

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
другого (магістерського) рівня вищої освіти

на тему:

**“Дослідження роботи гомогенізатора для виробництва
молочних продуктів”**

Виконав: студент VI курсу, групи Маш-61

Спеціальності 133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва)

Роман ГОЛУБЕЦЬ

(Ім'я та прізвище)

Керівник: к.т.н. доцент Руслан ГУМЕНЮК

(Ім'я та прізвище)

Дубляни 2024

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ**

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедри _____
(підпис)

д.т.н., професор Власовець В.М.
“12” вересня 2024 р.

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу студенту
Голубцю Роману Андрійовичу

1. Тема роботи: **«Дослідження роботи гомогенізатора для виробництва молочних продуктів»**

Керівник роботи: Гуменюк Руслан Васильович, к.т.н., доцент

Затверджена наказом по університету від 12.09.2024 року № 616/к-с

2. Строк здачі студентом закінченої роботи 06.12.2024 року

3. Вихідні дані: Літературні джерела за тематикою кваліфікаційної роботи відомих технологічних процесів виробництва та розрахунків технологічного обладнання; Матеріали навчальної, методичної довідкової та наукової літератури; Методики визначення економічної ефективності впровадження нового технологічного рішення.

4. Перелік питань, які необхідно розробити:

1. Стан питання, літературно-патентний пошук;

2. Теоретичні дослідження, розвиток теорії і практики з даного питання;

3. Програма і методика досліджень;

4. Результати досліджень та їх аналіз;

5. Охорона праці і безпека в надзвичайних ситуаціях;

6. Економічна ефективність результатів роботи;

Висновки і пропозиції;

Бібліографічний список

5. Перелік ілюстративного матеріалу:

Ілюстративний матеріал представити у вигляді презентації у застосунку Microsoft PowerPoint: мета та завдання роботи; класифікація гомогенізаторів клапанного типу; огляд конструкцій гомогенізаторів; сучасні гомогенізуючі головки; схема двоступінчатої гомогенізуючої головки; гомогенізатор А1-ОГМ-5; модернізована гомогенізуюча головка; мікрофотографії молока; залежність продуктивності гомогенізатора від кількості циклів та діаметра плунжера; залежність продуктивності гомогенізатора від кількості плунжерів та діаметра плунжера; залежність середнього діаметра жирових кульок від робочого тиску та кількості ступенів гомогенізації; економічна ефективність запропонованого технологічного рішення виробництва молочних продуктів; висновки та пропозиції.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
1,2,3, 4,6	Гуменюк Р.В., к.т.н., доц. кафедри машинобудування			
5	Городецький І.М., к.т.н., доцент кафедри фізики, інженерної механіки та безпеки виробництва			

7. Дата видачі завдання: 12.09.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1.	<i>Виконання розділу: «Стан питання, літературно-патентний пошук»</i>	12.09.24- 23.09.24	
2.	<i>Виконання другого розділу: «Теоретичні дослідження, розвиток теорії і практики»</i>	24.09.24- 03.10.24	
3.	<i>Виконання розділу: «Програма і методика досліджень»</i>	04.10.24 14.10.24	
4.	<i>Виконання розділу: «Результати досліджень та їх аналіз»</i>	15.10.24- 05.11.24	
5.	<i>Виконання розділу: «Охорона праці і безпека в надзвичайних ситуаціях»</i>	06.11.24- 18.11.24	
6.	<i>Виконання розділу: «Економічна ефективність результатів роботи»</i>	19.11.24- 27.11.24	
7.	<i>Завершення оформлення розрахунково- пояснювальної записки. Завершення роботи в цілому</i>	28.11.24- 06.12.24	

Студент _____ Роман ГОЛУБЕЦЬ
(підпис)

Керівник роботи _____ Руслан ГУМЕНЮК
(підпис)

УДК 629.979:664.69

Дослідження роботи гомогенізатора для виробництва молочних продуктів. Голубець Р.А. Кваліфікаційна робота. Кафедра машинобудування. – Дубляни, Львівський НУП, 2024р.

89 с. текст. част., 26 рис., 6 табл., 26 джерел інформації.

Розглянуто класифікацію, патентний і літературний огляд конструктивних елементів гомогенізатора молочних продуктів. На основі аналізу конструкцій визначені задачі дослідження.

Розглянуто технологічні особливості виробництва молочних продуктів. Проведено аналіз технологічних і конструктивних розрахунків технологічної лінії виробництва молочних продуктів в цілому та її складових елементів.

Здійснено технологічні і конструктивні розрахунки елементів технологічної лінії виробництва молочних продуктів, змодельовано їх взаємозалежність та обґрунтовано оптимальні конструктивні параметри.

Проведено аналіз виробничих небезпек при експлуатації обладнання у переробному цеху, розроблено логіко-імітаційну модель виникнення травматизму.

На основі проведених досліджень пораховано техніко-економічну ефективність запропонованого технічного рішення, в результаті якої виявлено, що запропонована технологічна лінія виробництва молочних продуктів характеризується найкращими показниками.

