають примусову систему мастила найбільш навантажених третьових пар, яка застосовується в поєднанні з розбризуванням масла усередині корпусу, що збільшує тепловіддачу. Охолодження масла у цих гомогенізаторів виробляється водопровідною водою за допомогою змішувача, охолоджувального пристрою, покладеного на дні корпусу, а плунжери охолоджуються водопровідною водою, що потрапляє на них через отвори в трубі. У системі охолодження встановлено реле протоки, призначене для контролю за перебігом води. До складу примусової системи мастила входять

					K5-ОГ2А-1.25 00.00.00 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

сітчастий фільтр, маслонасос з індивідуальним приводом, розподільна коробка, запобіжний клапан і манометр для контролю тиску в масляній системі. До корпусу кривошипно-шатунного механізму за допомогою двох шпильок кріпиться плунжерний блок, який призначений для всмоктування продукту з подаючої магістралі і нагнітання його під високим тиском у гомогенізуючу голівку.

Плунжерний блок включає в себе блок, плунжери, манжетні ущільнення, нижні, верхні і передні кришки, гайки, всмоктуючі і нагнітальні клапани, сідла клапанів, прокладки, втулки, пружини, фланець, штуцер і фільтр, який встановлюється у всмоктуючому каналі блоку, К торцевої площині плунжерного блоку кріпиться гомогенизующая голівка, призначена для виконання двоступеневої гомогенізації продукту за рахунок проходження його під високим тиском через щілину між клапаном і сідлом клапана в кожного ступеня. Гомогенізуюча голівка являє собою дві одноступінчаті головки аналогічної конструкції, з'єднані разом і пов'язані каналом, що дозволяє продукту переходити послідовно від першого ступеня до другої. Кожна із ступенів двоступеневої гомогенізуючої головки складається з корпусу, клапана, сідла клапана і натискного пристрою, що включає склянку, шток, пружину і натискний гвинт з рукояткою.

Регулювання тиску гомогенізації проводиться обертанням гвинтів. При встановленні режиму гомогенізації продукту на першій ступені встановлюють 3/4 необхідного тиску гомогенізації, а потім на другому ступені обертанням натискного гвинта підвищують тиск до робочого. На верхній площині плунжерного блоку кріпиться манометрична голівка, яка призначена для здійснення контролю тиску гомогенізації, тобто тиску на нагнітальному колекторі плунжерного блоку. Манометрична голівка має дроселюючий пристрій, що дає можливість ефективно зменшити амплітуду коливання стрілки манометра. Манометрична голівка складається з корпусу, голки, ущільнення, гайки, підтискає ущільнення, шайби і манометра з мембранним роздільником. До торцевої площині плунжерного блоку з боку, протилежного кріпленню гомогенізуючої головки, кріпиться запобіжний клапан, який запобігає підвищенню тиску гомогенізації вище номінального. Запобіжний клапан

					К5-ОГ2А-1.25 00.00.00 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

складається з гвинта, контргайки, п'яти, пружини, клапана і сідла клапана. На максимальний тиск гомогенізації запобіжний клапан налаштовується обертанням натискного гвинта, який передає зусилля натискання на клапан за допомогою пружини.

Станина являє собою зварену конструкцію з швелерів, обшитих листовий сталлю. На верхній площині станини встановлюється кривошипно-шатунний механізм. Усередині станини на двох кронштейнах шарнірно кріпиться плита, на якій встановлюється електродвигун. З іншого боку плита підтримується гвинтами, регулюючими натяг клинових ременів. Станина гомогенізаторів марки ОГМ-1,25 встановлюється на чотирьох регульованих по висоті опорах. Бічні вікна станини закриваються знімними кришками. Верхня частина станини закрита кожухом, призначеним для огорожі механізмів від пошкоджень і додання гомогенізатори необхідної естетичної форми.

Молоко або молочний продукт подається за допомогою насоса у усмоктувальний канал плунжерного блоку. З робочої порожнини блоку продукт під тиском подається через нагнітальний канал в гомогенізуючу голівку і з великою швидкістю проходить через кільцевий зазор, що утворюється між притертими поверхнями гомогенізуючої клапана і його сідла. При цьому відбувається диспергування жирової фази продукту.

Надалі продукт з гомогенізуючої головки направляється по трубопроводу на подальшу обробку або зберігання

### Гомогенізатор для масла "М 6 - ОДА"

Він гомогенізує вершкове масло, отримане шляхом збивання, для розподілу вологи і поліпшення консистенції. Можливе використання даної моделі і для обробки масла, що знаходиться на зберіганні, безпосередньо перед його дрібною фасуванням. Конструкція гомогенізатора включає станину, насадки, корпус зі шнеками, приймальний бункер і привід. Основною робочою частиною є ротор. Продукт поміщається в бункер, звідки двома шнеками, що рухаються в

										Арк.
										22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	К5-ОГ2А-1.25 00.00.00 ПЗ					

протилежаю на напрямку, продавлюється крізь ротор і виходить в бункер фасувальною машини через кран з діафрагмою.

Технічні характеристики:

Тип гомогенізатора роторний, безперервної дії

Продуктивність на годину, кг 760 ... 1 520

Регулювання продуктивності безступінчасте

Температура масла, град. Ц. при завантаженні 11 ... 15

Температура масла, град. Ц. після гомогенізації 13 ... 15

Частота обертання ротора, з-1 11,66

Частота обертання шнеків, с-1 0,2 ... 0,387

Число, шт.: Лопатей в роторах 12, 16, 24

шнеків 2

Встановлена потужність, кВт 18,3

Габаритні розміри, мм 1850x720x1430

Маса, кг 900



Рисунок 1.12 - Гомогенізатор для масла "М 6 - ОДА"

					К5-ОГ2А-1.25 00.00.00 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Гомогенізатор виробництва компанії Bertoli Srl H5150



Рисунок 1.12 - Гомогенізатор виробництва компанії Bertoli Srl

Технічні характеристики H5150.

Продуктивність л / год 22000

Кількість плунжерів, шт. 5

Споживання енергії, кВт 160

Габаритні розміри, мм 1440x1680x2660

					К5-ОГ2А-1.25 00.00.00 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2. Опис технологічного процесу

### 2.1. Описання технологічних процесів

Основну та допоміжну сировину для виробництва приймають згідно до стандартів наведених у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Характеристика основної та допоміжної сировини

Найменування сировини	Номер нормативного документа (НД), згідно якого приймається сировина
Основна сировина	
Молоко коров'яче незбиране	ДСТУ 3662:2018 Молоко-сировина коров'яче. Технічні умови
Допоміжна сировина	
Патока крохмальна	ДСТУ4498:2005. Патока крохмальна. Технічні умови
Соки плодово-ягідні	ДСТУ 4150:2003. Соки, напої сокові, нектари плодово-ягідні, овочеві та з баштанних культур

Таблиця 2.2 – Характеристика заквасок DVS

Назва закваски	Ротація закваски	Компанія-виробник	Склад закваски	Вид закваски
<b>YF</b>	<b>LX701</b>	«CHR. Hansen» (Данія)	Комбінація штамів <i>Streptococcus thermophilus</i> і <i>Lactobacillus debruekii</i> підвид <i>bulgaricus</i>	ліофільно висушені культури
<b>YC</b>	<b>180</b>	«CHR. Hansen» (Данія)	Комбінація штамів <i>Streptococcus thermophilus</i> і <i>Lactobacillus debruekii</i> підвид <i>bulgaricus</i> , <i>Lactobacillus debruekii</i> підвид <i>lactis</i>	ліофільно висушені культури

Вибір способу виробництва був здійснений з урахуванням наступних показників:

- можливість автоматизації та механізації виробничих процесів;
- раціональне використання сировини і збільшення виходу готового продукту;
- виробництво високоякісної продукції;
- підвищення продуктивності праці;
- забезпечення відповідних умов для роботи.