Зміст

	Стор.
ВСТУП	
1 СТАН ПИТАННЯ. ЛІТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНИЙ ПОШУК.....	9
1.1 Техніко-економічне обґрунтування асортименту продукції....	9
1.2 Огляд технології переробки молока на молочні продукти.....	10
1.3 Технологія виробництва молочних продуктів	13
1.3.1. Технологія виробництва молочних напоїв	13
1.3.2. Технологічний процес виробництва сметани.....	15
1.3.3. Технологічний процес виробництва сирів.....	17
1.4 Огляд конструкцій існуючих машин.....	18
1.5. Обґрунтування вибору типу гомогенізуючої головки.....	25
2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ, РОЗВИТОК ТЕОРІЇ І ПРАКТИКИ 3 ДАНОГО ПИТАННЯ.....	28
2.1. Технологічний розрахунок процесу виробництва молочних продуктів.....	28
2.1.1 Технологічний розрахунок сепарування молока.....	28
2.1.2. Продуктовий розрахунок виготовлення молочних напоїв....	30
2.2 Конструктивний розрахунок гомогенізатора.....	32
3 ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ.....	39
3.1 Програма дослідження.....	39
3.2 Методика розрахунку гомогенізатора.....	40
3.2.1. Технологічний розрахунок гомогенізатора.....	40
3.2.2. Розрахунок клапана гомогенізатора.....	42
3.2.3 Розрахунок приводу гомогенізатора.....	43
3.2.4 Кінематичний розрахунок приводу.....	43
3.2.5 Розрахунок клинопасової передачі.....	44
3.2.6 Розрахунок шпонки.....	48
4 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ АНАЛІЗ.....	49
4.1. Обґрунтування основних параметрів технологічного процесу.	49

4.2 Обґрунтування основних параметрів гомогенізаторів	51
4.3. Модернізація гомогенізуючої головки гомогенізатора клапанного типу.....	56
4.4 Моделювання, розрахунок конструктивних параметрів елементів гомогенізатора та дослідження роботи технологічної лінії виробництва молочних продуктів.....	60
4.4.1. Моделювання параметрів елементів гомогенізатора.....	60
4.4.2. Розробка універсальної технології виробництва молочних продуктів.....	62
4.4.3. Графік завантаження устаткування.....	64
4.4.4. Графік енергоспоживання.....	64
4.4.5 Графік водоспоживання.....	65
4.4.6 Оцінка надійності роботи устаткування.....	66
5 ОХОРОНА ПРАЦІ І БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	69
5.1 Аналіз виробничих небезпек під час виготовлення молочних продуктів.....	69
5.2 Моделювання процесу виникнення травм та аварій.....	74
5.3 Розробка логічно-імітаційної моделі процесу виникнення травм під час виготовлення молочних продуктів.....	76
6. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ.....	81
6.1 Визначення обсягу та структури витрат на виробництво продукції.....	81
6.2. Визначення рентабельності підприємства, цеху та строк окупності додаткових капіталовкладень.....	84
ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ.....	86
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК.....	88

ВСТУП

Переробна і харчова промисловості України - одні із провідних галузей народногосподарського комплексу. За обсягом валової продукції вони посідає друге місце після машинобудування і металообробки, третє за кількістю працівників, п'яте - за вартістю основних виробничих фондів. Переробна і харчова промисловості об'єднують 22 спеціалізовані галузі, що включають понад 40 основних виробництв. В цілому в Україні вони виробляє на даний час більше 10 тис. найменувань продукції.

Особливістю переробної промисловості є високий рівень матеріалоемності виробництва. Так, в структурі собівартості харчових продуктів, витрати на сировину і матеріали складають 85-90 %.

У процесі розвитку найбільший економічний ефект дають ті рішення, які направлені на раціональне використання сировини і матеріалів, впровадження матеріалозберігаючої техніки та технології. Головним чинником інтенсифікації народного господарства на сьогодні є кардинальне прискорення науково-технічного прогресу, широке впровадження техніки нових поколінь і нових технологій, що забезпечують високу продуктивність і ефективність виробництва. У перспективі ставиться завдання, яке передбачає забезпечення глибокої технічної реконструкції народного господарства на основі сучасних досягнень науки і техніки.

З урахуванням поставлених завдань виробничо-технічна база переробної промисловості вимагає не тільки розширення, але й корінної реконструкції. Більша частина діючого тепер обладнання представлена застарілими машинами та апаратами, що не відповідають сучасним вимогам. Низький рівень механізації і автоматизації призводить до зниження продуктивності праці. За цим показником вітчизняна переробна промисловість значно відстає від економічно розвинутих країн світу.

Основою технічного переобладнання переробної і харчової промисловостей є наявність в країні розвинутого харчового

машинобудування. Завданнями особливої ваги є серійне виготовлення техніки нових поколінь, здатної дати багаторазове підвищення продуктивності праці, відкрити шлях до автоматизації всіх стадій технологічних процесів.

Головним орієнтиром в роботі переробної галузі є перехід від пропозиції виробництва окремих машин до розробки і випуску комплектів машин, агрегатів і поточкових ліній, які комплексно вирішують питання використання сільськогосподарської сировини, скорочення втрат при її переробці, зберіганні та доставці продукції до споживача

Реальним чинником науково-технічного прогресу в переробній промисловості стало міжнародне спілкування. Україна отримує із закордонних країн біля 90 найменувань обладнання для продовольчих галузей промисловості. У свою чергу вона експортує більше 50 видів обладнання. Це позитивно впливає на задоволення зростаючих вимог народного господарства і підвищення технічного рівня обладнання.

Мета роботи.

Дослідження і проектування сучасних засобів виробництва молочних продуктів і на основі цього виявлення можливості знаходження додаткових ресурсів щодо підвищення ефективності функціонування технологічного обладнання.

Завдання роботи:

1. Огляд та аналіз сучасних засобів виробництва молочних продуктів;
2. Проведення теоретичного аналізу процесу виробництва молочних продуктів на обладнанні з різним принципом дії;
3. На основі аналізу існуючих конструктивних рішень дослідження раціональних геометричних параметрів гомогенізатора;
4. Розробка технологічної лінії виробництва молочних продуктів;
5. Зробити розрахунок очікуваного економічного ефекту.