Всі білкові молочні продукти (білкове молоко, протеїновий йогурт та білкову пасту) виробляємо методом ультрафільтрації. Ультрафільтрацію застосовують для розділення молока на складові компоненти за допомогою мембран, які пропускають рідину, але утримують більші молекули.

Впровадження методу ультрафільтрації на молочних підприємствах допомагає раціонально використовувати сировину, що призводить до скорочення виробничих витрат; отримання готової продукції з підвищеними харчовою і біологічною цінностями; збільшення випуску продукції без збільшення виробничих площ і установки додаткових ємностей.

За допомогою цього методу можна виготовити білкові концентрати з різним вмістом білку. Ступінь концентрації та умови обробки при мембранній обробці визначають склад кінцевого продукту. Продукти, отримані методами ультрафільтрації, мають вищу біологічну цінність, оскільки при фільтрації здебільшого зберігаються вихідні властивості білкової фракції.

При виготовленні продукту методом ультрафільтрації для підвищення сухих речовин, зокрема білку, немає необхідності додавати сторонні речовини (сухе знежирене молоко, як при традиційних методах виробництва білкового молока).

Для виготовлення кисломолочної продукції (протеїнового йогурту і білкової пасти) використовуємо закваски прямого внесення в резервуар (DVS).

Переваги заквасок прямого внесення: постійність складу (співвідношення між штамми не порушені); висока активність; немає ризику зараження бак-

					<i>K5-0Г2A-1.25 00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

теріофагами; скорочення чисельності обслуговуючого персоналу; зручність у використанні; не потрібна кімната або обладнання для бродіння; відсутність витрат енергії на пастеризацію та охолодження стартового молока.

Однією з головних переваг використання культур DVS є отримання високоякісних ферментованих продуктів із тривалим терміном зберігання.

Кисломолочні продукти в даному проєкті виробляємо двома способами: білкову пасту – резервуарним способом, йогурт протеїновий – термостатним.

Резервуарний спосіб – це спосіб, під час якого сквашування молока та визрівання кисломолочних продуктів відбувається в резервуарах з подальшим фасуванням у споживчу тару.

Термостатний спосіб – це спосіб, під час якого сквашування молока та визрівання кисломолочних продуктів відбувається безпосередньо у тарі у термостатній камері.

Застосування резервуарного методу сквашування має ряд переваг: він дешевший у порівнянні з термостатним, так як займає меншу площу, тому потребує менше грошових вкладень. Але органолептичні показники готового кисломолочного продукту резервуарного сквашування поступаються тим самим показникам продукції, виготовленої термостатним способом.

Продукція, виготовлена резервуарним методом, має порушену консистенцію, так як перед розливанням однорідний згусток руйнується під час перемішування. Тому термостатний спосіб дозволяє нам отримати щільний згусток, непорушну консистенцію і відповідно має більш гарний товарний вигляд.

### **Технологічний процес виробництва молока білкового Ж=1%, Б=4,5%**

Технологічний процес виробництва білкового молока складається з наступних операцій: приймання (з ГВЦ №1) та резервування знежиреного молока, пастеризація знежиреного молока; ультрафільтрація знежиреного молока, нормалізація за жиром УФ концентрату, гомогенізація суміші, пастеризація, охолодження, резервування, фасування, зберігання й транспортування.

					<i>K5-0Г2A-1.25 00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На ТОВ «ГМЗ» працює два виробничих цехи. В головному виробничому цеху №1 приймається незбиране молоко для подальшого виготовлення таких молочних продуктів як молоко, кефір, йогурт, вершки пастеризовані питні і сметана. Відбір проб та перевірка якості молока за ДСТУ 3662:2018 відбувається у головному виробничому цеху №1.

Частина знежиреного молока, яке отримують у головному виробничому цеху №1 перекачують по трубах у головний виробничий цех №2, в якому передбачено випуск високобілкової молочної продукції, виробленої шляхом ультрафільтрації знежиреного молока. Також в головному виробничому цеху №2 здійснюється приймання на окремій автоматизованій лінії приймання незбираного молока для виготовлення йогурту і сиру кисломолочного.

Знежирене молоко перекачується насосами по трубах з виробничого цеху №1 у резервуари (рис. 2.1, поз.20) виробничого цеху №2 для виготовлення білкових продуктів.

З проміжних резервуарів (рис. 2.1, поз.20) знежирене молоко насосами перекачують через зрівнювальний бак (рис. 2.1, поз. 25-1) до 4-секційної ППОУ (л.2, поз.25). В першій секції рекуперації знежирене молоко підігрівається до температури 40-55°C і надходить до сепаратора-очищувача, який входить в комплект ППОУ. Після сепаратора знежирене молоко направляється у секцію пастеризації пастеризаційно-охолоджувальної установки, де пастеризується при температурі 78-80°C та витримується у трубчастому витримувачі (рис. 2.1, поз.25-4) 15-20 с.

Пастеризація - це теплова обробка молока при температурах, нижчих за температуру кипіння, з метою знищення вегетативних форм мікрофлори, в тому числі патогенних. Режим пастеризації (температура і час витримки) повинен також забезпечити отримання заданих властивостей готового продукту.

Після пастеризації та витримування знежирене молоко направляється на охолодження, спочатку в секції охолодження водопровідною водою, а потім в секції охолодження крижаною водою до температури 2-6°C і подається у резервуар (рис. 2.1, поз.25-5) на проміжне зберігання не більше, ніж 4 години.

					<i>K5-0Г2А-1.25 00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28



Для отримання молочних продуктів з підвищеним вмістом білку, отримане знежирене молоко перекачують з резервуару (рис. 2.1, поз.25-5) насосом на ультрафільтраційну установку (рис. 2.1, поз.26), але попередньо знежирене молоко підігрівають до температури 45-50°C на пластинчастому підігрівачі, який входить в комплект ультрафільтраційної установки. Процес ультрафільтрації проводиться при температурі 45-50°C і тиску 0,15 МПа.

Ультрафільтрація - це процес баромембранного поділу, а також фракціонування і концентрування речовин, що здійснюються шляхом фільтрування рідини під дією різниці тисків до і після мембрани. Розмір пор ультрафільтраційних мембрани варіюється від 0,01...0,1 мкм, тиск 0,1...1,0 МПа.

Застосовуючи метод ультрафільтрації при переробці знежиреного молока, на виробництві отримують два різних за складом продукти: рідкий ультрафільтраційний концентрат білків і ультрафільтраційний фільтрат, який є розчином молочних компонентів (вуглеводи, низькомолекулярні азотисті і мінеральні речовини, кислоти).

У кваліфікаційній роботі обрано трубчастий модуль ультрафільтрації з керамічними мембранами. Для фільтрації в'язких середовищ часто використовують трубчасті мембранні елементи. У таких мембранах можна генерувати дуже високі швидкості потоку до 15 м/с, тому негативні ефекти концентраційної поляризації в таких мембранах зведені до мінімуму. Керамічні мембрани представлені у вигляді одноканальних трубчастих керамічних елементів.

Ультрафільтраційна мембранна установка складається з кількох контурів фільтрації: мембранний модуль, система трубопроводів для подачі рідини та відводу концентрату та фільтрату, циркуляційні насоси, теплообмінник, КВП (контрольно-вимірювальні прилади), арматура (крани, вентилі тощо). Мембранна установка має ємності для вихідної рідини, концентрату й фільтрату. Модуль фільтра розроблений за принципом циркуляційної петлі, створюючи режим фільтрації у поперечному потоці (тангенціальна фільтрація).

В процесі ультрафільтрації відбувається концентрування знежиреного молока до заданого вмісту сухих речовин, зокрема білку. Всередині мем-

									Арк.
									30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

K5-0Г2A-1.25 00.00.00 ПЗ

бранного модуля фільтрувальне знежирене молоко під дією циркуляційного насоса безперервно прокачується по циркуляційному контуру, утвореному з'єднаними послідовно (для керамічних мембран) декількома фільтраційними елементами, теплообмінником і циркуляційним насосом. Частина знежиреного молока і частинки, розмір яких менше розміру пор, під дією тиску (0,1...1,0 МПа) проходять через мембранну поверхню фільтраційних елементів і безперервно виводяться з модуля. Ця частина молока (освітлена сироватка) називається фільтратом.

Частинки, розмір яких більше розміру пор, затримуються селективним шаром і накопичуються всередині циркуляційного контуру. Ця частина потоку називається концентратом. Осад, що утворюється над мембраною, безперервно змивається циркуляційним потоком, швидкість якого становить 4-7 м/с для керамічних мембран.

Ультрафільтрацію для білкового молока проводять при факторі концентрування  $\Phi K=1,5$ , для білкової пасти – 2,83; для протеїнового йогурту – 2,7, що дозволяє отримати УФ концентрат, що містить певну задану кількість білків.

Отримані після ультрафільтрації УФ концентрат і УФ фільтрат відправляють до проміжних резервуарів з рубашкою (рис. 2.1, поз.26-4) і (рис. 2.1, поз.26-3) відповідно. Після мембранної фільтрації УФ концентрат нормалізують у резервуарі (рис. 2.1, поз. 26-4).

В кваліфікаційній роботі нормалізація за жиром УФ концентрату проводиться методом змішування. При нормалізації методом змішування у ємність для нормалізації (рис. 2.1, поз.26-4) до УФ концентрату в певній кількості додаються вершки  $Ж=15\%$ . Суміш ретельно перемішується та направляється у пластинчасту пастеризаційно-охолоджувальну установку (рис. 2.1, поз.27). Процес відбувається наступним чином.

Нормалізована суміш з резервуару для нормалізації (рис. 2.1, поз. 26-4) відцентровим насосом (рис. 2.1, поз.26-2) перекачується у зрівнювальний бак з поплавком регулятором потоку (рис. 2.1, поз.27-1), а з нього відцентровим насосом (рис. 2.1, поз.27-2) до 4-секційної ППОУ (рис. 2.1, поз. 27). В першій

									Арк.
									31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	К5-ОГ2А-1.25 00.00.00 ПЗ				

секції рекуперації нормалізована суміш підігрівається до температури 40-45°C і надходить у сепаратор-очисник (рис. 2.1, поз. 27-3), далі повертається в другу секцію рекуперації, де нагрівається до температури 60-65°C і направляється до гомогенізатора (рис. 2.1, поз. 27-4). Тиск гомогенізації 10-12 МПа. Мета гомогенізації - подрібнення жирових кульок до середнього діаметра (не більше 1 мкм) для забезпечення необхідної стабільності. Після чого гомогенізована суміш повертається до пастеризаційно-охолоджувальної установки в секцію пастеризації, де пастеризується при температурі 78-80°C.

Після пастеризації суміш направляється до пластинчастого витримувача (рис. 2.1, поз. 27-6) через термодатчик (рис. 2.1, поз.27-5). Якщо показник температури нижчий за необхідний, то молоко надходить до зрівнювального баку (рис. 2.1, поз.27-1) і процес пастеризації проводиться повторно. Якщо на термодатчику температура відповідає заданій, то молоко надходить до пластинчастого витримувача (рис. 2.1, поз.27-6), де витримується при температурі пастеризації 78-80°C 15-20с і далі направляється на охолодження. Пастеризована суміш охолоджується в секції охолодження водопровідною водою до температури 20...25 °C, а потім – у пластинчастому охолоджувачі до температури 2-6°C і подається у резервуар (рис. 2.1, поз. 28) на проміжне зберігання не більше, ніж 4 години.

Готове до споживання білкове молоко з резервуару (л.2, поз. 28) перекачують насосом (рис. 2.1, поз. 28-1) до розливочного автомату. Білкове молоко розливають у ПЕТ-пляшки ємністю 0,5 дм<sup>3</sup>. Зберігання готового продукту при температурі 2-6°C не більше 7 діб.

### **Технологічний процес виробництва протейнового йогурту Ж=2,5%, Б=8,1%**

Йогурт – це кисломолочний продукт, який виробляється шляхом сквашення молока чистими культурами молочнокислих бактерій *Lactobacillus bulgaricus* і *Streptococcus thermophilus* з потенційним додаванням інших культур.

					<i>K5-0Г2А-1.25 00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технологічний процес виробництва йогурту протеїнового включає наступні дії: приймання (з ГВЦ №1) та резервування знежиреного молока, пастеризація знежиреного молока; ультрафільтрація знежиреного молока, нормалізація за жиром УФ концентрату, гомогенізація суміші, пастеризація суміші, охолодження суміші до температури заквашування, заквашування, фасування, сквашування, охолодження, зберігання і транспортування.

При виробництві протеїнового йогурту всі операції включно ультрафільтрації та пастеризації отриманого УФ концентрату, детально описані в технології виробництва білкового молока вище. Різниця полягає у тому, що ультрафільтрацію проводять при факторі концентрування  $FK=2,7$ , що дає змогу отримати УФ концентрат з 8,1% білків.

З ППОУ (рис. 2.1, поз.27) нормалізовану, пастеризовану, гомогенізовану суміш, яка має температуру 40-45°C, направляють в резервуар для сквашування (рис. 2.1, поз.36). В цей же резервуар вносять закваску YC-180. Вибрана закваска данської компанії «CHR. Hansen» містить суміш *Lactobacillus delbruekii* і *Streptococcus thermophilus*, які змішані в певному співвідношенні. Суміш ретельно та швидко перемішується та одразу направляється на фасування (в кваліфікаційній роботі обрано термостатний спосіб сквашування). Фасується продукт у пластикові стаканчики місткістю 0,25 дм<sup>3</sup> у фасувально-пакувальному автоматі (поз.37).

Процес сквашування йогурту відбувається в тарі у термостатній камері при температурі 40-45°C протягом 3-4 годин, до значення рН 4,6 од. При сквашуванні відбувається молочнокисле бродіння. Це процес анаеробного окиснення вуглеводів, кінцевим продуктом при якому виступає молочна кислота. Протягом зазначеного часу в усіх досліджуваних зразках досягається ізоелектричний стан білків під впливом молочної кислоти, накопиченої мікрофлорою заквашувальних культур при зброджуванні лактози.

При досягненні рН=4,6 од. протеїновий йогурт, розфасований у стаканчики, відправляється у холодильну камеру для охолодження до температури 2-6°C

					<i>K5-0Г2A-1.25 00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

і подальше зберігання. Зберігати протеїновий йогурт необхідно 14-21 добу при температурі 2-6°C.

### **Технологічний процес виробництва білкової пасти Ж=4%, Б=8,5%**

Білкова паста – це кисломолочний продукт який виробляється шляхом сквашування ультрафільтраційного концентрату культурами молочнокислих бактерій: *Lactococcus lactis* підвид *Cremoris*, *Lactococcus lactis* підвид *lactis*, *Leuconostoc mesenteroides* підвид *cremoris*.