1. СТАН ПИТАННЯ, ЛІТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНИЙ ПОШУК

1.1 Техніко-економічне обґрунтування асортименту продукції.

Молочні продукти відіграють значну роль у споживанні людини. Вони забезпечують організм білками, жирами, вуглеводами, мінеральними речовинами і вітамінами в сприятливому співвідношенні і легкозасвоюваній формі.

Молоко вважається одним з найбільш поживних продуктів. У ньому містяться всі поживні компоненти, необхідні для життєдіяльності людини.

Харчова і біологічна цінність молока пояснюється наявністю в ньому жирів та інших жирових речовин, білків, молочного цукру, мінеральних речовин, пігментів, вітамінів, ферментів, імунних тіл, гормонів та інших фізіологічно активних речовин.

Відзначено харчову та біологічну цінність молока. Білки є найважливішою складовою біології.

Біологічна цінність молока збільшується наявністю більшості відомого комплексу вітамінів, необхідних для організму людини, вміст яких змінюється в раціоні кормів тварин, як правило, зростаючи влітку, коли худобу випасають на зелених пасовищах.

1 л молока відповідає добовій потребі дорослої людини в тваринному жирі, кальції і фосфорі; на 53,7% - у тваринному білку; на 35,9% - біологічно активні незамінні жирні кислоти і вітаміни А, С, тіамін. На 12,6% - у фосфоліпідах і на 26,0% - в енергії. Розрахункова енергоємність молока 2720·103 Дж.

Наявність усіх компонентів у корисному поєднанні та легкозасвоюваній формі молока робить його винятковим продуктом, незамінним та поживним, особливо при захворюваннях серця, судин, печінки, нирок, цукровому діабеті, ожирінні, гострих гастритах. Важливо

споживати його щодня як частину здорової дієти, щоб зберегти свій голос і збільшити тривалість життя.

Молоко має вирішальне значення для харчування дітей, особливо протягом перших кількох місяців їхнього життя. Білок в мембрані жирових кульок містить велику кількість фосфоліпідів, аргініну і треоніну - амінокислот, які беруть участь у нормальному розвитку і зростанні організму. Молоко є основним джерелом легкозасвоюваного фосфору та кальцію, який використовується для побудови кісток.

Нормальна добова норма споживання молока дорослою людиною становить 0,5 л, дитиною – 1 л.

Сметана користується популярністю у населення. Його використовують для приготування різноманітних страв, приправ, а також безпосередньо споживають.

Сир був документально відомий людству протягом тривалого часу. Це продукт, який містить багато енергії та має значну біологічну цінність, він містить незамінні амінокислоти, а також прості сполуки білкового та небілкового азоту, ці речовини легше та швидше засвоюються, ніж білки молока. Крім того, сири мають комплекс жирів, який розподіляється в широкому діапазоні відсотків, від 5-10% до 60% у сухій масі, і водорозчинних вітамінів, а також численні мікроелементи.

1.2 Огляд технології переробки молока на молочні продукти

До кисломолочних напоїв належать сметана, кефір, кумис, кисломолочні напої з солодовим екстрактом. Всі різновиди кисломолочних продуктів створюються шляхом сквашування попередньо підготовлених матеріалів специфічними чистими культурами дріжджів. Отриману сировину охолоджують, а для деяких сортів дозрівають.

Різноманітність напоїв з бродінням в нашій країні наведено в таблиці.1.1

Таблиця 1.1 -Асортимент кисломолочних напоїв, які виробляються у
нашій країні

Продукт	Вмістимість,%			Кислотність, °Т
	жиру	сомо	сахарози	
Ацидофілін жирний без цукру	3,2	6,1	-	75 - 120
солодкий Йогурт	3,2	8,1	7	75 - 120
жирний без цукру Йогурт жирний	3,2	10	-	80 - 140
солодкий	3,2	10	5	80 - 140
Йогурт жирний плодово-ягідний	3,2	11	5	80 - 140
Ряжанка українська солodka	6	10	5	80 - 100
Ряжанка українська без цукру	6	10	-	80 - 100
Кефір жирний	3,2	8,0	-	85 – 120
Кефір нежирний	-	8,1	-	85 - 120
Кефір жирний з вітаміном С	3,2	8,0	-	85 – 120
Напій «Сніжок» солodкий	3,4	8,0	7	80 - 110
Напій «Аерін» без цукру	3,2	8,0	-	160 - 200
Кисломолочний напій »Юність»	8	23	9	100
Простокваша звичайна	3,2	8,1	-	80 - 110

У портфолію входить сухе молоко, а також незбиране і знежирене.
Крім того, в портфолію входять казеїнат натрію, сухе молоко та інші молочні

компоненти, а також солодовий екстракт, цукор, фруктово-ягідні сиропи, джеми, кориця. Їх використовують для створення напоїв на ряжанці.

У залежності від фізико-хімічних показників, видів мікроорганізмів, що входять до складу закваски, і способів виробництва всі кисломолочні напої, що випускаються можна класифікувати в такий спосіб:

- за фізико-хімічними показниками — жирні, маложирні, нежирні, з нормальним чи підвищеним змістом молочного білка;
- по консистенції— порушений згусток, непорушений згусток;
- по видах використовуваних для закваски молочнокислих бактерій — кисломолочні напої з використанням багатокomпонентних заквасок, мезофільних молочнокислих стрептококів, термофільних молочнокислих бактерій і ацидофільних паличок;
- по способі теплової обробки молока — кисломолочні напої вироблювані з пастеризованого і пряженого молока;
- по способі заквашування — розфасовані в дрібну тару (термостатний спосіб) і великі ємності (резервуарний спосіб).