Технологічний процес виробництва білкової пасти налічує наступні операції: приймання (з ГВЦ №1) та резервування знежиреного молока, пастеризація знежиреного молока; ультрафільтрація знежиреного молока, нормалізація за жиром УФ концентрату, гомогенізація суміші, пастеризація суміші, охолодження суміші до температури заквашування, заквашування, сквашування, охолодження, фасування, зберігання й транспортування.

При виробництві білкової пасти всі операції, включно ультрафільтрації і пастеризації УФ концентрату, описані в технології виробництва білкового молока. Різниця полягає у тому, що ультрафільтрацію проводять при факторі концентрування  $\Phi K=2,83$ , що дозволяє отримати УФ концентрат з 8,5% білку.

Пастеризовану, охолоджену до температури заквашування 30-35°C суміш (УФ концентрат+вершки Ж=15%) з секції охолодження пастеризаційно-охолоджувальної установки (рис. 2.1, поз.27) перекачують у резервуар для сквашування (рис. 2.1, поз. 38). В резервуар до суміші вносять закваску *LD-CH-N 22* данської фірми «CHR. Hansen», яка складається з суміші визначеної комбінації штамів включаючи *Lactococcus lactis* підвид *Cremoris*, *Lactococcus lactis* підвид *lactis*, *Leuconostoc mesenteroides* підвид *cremoris*.

Суміш перемішують протягом 15-20 хвилин і залишають у стані спокою на сквашування до значення рН 4,6 од.рН протягом 5-8 годин.

При закінченні сквашування отриманий згусток охолоджують до температури 2-6°C в цьому ж резервуарі протягом 2-4 години періодично перемішуючи. Перемішування дозволяє отримати однорідну консистенцію молочного

									Арк.
									34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

K5-0Г2А-1.25 00.00.00 ПЗ

згустку. Далі білкова паста насосом (рис. 2.1, поз.38-1) направляється до фасувального апарату (рис. 2.1, поз.39) на фасування у стаканчики місткістю 0,25 дм<sup>3</sup>. Термін зберігання білкової пасти при температурі 2-6°C становить від 10 до 14 діб.

					<i>K5-0Г2А-1.25 00.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>35</i>

### 3. Технічне завдання.

1. Найменування і область застосування.

- 1) К5-ОГ2А-1.25 Машина призначена для гомогенізації молока;
- 2) Область застосування - підприємства молочної промисловості;
- 3) Поставка машини на експорт не передбачена.

2. Підстава для розробки.

1) Підстава для розробки є завдання на дипломний проект по кафедрі ПО та ЕМ ОНТУ.

3. Мета і призначення модернізації.

1) Модернізація проводиться з метою збільшення продуктивності та підвищення якості гомогенізації.

4. Джерела розробки.

- 1) При розробці машини повинні бути використані наступні джерела:
  - Відгуки споживачів;
  - Патенти, каталоги, науково - технічна література;
  - Авторські свідоцтва.

5. Технічні вимоги.

1) Машина повинна складатися з наступних основних вузлів:

- станина;
- привід;
- гомогенізатор.

2) Габаритні розміри мм, не більше:

довжина - 970 мм;

ширина - 860 мм;

висота - 1400 мм;

3) Маса, не більше 780 кг.

					<i>К5-ОГ2А-1.25 00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						36
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

5) Вимоги до взаємозамінності деталей.

Взаємозамінними повинні бути: клапан і сідло гомогенізуючої головки та інші стандартні вироби.

6) Вимоги до мийних засобів, мастил:

машина повинна митися засобами, що застосовуються в молочній промисловості для миття технологічного обладнання без пошкоджень і псування.

7) Запасні частини повинні забезпечувати роботу машини до першого капітального ремонту.

6. Показники призначення.

1) Продуктивність 1200 л /год

2) Встановлена потужність, 15 кВт.

7. Вимоги до надійності:

1) Ресурс до першого капітального ремонту, 2500 год.

2) Гарантійний термін, місяців 18.

3) Коефіцієнт готовності 0,95.

4) Коефіцієнт технічного використання 0,9.

5) Напрацювання на відмову, годин не менше 300.

6) Вимоги до машини в плані стійкості від зовнішніх впливів вібрації та електричних магнітних полів не пред'являються.

8. Вимоги до технологічності:

1) Спеціальні вимоги до технологічності не пред'являються.

9. Вимоги до рівня уніфікації та стандартизації:

коефіцієнт застосовності%, не менше 40;

коефіцієнт повторюваності, не менше 3,5.

10. Вимоги до безпеки.

					К5-ОГ2А-1.25 00.00.00 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1) При модернізації машина забезпечить виконання вимог безпеки обслуговуючого персоналу згідно: - ГОСТ 27-00-216-75 «Система стандартів безпеки праці, машини і обладнання продовольчі.

2) Звукова потужність, яку випромінює працює машиною в режимі номінальної продуктивності в виробничому приміщенні не повинна створювати на робочому місці рівня звуку і рівня звукового тиску в октавних смугах частот спектра перевищують допустимі і гігієнічних нормах звукового тиску і рівня на робочих місцях.

Чисельна величина підлягає визначенню при приймальних випробуваннях відповідно до ГОСТ 8.088-73. 8.10.3.

3) Рівні віброшвидкості в октавних смугах частот на робочому місці у жорстко закріпленої машини, що працює в режимі номінальної продуктивності, не повинні перевищувати допустимих «Санітарними нормами СН-245-71». Естетичні та ергономічні вимоги.

#### 11. Естетичні та ергономічні вимоги.

##### 1) Вимоги технічного дизайну:

- Композиційне рішення машини повинно відповідати функціональному призначенню і бути технічно і економічно обгрунтованим;

- Забезпечити єдність стильового рішення елементів форми машини;

- Форма машини в композиційному відношенні повинна відповідати умовам експлуатації;

- Кількість кольорів для забарвлення машини не більше 3.

##### 2) Ергономічні вимоги:

- Допустимі зусилля докладалися до робочих органів машини, а також допустима вага об'ємних елементів машини по ГОСТ 27 - 00 - 216 - 95.

- Конструкція форми машини повинна забезпечити обслуговуючому персоналу легкість доступу до функціональних зон і безпеку роботи з її обслуговування.

					K5-0Г2А-1.25 00.00.00 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

12. При модернізації забезпечити патентну чистоту по Україні.

13. Вимоги до складових частин продукції.

1) Основним матеріалом для виготовлення машини є корозійностійка сталь 12Х18Н10Т.

2) Застосовувані в машині матеріали і комплектуючі вироби повинні відповідати вимогам державних і галузевих стандартів, технічних умов.

14. Умови експлуатації.

1) Продукт, який підлягає гомогенізації, повинен відповідати вимогам стандартів і технічних умов.

2) Машина повинна забезпечувати якісну гомогенізацію продукту.

3) Машина повинна працювати на режимах при температурах навколишнього середовища від плюс 10 до плюс 45°C.

4) Режим роботи - дві зміни на добу.

5) Обслуговування машини періодичне.

6) Обслуговуючий персонал - 1 робочий

7) Після транспортування і зберігання машина підлягає монтажу.

15. Вимоги до маркування та упаковки.

1) Маркування та упаковка машини повинна відповідати вимогам ГОСТ 27-00-97-91 «Машини та обладнання продовольчі. Загальні технічні умови».

2) Консервація машини повинна проводитися відповідно до вимог ГОСТ 13168 - 99.

3) Машина призначена для встановлення на полозах з частковою упаковкою.

16. Вимоги до транспортування і зберігання.

1) Транспортування машини може здійснюватися будь-яким видом транспорту у відповідності з їх правилами перевезень.

2) Спеціальні вимоги захисту від ударів при навантаженні і розвантаженні не передбачаються.

					<i>K5-0Г2А-1.25 00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3) Упаковка і консервація повинні забезпечувати збереження машини протягом 18 місяців з дня її відвантаження споживачеві.

#### 17. Стадії та етапи розробки

При розробці конструкторської документації повинні бути наступні стадії і етапи розробки відповідно до ГОСТ 2.103-98.

1) Розробка технічного завдання, його погодження та затвердження.

2) Розробка документації на дослідний зразок:

- Розробка конструкторських документів, призначених для виготовлення та випробування дослідного зразка;

- Виготовлення і заводські випробування дослідного зразка;

- Коригування конструкторських документів за результатами виготовлення і випробувань дослідного зразка;

- Міжвідомчі випробування дослідного зразка;

- Перший етап заводських випробувань проводиться на підприємстві виробнику, другий на підприємстві - споживачі.

#### 18. Порядок контролю і приймання.

1) Розробка проекту модернізації ведеться одностадійно.

2) Конструкторська документація підлягає погодженню та затвердження відповідно до ГОСТ 27.00 - 5 - 94 і ГОСТ 27.00 - 4 - 95.

3) Порядок виготовлення і проведення заводських і приймальних випробувань відповідно до ГОСТ 27 - 00 - 5 - 94, місце і час випробувань встановлюється за погодженням із замовником.

4) Виготовленню і випробуванню підлягає один дослідний зразок.

					<i>K5-0Г2А-1.25 00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						40
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

#### 4. Опис модернізованої машини

Машина призначена для гомогенізації молока, молочних продуктів, фруктових соків, кремів, мастил, палива, лаків, для приготування майонезу, йогуртів, соусів, кетчупу, гірчиці, м'ясних, фруктових, овочевих паст, пюре та концентратів, при відновленні сухого молока, т. е. для емульсій і дисперсії всіх видів. В процесі гомогенізації частки подрібнюються до одного мікрона, рівномірно розподіляючи в масі продукту. Гомогенізований продукт не розшаровується при тривалому зберіганні, придатний для транспортування, зберігаючи при цьому свої якості. Температура гомогенізоване продукту до 85°C. Гомогенізація є високоефективним механічним способом обробки продуктів і сумішей в рідинному і пасти. Інші види обробки харчових продуктів аналогічного якісного ефекту не дають.

У молочній промисловості гомогенізатор призначений для дроблення і рівномірного розподілу жирових кульок в молоці і рідких молочних продуктах, а також сумішах морозива.

Гомогенізатор являє собою багато плунжерний насос високого тиску з гомогенізуючою головкою. Привід їх здійснюється від електродвигуна за допомогою клинопасової передачі. Гомогенізація здійснюється шляхом проходження продукту під високим тиском з великою швидкістю через гомогенізуючу головку, що представляє собою два щаблі - щілини між притертими клапаном і сідлом, з'єднані між собою каналом. Тиск в гомогенізаторі регулюється обертанням гвинтів, що змінюють розмір щілини між клапаном і сідлом. При цьому на першому місці встановлюють необхідне для конкретного продукту тиск гомогенізації, на другий - робочий тиск. Всі деталі, що входять до плунжерний блок, гомогенізуючу і манометричну головки, запобіжний клапан і контактують з продуктом виготовлені з сортаментів високоякісних нержавіючих сталей, деталі огорожі виготовлені з тонколистової "білої" полірованої нержавіючої сталі.

					К5-ОГ2А-1.25 00.00.00 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основною метою модернізації є установка нової гомогенізуючої головки з метою підвищення продуктивності машини і підвищення якості готового продукту.

					<i>K5-0Г2А-1.25 00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						42
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## 5. Технічний проект

### 5.1 Технологічний розрахунок

Знаходимо найбільшу теоретичну швидкість продукту  $V$  за формулою Торічеллі:

$$V_1 = \sqrt{2g \frac{P}{\gamma}} \quad (5.1)$$

де  $P$  – тиск гомогенізації, Па;

$\gamma$  – питома вага рідини, Н/м<sup>3</sup>

$$V_1 = \sqrt{2 \cdot 9.81 \cdot \frac{12 \cdot 10^6}{10071.43}} = 153 \text{ м/с.}$$

Обчислюємо витрати гомогенізуючої головки до модернізації:

$$Q_1 = S_1 \cdot V_1 \quad (5.2)$$

де  $S_1$  – площа клапана,  $S_1 = 1,76 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$ ;

$V_1$  – найбільша теоретична швидкість продукта;

$$Q_1 = 1,76 \cdot 10^{-6} \cdot 153 = 2,7 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с} = 0,97 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Тобто продуктивність гомогенізатора близька до до продуктивності технологічної лінії.

Однак зі збільшенням жирності продукту, який підлягає гомогенізації, тиск гомогенізації необхідно зменшувати. Розрахуємо витрати гомогенізуючої головки за тиску  $P = 8 \cdot 10^6$  Па.

$$V_1 = \sqrt{2 \cdot 9.81 \cdot \frac{8 \cdot 10^6}{10071.43}} = 125 \text{ м/с}$$

$$Q_1 = 1,76 \cdot 10^{-6} \cdot 125 = 2,2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с} = 0,79 \text{ м}^3/\text{год.}$$

					К5-ОГ2А-1.25 00.00.00 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Як бачимо продуктивність значно знизилася і не відповідає продуктивності технологічної лінії.

У зв'язку з використанням принципово нової гомогенізуючої головки площа клапана збільшилась до  $S_l = 2,2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$ .

Знаходимо витрату нової гомогенізуючої головки:

$$Q_2 = (2,2 \cdot 10^{-6}) \cdot 125 = 2,75 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с} = 0,99 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Отже при використанні модернізованої головки навіть при зменшенні тиску до  $P = 8 \cdot 10^6 \text{ Па}$  продуктивність гомогенізатора буде відповідати продуктивності лінії. А за тиску гомогенізації  $P = 10 \cdot 10^6 \text{ Па}$  найбільша теоретична швидкість продукту складе

$$V_1 = \sqrt{2 \cdot 9.81 \cdot \frac{10 \cdot 10^6}{10071.43}} = 139,6 \text{ м/с}$$

При цьому витрати гомогенізуючої головки складуть

$$Q_2 = (2,2 \cdot 10^{-6}) \cdot 139,6 = 3,07 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с} = 1,1 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Отже гомогенізатор буде працювати з невеличким недовантаженням.

Продуктивність гомогенізатора визначається за формулою:

$$M = 0,125 D^2 S \omega Z \varphi, \text{ м}^3/\text{с};$$

де  $D$  – діаметр плунжера, м. Згідно технічній характеристиці  $D = 26 \text{ мм}$ , дорівнює  $0,026 \text{ м}$ ;

$S$  – хід плунжера, м. Згідно технічній характеристиці  $S = 4,5 \text{ см}$ , дорівнює  $0,045 \text{ м}$ ;

$Z$  – число плунжерів, шт. Згідно технічній характеристиці  $Z = 3 \text{ шт}$ ;

					К5-ОГ2А-1.25 00.00.00 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\varphi$  – коефіцієнт заповнення робочого об'єму, для молока, згідно літературних джерел приймаємо  $\varphi = 0,9$ ;

$\omega$  - кутова швидкість колінчастого валу, рад/с.