1.3 Технологія виробництва молочних продуктів.

1.3.1. Технологія виробництва молочних напоїв

Існує два способи виробництва напоїв на основі молока - один резервуарний, інший - термостатний.

Технологічний процес виробництва молочних напоїв резервуарним способом включає наступні етапи: заготівлю сировини, нормалізацію сировини, пастеризацію сировини, гомогенізацію сировини, охолодження згустку, бродіння сирної маси, упаковка продукту.

Для створення напоїв на основі молока використовується молоко нижче II гатунку з кислотністю не вище 19 °Т, це попередньо уточнюється. Знежирене молоко, сухарі, вершки та інші молочні продукти, а також казенат

натрію і фруктово-ягідні компоненти повинні мати високу якість без сторонніх присмаків і ароматів та бути однорідними.

Молочна продукція надходить у продаж з різними масовими частками жиру: 6, 4, 3,2, 2,5, 1,5 і 0,5%. В результаті вихідне молоко перетворюється на необхідний відсоток жирності. Типовою процедурою нормалізації молока є подача його в потік на сепаратор-нормалізатор або змішування. Нежирні продукти отримують із знежиреного молока.

При нормуванні сировини комбайнуванням загальну масу продуктів, що з'єднуються, розраховують за формулою, яка передбачає склад сировини, або за певною рецептурою.

Нормалізовані продукти проходять термічну обробку. В результаті пастеризації в молоці знищуються мікроорганізми і створюються умови, що сприяють розвитку мікроорганізмів закваски. Найбільш сприятливі умови для розвитку мікроорганізмів досягаються, якщо молоко нагріти приблизно до 100 градусів Цельсія. За цих умов білки, які беруть участь у створенні структурної мережі згустку, денатуруються, гідратаційні властивості казеїну підвищуються, а його здатність утворювати більш щільний згусток, який зв'язується з сироваткою, посилюється. В результаті всі кисломолочні напої, крім ряжанки і сметани, виробляються з пастеризацією сировини при температурі 85-87 °С з витримкою 5-10 хвилин. або при 90-92 градуси за двогодинною витримкою, ряжанку і сметану - 95-98 градусів за двогодинною витримкою. Також при виготовленні сметани використовується стерилізація молока.

Після процесу пастеризації та гомогенізації температура молока поступово знижується до температури бродіння. При використанні закваски, приготовленої на бактеріях термофільних, температуру молока знижують до 50-55°C, мезофільних -30-35°C і кефірної закваски - 18-25°C..

Закваску необхідно вводити в молоко відразу після його охолодження до температури бродіння, це робиться для кожного виду продукту. Найлогічніше додавати закваску в молоко потік. Для цього закваска

подається в молочний канал через дозатор і змішується з молоком у змішувачі.

У процесі бродіння дріжджові мікроорганізми відновлюються, кислотність підвищується, казеїн згортається і утворюється згусток. Закінчення бродіння визначається утворенням щільного скупчення клітин і досягненням певної кислотності.

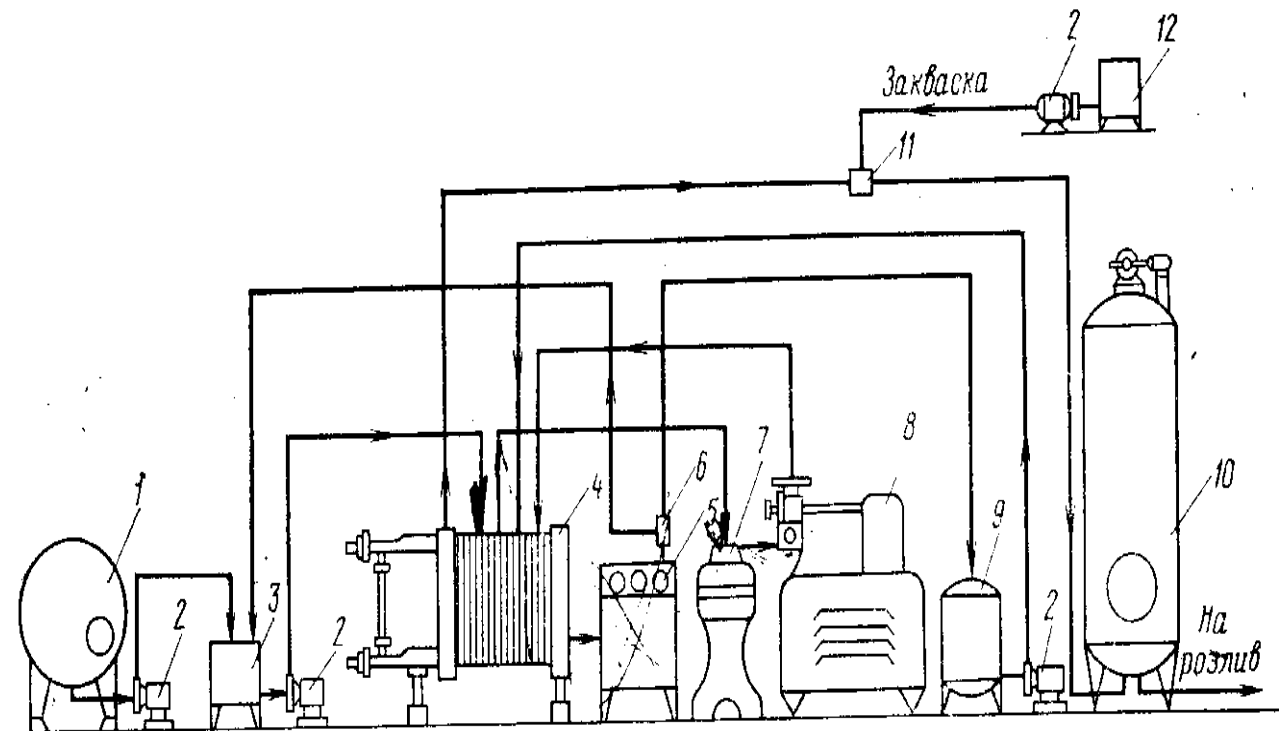


Рисунок 1.1 - Схема технологічної лінії виробництва молочних напоїв резервуарним способом:

1-ємність для сирого молока; 2 - насоси; 3 - балансирувальний бачок; 4-пластинчаста пастеризаційно-охолоджувальна установка; 5 - пульт керування; 6 - поворотний клапан; 7 - сепаратор-нормалізатор; 8 - гомогенізатор; 9 - ємність для витримування молока; 10 - ємність для кисломолочних напоїв; 11 - змішувач; 12 - заквасочник

Після закінчення бродіння продукт негайно охолоджують. Кисле молоко, яке не дозріло, відразу транспортується в охолоджувач.

Молочні напої надходять у продаж в термостійких пакетах або в скляній тарі на машинах, що спеціалізуються на розфасовці молочних продуктів у рідкому вигляді.

1.3.2. Технологічний процес виробництва сметани.

Сметана виготовляється із стандартизованих пастеризованих вершків, які ферментуються закваскою, отриманою з чистих культур молочнокислих бактерій, після чого продукт витримується при низьких температурах.

Залежно від мікроорганізмів у заквасці та відсотка жирності в масовій частці розрізняють чотири види сметани (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 - Види сметани яку випускають ПП

Сметана	Масова частка жиру, %	Кислотність, °Т
Ацидофільна	20	65-100
30%-ної жирності	30	60-100
Дієтична	10	70-100
15%-ної жирності	15	65-110
20%-ної	20	65-100

Виготовляють сметану двома способами: резервуарним і термостатним.

Технологічний процес виробництва сметани резервуарним способом включає в себе наступні етапи: приймання і сегментування молока, нормалізація вершків, пастеризація вершків, гомогенізація і охолодження вершків, розквашування і заквашування вершків, з'єднання сметани, фасування і зберігання сметани.

Отримане молоко відокремлюється від решти молока на 40-45 градусів Цельсія. Отриману суміш зрівнюють незбираним або знежиреним молоком.

Після фасування сметана піддається охолодженню і фізичній відпрацюванні. Сметана доводиться до 8 градусів Цельсія в холодильних камерах, які мають температуру 0-8 градусів Цельсія. Паралельно продукт остигає, а також дозріває. Тривалість охолодження і дозрівання сметани у великій тарі становить 12-48 годин, а в малій - 6-12 годин. Процес дозрівання спрямований на отримання густої речовини під назвою сметана. Це в першу чергу спричинено затвердінням гліцеридів у оболонках молочного жиру та деяких компонентів жиру, а також оболонок жирових клітин. На ступінь гліцеридного затвердіння впливає температура і тривалість витримки: зі зниженням температури кількість застиглого молочного жиру в сметані збільшується. При 2-8 градусах Цельсія це 35-50%.

Після того, як продукт зібрано, він готовий до продажу. Технологічний процес виробництва сметани через резервуар реалізований на лінії (рис.1.2). Потім вершки надсилають у посудину, в якій містяться нормалізуючі агенти, тобто незбиране або знежирене молоко. Далі вершки піддають серії етапів, які призводять до їх пастеризації на пластинчастому або трубчастому пристрої, який виконує процес, потім пристрій направляють до гомогенізатора, який розташований у гомогенізаторі клапанного типу.



Рисунок 1.2 - Схема технологічної лінії виробництва сметани резервуарним способом:

1 - ємність для вершків; 2 - насос; 3 - зрівняльний бак; 4-пластинчаста пастеризаційно-охолоджувальна установка; 5 - гомогенізатор; 6 -

витримувач; 7 - ємність для виробництва кисломолочних продуктів; 8 - автомат для фасовки.

Ємності для виробництва кисломолочних продуктів використовують для сквашування вершків.

Для диспергування сметани в тару використовуються поршень, мембрана, шнеки, ротори і колеса.

Розфасовка сметани здійснюється на машинах автоматичного або напівавтоматичного характеру, призначених для дозування молочних продуктів з високим вмістом вологи.

1.3.3. Технологічний процес виробництва сирів

Виробництво сиру традиційно здійснюється методом ультрафільтрації.

Традиційний метод. Цей метод походить від концепції концентрування компонентів молока, насамперед білка та жиру, шляхом відбирання сироватки від молочного згустку, який є результатом сичужного або кислотного сичужного ферменту, або з самого молока. Молоко, що виділяється, містить молочний цукор, білки, жир і мінеральні речовини. Основним недоліком традиційного методу є складність регулювання вологості та кислотності продукту, ці властивості залежать від багатьох факторів. Отримання значної кількості сироватки призведе до зменшення об'єму готового продукту, оскільки частина білків і жиру в сировині відводиться саме в сироватку..

Технологічний процес виробництва натурального сиру включає наступні етапи: отримання молока; зберігання проміжних продуктів, підігрівання, очищення та нормалізація, пастеризація, охолодження та дозрівання, підігрів молока, додавання закваски, хлористого кальцію та сичужного ферменту, зсідання молока, обробка згустку, виготовлення сиру, самопресування та пресування сиру, його соління та дозрівання.