З формули продуктивності визначаємо кутову швидкість колінчастого валу:

$$\omega = \frac{M}{0,125D^2SZ\varphi} = \frac{0.000307}{0.125 \cdot 0.026^2 \cdot 0.045 \cdot 3 \cdot 0.9} = 30 \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$$

З іншої сторони кутова швидкість визначається за формулою:

$$\omega = \frac{2\pi n}{60};$$

де  $n$  – частота обертів колінчастого валу;

Знаючи кутову швидкість колінчастого валу визначаємо його частоту обертів з останньої формули:

$$n = \frac{60 \cdot \omega}{2\pi} = \frac{60 \cdot 30}{2 \cdot 3,14} = 287 \frac{\text{об}}{\text{хв}}.$$

Для кінематичного розрахунку приймаємо  $n = 290$  об/хв.

					<i>K5-0Г2А-1.25 00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5.2. Кінематичний розрахунок

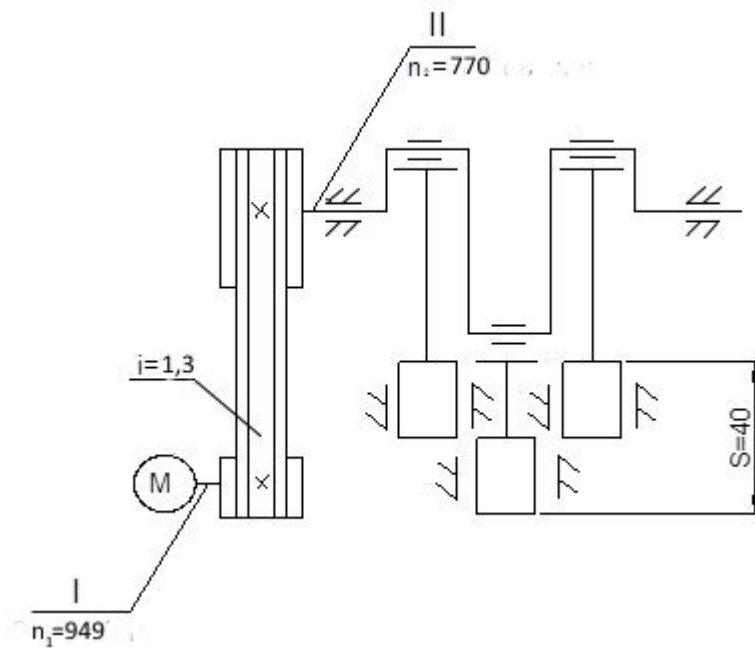


Рис. 5.1. Кінематична схема приводу гомогенізатора.

Приймаємо двигун з числом обертів 1000 об/хв. Передавальне число приводу колінчастого вала визначається за формулою:

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{1000}{290} = 3,4;$$

де:  $n_1$  - кількість обертів двигуна,  $n_1 = 1000 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$ ;

$n_2$  – частота обертання колінчастого вала (беремо з технологічного розрахунку).

Знаходимо кутові швидкості:

$$\omega_1 = \frac{\pi \cdot n_1}{30} = \frac{3.14 \cdot 1000}{30} = 104.7 \frac{\text{рад}}{\text{с}} \quad (5.3)$$

$$\omega_2 = \frac{\pi \cdot n_2}{30} = \frac{3.14 \cdot 290}{30} = 30.4 \text{ рад/с}$$

					K5-0Г2А-1.25 00.00.00 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 5.3. Силовий розрахунок

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

$$N = \frac{\Delta t \cdot V_{\text{сек}} \cdot \rho \cdot c}{\eta}, \quad (5.4)$$

де  $V$ - об'ємна продуктивність гомогенізатора,  $\text{м}^3/\text{с}$  ;

$\rho$  – щільність продукту,  $\rho = 1027 \text{ кг}/\text{м}^3$  ;

$c$  – масова теплоємність продукту,  $c = 3500 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ ;

$\Delta t$ - підвищення температури продукту в процесі гомогенізації;

$$\Delta t = \frac{P}{c \cdot \rho} = \frac{10 \cdot 10^6}{3500 \cdot 1027} = 2.8 \text{ }^\circ\text{K}. \quad (5.5)$$

Звідси

$$N = \frac{2.8 \cdot 0.000307 \cdot 3500 \cdot 1027}{0.75} = 4094 \text{ Вт} = 4,1 \text{ кВт}$$

Вибираємо двигун потужністю 10 кВт марки 4A160M6У3.

Розрахуємо потужність двигуна подачу масла в гідравлічну головку:

$$N = \frac{Q \cdot P}{\eta} = \frac{0.0000533 \cdot 20 \cdot 10^6}{0.75} = 1.4 \text{ кВт} \quad (5.6)$$

Вибираємо двигун потужністю 1,5 кВт марки 4A80A2У3.[3]

					<i>K5-0Г2А-1.25 00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

#### 5.4. Розрахунок на міцність

Обертальний момент на валу ведучого шківa визначаємо за формулою [5]:

$$T_1 = \frac{N}{\omega_1} = \frac{30N}{\pi \cdot n_1}, \quad (5.7)$$

де:  $N$  – потужність двигуна;

$$n_1 = 1000 - (1 - 0,051) = 949 \text{ об/хв},$$

$$T_1 = \frac{30 \cdot 15000}{3.14 \cdot 949} = 151 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Діаметр ведучого шківa (мм) обчислюємо з емпіричної залежності:

$$d_1 \approx 3 \div 4 \sqrt[3]{T_1} = 3 \div 4 \sqrt[3]{151000} = 160 \text{ мм} \quad (5.8)$$

За знайденим значенням підбираємо діаметр шківa зі стандартного ряду по ГОСТ 17383-93  $d_1 = 160 \text{ мм}$ .

Визначаємо діаметр веденого шківa з урахуванням відносного ковзання пасу  $\varepsilon$  :

$$d_2 = d_1 \cdot i(1 - \varepsilon) = 160 \cdot 2.9(1 - 0.01) = 460 \text{ мм} \quad (5.9)$$

За знайденим значенням підбираємо діаметр шківa зі стандартного ряду по ГОСТ 17383-93  $d_2 = 500 \text{ мм}$ .

Міжосьову відстань передачі знаходимо за формулою:

$$a = 0.55(d_1 + d_2) + 19 = 0.55(500 + 160) + 19 = 382 \text{ мм} \quad (5.10)$$

Знаходимо довжину пасу:

$$L = 2a + w + \frac{y}{4a} \quad (5.11)$$

де  $a$  – міжосьова відстань;  $a = 830 \text{ мм}$ ;

$$w = 0.5\pi(d_1 + d_2) = 0.5\pi(500 + 160) = 1036 \quad (5.12)$$

					К5-ОГ2А-1.25 00.00.00 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$y = (d_1 - d_2)^2 = (500 - 160)^2 = 115600 \quad (5.13)$$

$$L = 2 \cdot 382 + 1036 + \frac{115600}{4 \cdot 382} = 1876 \text{ мм.}$$

Приймаємо стандартну довжину пасу  $L_p = 2000 \text{ мм.}$

Уточнюємо міжосьову відстань:

$$a = 0.25 \left[ (L_p - w) + \sqrt{(L_p - w)^2 + 2y} \right] \quad (5.14)$$

$$a = 0.25 \left[ [2000 - 1036] + \sqrt{(2000 - 1036)^2 - 2 \cdot 115600} \right] \approx 450 \text{ мм.}$$

Кут охоплення.