Загальна мета технологічних операцій у виробництві всіх видів сирів — попереднє витримання молока з метою згортання. Деякі властивості проявляються лише під час нормалізації, пастеризації та дозрівання молока.

У процесі дозрівання сир потребує особливого догляду, включаючи перевертання сиру, миття для видалення плісняви та покриття для запобігання сиру від пліснявіння та висихання. Процес дозрівання сиру відбувається в холодних і теплих камерах зберігання і ферментації при температурах 10-12, 13-17 і 20-25 °C відповідно. Перші 10-20 днів вологість у приміщенні підтримують на рівні 85-90%, а потім на рівні 80-85%. Сир дозріває на стелажах або в тарі, розміщеній у 2-3 шари.

1.4. Огляд конструкцій існуючих машин

Поряд із дослідженням того, як визначаються класи та переглядом рішень щодо патентів, аналіз існуючих конструкцій машин має вирішальне значення для оцінки конструкцій, пов'язаних із технічними засобами, які розробляються чи покращуються. Цей аналіз продемонструє загальні принципи проектування та використання конкретних технічних рішень, що стосуються механізації технологічних процесів у тому чи іншому виробничому процесі.

Гомогенізатори призначені для подрібнення жирових гранул в молоці та інших молочних продуктах. Вони працюють на молочних підприємствах різних технологічних напрямів для обробки молока та молочних продуктів.

Опис конструкції та принцип роботи.

AO5-OGA-1.2, A1-OMG-2.5, A1-OMG і AO5-OGA-10 - це високопотужні багатоплунжерні гомогенізатори. Гомогенізатори складаються з таких основних частин: кривошипно-шатунний механізм, який змащується і має систему охолодження, плунжер, який блокується; має як гомогенізуючу, так і манометричну головки, а також запобіжний клапан. Гомогенізатор приводиться в рух електродвигуном за допомогою

клинопасової передачі. Механізм повороту кривошипа і шатуна призначений для перетворення обертального руху від електродвигуна в зворотно-поступальний рух плунжерів, які за допомогою манжетного ущільнення будуть надходити в камери робочого тиску гомогенізуючої рідини.

Механізм повороту кривошипа складається з корпусу, колінчастого вала, встановленого на двох конічних роликів підшипниках, кришки підшипника, шатуна, з'єднаного з колінчастим валом шарнірним механізмом, повзуна, кришки корпусу і добре відомий шків, який підтримується кінцем колінчастого вала. Внутрішня камера кривошипно-шатунного механізму являє собою камеру, заповнену маслом. У задній частині корпусу розташовані датчик масла та зливний отвір. Змащування тертьових частин механізму здійснюється розпиленням на них масла за допомогою обертового шатуна. Це робиться з метою збереження руху механізму та зменшення зносу. Конструкція корпусу і невеликі навантаження на кривошипно-шатунний механізм, що підключає гомогенізатор марки АО5-ОГА-1.2, дозволяє мастилу всередині корпусу охолоджуватися за рахунок тепловіддачі від поверхні в навколишнє середовище.

Гомогенізатори А1-ОГМ-2,5, А1-ОГМ і АО5-ОГА-10 мають систему примусового змащування, яка найбільше навантажена парами тертя, в поєднанні з використанням масла всередині корпусу, що збільшує виділення тепла. Температура масла в цих гомогенізаторах знижується водопровідною водою, яка тече через отвори в корпусі і на плунжери, що призводить до зниження температури. Перемикач потоку вбудовано в систему охолодження, цей перемикач призначений для регулювання потоку води. Підживлення системи змащення форсованим знімачами, масляним насосом, розподільною коробкою, запобіжним клапаном і манометром для контролю тиску в масляній системі. Плунжерний механізм з'єднаний з кривошипом і корпусом механізму за допомогою двох штифтів, цей механізм призначений для прийому продукту з лінії подачі і впорскування його в головку,

призначену для гомогенізації. Плунжерний блок включає блок, плунжери, ущільнювачі манжети, нижню, верхню та передню кришки, гайки, всмоктувальний і нагнітальний клапани, сідла клапанів, прокладки, пружини, фланець, насадку та фільтр, встановлені у всмоктувальному блоці, до головки, яка є гомогенізований прикріплюється до кінця плунжерного блоку, ця головка призначена для гомогенізації продуктів, пропускаючи її через зазор високого тиску між клапаном і сідлом на кожному етапі.

Гомогенізуюча головка складається з двох ідентичних ступенів, які з'єднані каналом, перша ступінь потім пропускається через другу. Кожен ступінь двоступеневої гомогенізаційної головки має корпус, клапан, сідло для клапана та натискний пристрій, усі вони виготовлені зі скла, стрижня, пружини та натискного гвинта з ручкою. Тиск, що використовується для гомогенізації матеріалу, змінюється регулюванням гвинтів. При встановленні режиму гомогенізації продукту на першому ступені встановлюють $3/4$ необхідного тиску гомогенізації, а потім на другому ступені підвищують тиск на робітника поворотом гвинта нагнітання. На верхній поверхні плунжерного блоку прикріплений манометр для контролю однорідного тиску, тобто тиску на випускному колекторі плунжерного блоку. Головка для вимірювання тиску оснащена дроселювальним пристроєм, який може ефективно зменшити амплітуду коливань стрілки манометра. Головка для вимірювання тиску складається з основного корпусу, голки, ущільнення, гайки для повороту ущільнення, шайби та манометра з мембранним сепаратором. Запобіжний клапан встановлений на торці плунжерного блоку з протилежного боку до установки головки гомогенізації, що може запобігти підвищенню тиску гомогенізації вище номінального.