Знаходимо кут охоплення малого шківка:

$$\alpha_1^\circ = 180 - 57 \frac{d_2 - d_1}{450} = 180 - 57 \frac{500 - 160}{450} = 137^\circ \quad (5.15)$$

Необхідна для передачі заданої потужності  $P$  число ременів:

$$z = \frac{N \cdot C_p}{N_0 \cdot C_L \cdot C_\alpha \cdot C_z}; \quad (5.16)$$

де  $N_0$  – потужність, що передається одним ременем;  $N_0 = 2.15 \text{ кВт}$ ;

$C_\alpha$  – коефіцієнт кута обхвату; при  $\alpha = 137^\circ$ ;  $C_\alpha = 0.85$ ;

$C_z$  – коефіцієнт числа ременів;  $C_z = 0.85$ ;

$C_L$  – коефіцієнт довжини ременя;  $C_L = 1.08$ ;

$C_p$  – коефіцієнт нагривки;  $C_p = 1.3$ ;

$$z = \frac{15 \cdot 10^3 \cdot 1.3}{2.15 \cdot 10^3 \cdot 0.85 \cdot 1.08 \cdot 0.85} \approx 6.8.$$

Приймаємо число пасів 7.

Попередній натяг гілок клинового пасу:

$$F_0 = \frac{850 \cdot N \cdot C_p \cdot C_L}{z \cdot V \cdot C_\alpha} + \theta \cdot V^2 \quad (5.17)$$

Визначаємо швидкість пасу:

					<i>K5-0Г2А-1.25 00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V = \frac{\pi d_1 n_1}{60} = \frac{3.14 \cdot 0.16 \cdot 949}{60} = 7.9 \text{ м/с} \quad (5.18)$$

$\theta = 0.06$  при перерізі 0, тоді

$$F_0 = \frac{850 \cdot 15 \cdot 10^3 \cdot 1.3 \cdot 1.08}{7 \cdot 7.9 \cdot 0.85} + 0.06 \cdot 7.9^2 \approx 443 \text{ Н}$$

Сила, що діє на вали:

$$F_B = 2 \cdot F_0 \cdot z \cdot \sin \frac{\alpha_1}{2}, \quad (5.19)$$

$$F_B = 2 \cdot 443 \cdot 7 \cdot \sin \frac{137}{2} \approx 5770 \text{ Н}$$

Робочий ресурс пасів:

$$H_0 = N_{0u} \cdot \frac{L_p}{60 \cdot \pi \cdot d_1 \cdot n_1} \left( \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_{\max}} \right)^8 \cdot C_i \cdot C_H; \quad (5.20)$$

$$C_i \approx 1.5 \sqrt[3]{2.9} = 2.14, \quad (5.21)$$

де:  $C_H = 1$ ;

$\sigma_{-1} = 7 \text{ МПа}$

$\sigma_{\max} = \sigma_1 + \sigma_n + \sigma_v$ ;

де  $\sigma_1$  - напруження від розтягування

$$\sigma_1 = \frac{F_1}{W \cdot T_0} = \frac{5770}{19 \cdot 32} \approx 9.4 \text{ МПа}. \quad (5.22)$$

Напруження від вигину:

$$\sigma_n = E_n \cdot \frac{T_0}{d_1}; \quad (5.23)$$

де  $E_n = 100 \text{ МПа}$ ;

					К5-ОГ2А-1.25 00.00.00 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sigma_n = 100 \cdot \frac{19}{160} \approx 11.8 \text{ МПа.}$$

Напруження від відцентрової сили:

$$\sigma_V = \rho \cdot V^2 \cdot 10^6; \quad (5.24)$$

де  $\rho = 1100 \text{ кг/м}^3$  – щільність пасу;

$$\sigma_V = 1100 \cdot 7.9^2 \cdot 10^{-6} \approx 0.07 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{max} = 9.4 + 11.8 + 0.07 = 21.27 \text{ МПа.}$$

Тоді:

$$H_o = 4.6 \cdot 10^6 \cdot \frac{2000}{60 \cdot 3.14 \cdot 0.16 \cdot 950} \cdot \left(\frac{7}{21.27}\right)^8 \approx 4497 \text{ год.}$$

					<i>K5-0Г2А-1.25 00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА

Гомогенізатор з усіх боків укладений в кожух, що повністю виключає виробничий травматизм при його експлуатації. Машина забезпечена системою автоматичного відключення при зміні будь-якого технологічного параметра. Перед пуском гомогенізатора слід перевірити наявність і рівень масла в масляній ванні, справність манометра. Потім пускають воду на охолодження плунжерів. Тиск у нагнітальній камері гомогенізатора не повинен перевищувати межу, встановлену паспортом (червона риска на манометрі вказує гранично допустимий робочий тиск). Гомогенізатор зупиняють, якщо стрілка манометра робить різкі скачки або показує тиск вище допустимого рівня. До повної зупинки гомогенізатора забороняється розкривати головку, ущільнювати сальники плунжерів і виконувати будь-який ремонт машини або комунікацій.

При технічному обслуговуванні та ремонті слід користуватися спеціальним інструментом і пристосуваннями. Забороняється використання випадкових підручних засобів.

З електробезпеки гомогенізатор повністю відповідає вимогам ГОСТ 12.2.007-95. Захисний кожух машини повністю виключає поразку людини електричним струмом. При переході на металеві частини гомогенізатора передбачено занулення і автоматичне відключення машини.

Наш час характеризується тим, що практично кожна людина пов'язаний з використанням електричної енергії. Крім цього небезпека ураження електричним струмом серед інших небезпек відрізняється тим, що людина не може виявити напругу на відстані без спеціальних приладів. Вона виявляється тільки тоді, коли людина торкається струмоведучих частин. Тому велике значення набувають питання захисту обслуговуючого персоналу від ураження електричним

					<i>K5-0Г2A-1.25 00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

струмом. Для забезпечення електробезпеки на підприємствах м'ясної і молочної промисловості використовують такі технічні засоби і способи захисту:

- Захисне заземлення;
- Занулення;
- Застосування малих напруг;
- Контроль ізоляції обмоток;
- засоби індивідуального захисту;
- Запобіжні пристосування.

Гомогенізатор є відносно нешкідливою з точки зору охорони праці, машиною. У ньому не використовується такі потенційні небезпечні речовини, як газ, пара і т.д., не відбувається викиду в атмосферу будь-яких шкідливих речовин.

Можливість аварії при порушенні правил пуску обладнання. При пуску холодного обладнання клапан гомогенізації повинен бути відкритий і тиск гомогенізації має дорівнювати 0. В іншому випадку при пуску рідини в гомогенізатор можливе виникнення гідравлічного удару, в цьому випадку можуть бути зруйновані нагнітальні клапани гомогенізатора.

Плунжерний насос повинен мати запобіжний клапан, розрахований на максимальний тиск і манометр, реєструючий тиск гомогенізації. Крім того, проєктований гомогенізатор управляється дистанційно, в ньому передбачено ряд автоматичних блокувань у разі порушення будь-якого технологічного параметра (тиск продукту, тиск масла, зміна сили струму в мережі живлення). Інтерес представляє лише шум, створюваний в результаті тертя частин машини і рухомої рідини.

					К5-ОГ2А-1.25 00.00.00 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 6.1 Виробнича санітарія

Виробнича санітарія включає в себе: оздоровлення повітряного середовища і нормалізацію параметрів мікроклімату робочої зони, захист працюючих від шуму, вібрації, забезпечення необхідних нормативів природного та штучного освітлення, підтримка відповідно до санітарних вимог території підприємства, основних виробничих і допоміжних приміщень.

## 6.2 Шум

Шум не повинен перевищувати гранично-допустимі значення рівня звукового шуму. Що наведені в таблиці 6.1

Таблиця 6.1 - Гранично-допустимі значення рівня звукового шуму

Середньгеометричні частоти, Гц.	3	25	50	00	000	000	000	000
Рівень звукового тиску, L, Дб.	1	1	4	7	2	4	6	0
Допустимі рівні звукового тиску, Дб. ГОСТ 12.1.003-83"ССБТ"	9	2	6	3	0	8	6	4

Електродвигуни, гомогенізатори і пускова апаратура повинні бути ретельно заземлені; необхідно систематично перевіряти стан заземлюючих пристроїв. Під час експлуатації у приводів повинні бути захисні кожухи. Забороняється проводити ремонт, змащення, чищення і миття на ходу машини.

Справність запобіжного клапана та його регулювання на максимально допустимий робочий тиск треба обов'язково перевіряти кожен раз перед ро-

ботою. Робочий тиск в нагнітальній камері регулюють штурвалом гомогенізуючої головки. Він не повинно перевищувати паспортного значення.

Біля пускової кнопки електродвигуна приводу гомогенізатора обов'язково повинна бути вивішена табличка з написом "Перед вмиканням електродвигуна пусти воду на охолодження плунжерів". Зупиняти машину тільки після повного розтискання пружини гомогенізуючої головки. При недотриманні цієї вимоги діафрагми манометрів виходять з ладу. Після роботи блок циліндра промивають на ходу машини, пропускаючи через нього спочатку теплу, потім гарячу воду до тих пір, поки вода не буде виходити чистою. Потім розбирають гомогенізуючу частину і добре промивають в гарячій воді, сушать і збирають блок.

### **6.3 Охорона навколишнього середовища**

Навколишнє середовище є невід'ємною складовою частиною життєдіяльності людини, як з точки зору прогресу, так і шкідливих його наслідків. Несприятлива зміна таких дефіцитних ресурсів планети, як повітря, вода, родючі ґрунти, природні джерела харчування досягли загрозового рівня.

Державна охорона санітарного нагляду та охорони природного середовища повинні здійснювати постійний контроль за дотриманням діючих гранично допустимих концентрацій шкідливих викидів з боку підприємства.

Виробництво молочної промисловості може мати різноманітні джерела забруднення атмосфери: викиду систем вентиляції, газоподібні викиди від технологічного обладнання, викиди автотранспорту та інше. Основними джерелами забруднення є: виробництво сухого молока і молочних продуктів (сушильні установки, вогневі калорифери); жерстяно-баночний цех (лудіння, тралення, пайка); виробництво казеїну (дробарки, казеїносушилки); відділення миття тари і устаткування; виробництво морозива (піч для випічки вафель); сироробний цех (парафінери, каганці ковбасного сиру) та інші.

					<i>K5-0Г2А-1.25 00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Викиди в атмосферу підприємством молочної промисловості можна розділити на наступні групи:

- Викиди, які утворюються при виробництві енергії і в результаті використання транспортних засобів;
- Викиди, супутні основним технологічним процесам;
- Викиди допоміжних цехів і виробництв.

На підприємстві джерелами викидів є сироробний цех (парафінування сиру), а також транспортні засоби (транспортують сировину і готову продукцію) і власна котельня.

Для зменшення загазованості повітря площі вільні від будівель упорядковані і озеленені, причому породи дерев обрані хвойні, які мають яскраво виражену здатність до газопоглинання і пило затримання. Крім поглинання шкідливих газів і парів зелені насадження знижують рівень шуму, а також насичують повітря киснем. Для функціонування котельні вибрано найбільш екологічно чисте паливо - газ. При спалюванні цього палива до складу викидів входять тільки окис вуглецю та окису азоту, тоді як при використанні твердого палива і мазуту у викидах присутні також тверді частинки (зола, сажа) та сірчистий ангідрид.

Підприємства молочної промисловості витрачають чисту воду, яка в процесі її використання забруднюється різними домішками, у тому числі і органічними. Органічні речовини є гарним живильним середовищем для різного роду бактерій. Тому для підтримки доброго санітарного стану приміщень і територій підприємство відходи і стічні води негайно видаляються з підприємства, та через систему каналізації за межі населеного пункту. Залежно від походження, виду і якісної характеристики стічні води підприємств молочної промисловості можна підрозділити на виробничі (промислові), господарсько-фекальні і зливові (атмосферні) стічні води. За ступенем забруднення стічні води поділяють на забруднені та умовно-чисті. Води утворюються в

					<i>K5-0Г2A-1.25 00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

результаті виробничих операцій і забруднені зазвичай складовими молока (молочний жир, білок).

На підприємстві при митті обладнання та виробничих приміщень використовуються миючі засоби, які частково розчиняють ці речовини. Стічні води підприємства надходять у міську каналізацію і тільки після попереднього очищення (механічного, біологічного), потрапляють у водойми. Якість і безпека харчової продукції та здатність її задовольняти фізіологічні потреби людини визначаються відповідністю її гігієнічним нормативам, встановленим санітарними правилами і нормами. Вимоги, якими повинна відповідати продукція:

органолептичні властивості харчової продукції, встановлюються у нормативній і технічній документації на її виробництво. Безпека продовольчої сировини і харчових продуктів в епідемічному й радіаційному відношенні, а також за вмістом хімічних забруднювачів визначається їх відповідністю гігієнічним нормативам.

Гігієнічні нормативи включають потенційно небезпечні хімічні сполуки і біологічні об'єкти, присутність яких в харчовій продукції не повинно перевищувати допустимий рівнів їх вмісту в заданій масі (обсяг) досліджуваної продукції. У продовольчій сировині і харчових продуктах регламентується вміст основних хімічних забруднювачів, небезпечних для здоров'я людини. Гігієнічні вимоги до допустимого рівня вмісту токсичних елементів пред'являються до всіх видів продовольчої сировини і харчових продуктів.

У всіх видах продовольчої сировини і харчових продуктах нормується, як глобальні забруднювачі, пестициди - генсахлорціклоіогексан ( $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - ізомери) і ДДТ і його метаболіти. У продуктах тваринного походження нормалізуються залишкові кількості антибіотиків, застосовуваних у тваринництві для цілей відгодівлі, лікування та профілактики захворювань худоби. У молоці і молочних продуктах контролюються як допущені до застосування в сільському

					<i>K5-0Г2А-1.25 00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

господарстві кормові антибіотики - пеніцилін, стрептоцин, антибіотики тетрациклінової групи, левомицитин.

З метою обмеження внутрішнього опромінення встановлені гігієнічні нормативи вмісту радіонуклідів. Радіаційна безпека харчової продукції визначається її відповідністю допустимим рівнем питомої активності радіонуклідів цезій - 737 і стронцій - 90. Існують гігієнічні норми якості і безпеки, яким повинні відповідати всі харчові продукти і продовольча сировина. За цими показниками щомісяця випробування продукції проводять співробітники лабораторії Обласної СЕС. Санітарно-гігієнічній оцінці підлягають харчові продукти і продовольча сировина тваринного походження після ветеринарно-санітарної експертизи, проведеної державною ветеринарною службою відповідно до діючих ветеринарно-санітарних правилами і при обов'язковій наявності документів, виданих органами Держветслужби.

					<i>K5-0Г2A-1.25 00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						58
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## ЛІТЕРАТУРА

1. Єресько, Г.О. Технологічне обладнання молочних виробництв / Г.О. Єресько, М.М. Шинкарик, В.Я. Ворошук. – К.:“ІНКОС” Центр навчальної літератури, 2007. – 337 с/

2. Галат, Б.Ф. Справочник по технологии молока / Б.Ф. Галат, Н.И. Машкин, Л.Г. Козага. – 2-е изд., перераб. и доп. – К.: Урожай, 1990. – 192 с.

					К5-ОГ2А-1.25 00.00.00 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		