Запобіжний клапан складається з кабелю, засувки, п'яти, пружини, клапана та сідла для клапана. Запобіжний клапан встановлюється на максимальний тиск гомогенізатора шляхом обертання натискних гвинтів, які передають тиск на клапан через пружину. Станина складається з каналів,

покритих сталевим листом. На верхній частині розташований механізм для відкидання. Усередині пластина, на якій розміщено електродвигун, прикріплена до двох опор. І навпаки, пластина підтримується гвинтами, які контролюють величину клинових пасів.

Основа стенду гомогенізаторів AO5-OGA-1.2, A1-OMG-2,5 і A1-OMG побудована навколо чотирьох гомогенізаторів AO5-OGA-10, які регулюються по висоті. Вікна збоку від ліжка закриваються знімними кришками. Верхня частина станини закрита кожухом, який служить для захисту механізмів від пошкоджень і надання змішувача необхідного естетичного вигляду. Або молоко, молочний продукт за допомогою насоса подається у всмоктувальний канал плунжерного пристрою. З робочого простору блоку тиск продукту передається через інжекційний канал до гомогенізаційної головки, а потім проходить через кільцевий простір між шліфованими поверхнями гомогенізаційного клапана та його сідлом. Крім того, розподіляється жирність кінцевого продукту. Крім того, продукт з гомогенізаційного механізму проходить через систему для додаткової обробки або консервації.

Гомогенізатор A1 – ОГС призначений для обробки розплавленої сирної маси з температурою 70 - 90⁰С при виготовленні плавлених сирків. Даний гомогенізатор виготовлений на основі горизонтального трьохплунжерного насоса високого тиску на нагнітальній стороні якого монтується одноступінчаста головка односторонньої дії. Продуктивність машини, залежно від тиску, змінюється від 520 до 600 кг/год. По мірі зростання тиску потужність збільшується від 2,2 до 4 кВт. Оптимальна витрата води при охолодженні плунжерів складає 130 л/год.

Гомогенізатор K5 – ОГС (рис.1.3) призначений для гомогенізації молока і молочних продуктів при тиску до 20 Мпа. При цьому він забезпечує паспортну продуктивність і робочий тиск при температурі 60 - 80⁰С.

Кривошипно–шатунний механізм забезпечує зворотньо-поступальний рух плунжерів, що здійснюють 338 ходів в хвилину. Ексцентриситет кривошипів рівний 20 мм

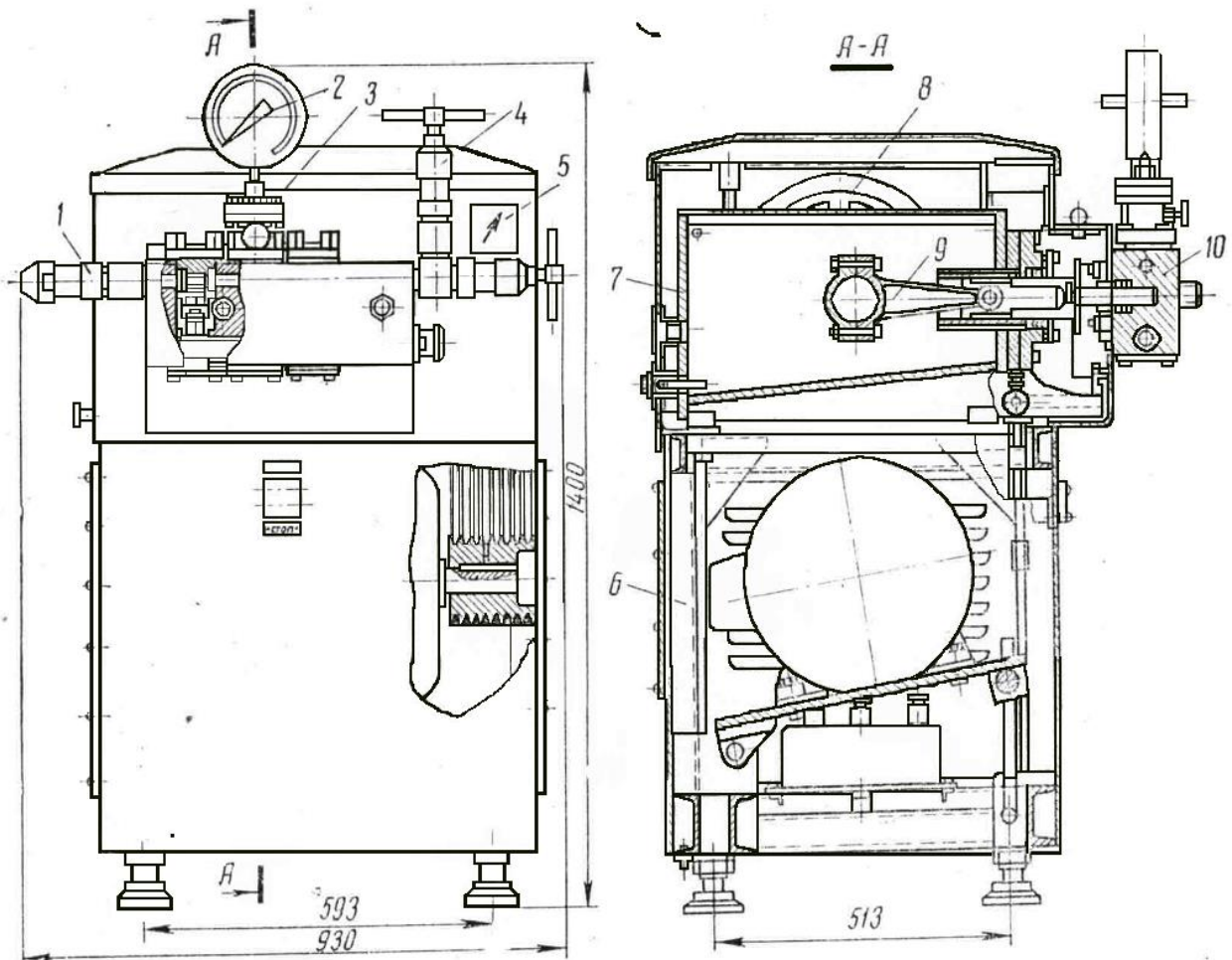


Рисунок 1.3 - Гомогенізатор А1 – ОГС.

Технічна характеристика гомогенізатора А1 – ОГС.

Продуктивність , кг/год	500
Робочий тиск, МПа	20
Температура гомогенізуючого продукту, °С	70 - 90
Тип електродвигуна	АО2 – 42 - 6
Потужність електродвигуна, кВт	4
Число плунжерів	3
Хід плунжерів, мм	40
Діаметр плунжерів, мм	28
Кількість ступенів гомогенізації	1

Габаритні розміри, мм:

Довжина	1180
Ширина	555
Висота	1130
Маса, кг	445

Гомогенізатор К5 – ОГА призначений для обробки молока. Він відноситься до високо продуктивних п'ятиплунжерних машин. Привід машини включає в себе електродвигун з клинопасовою передачею і проміжний вал з косозубою циліндричною передачею. Витрата води на охолодження плунжерів становить 36 л. на 1000 л. продуктивності гомогенізатора

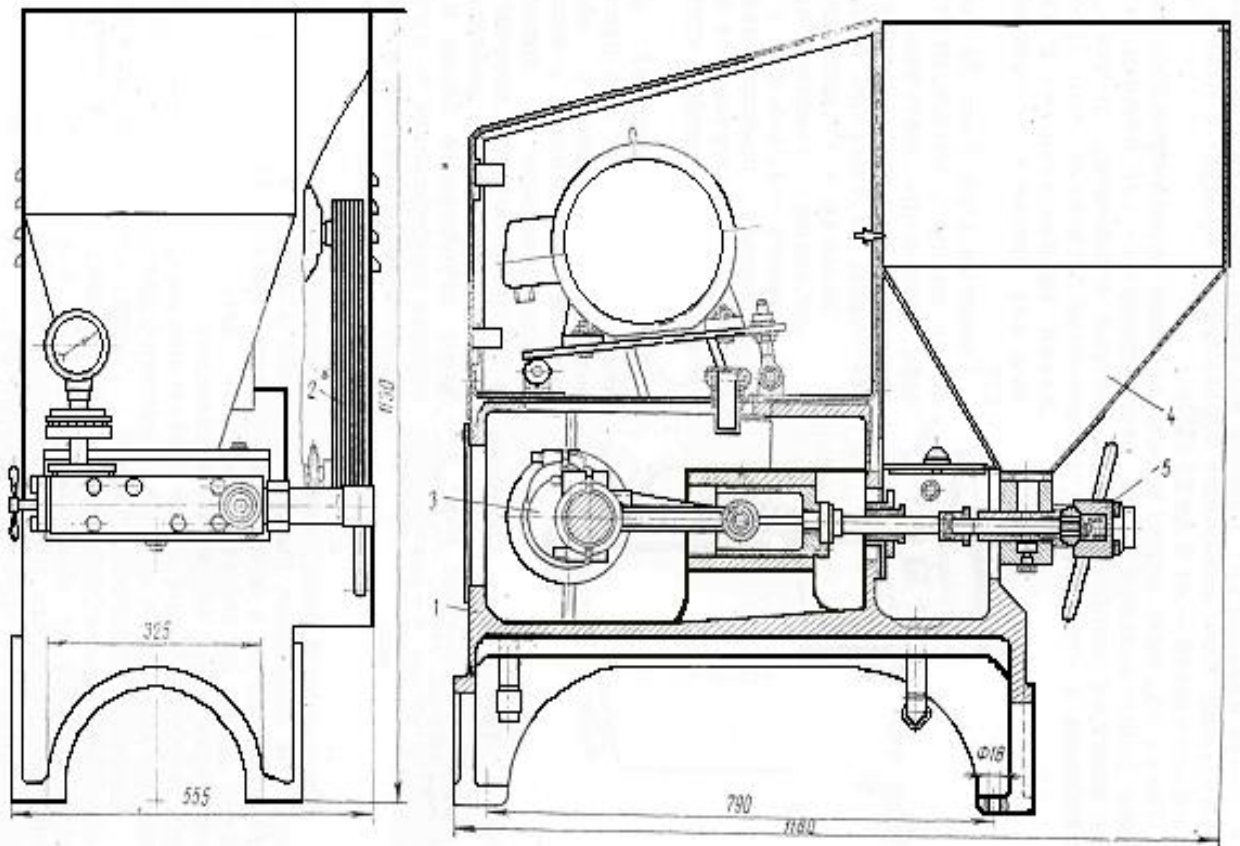


Рисунок 1.4 - Гомогенізатор К5 – ОГА – 1.2

Технічна характеристика гомогенізатора К5– ОГА – 1.2

Продуктивність , кг/год	1200
Робочий тиск, МПа	20

Температура гомогенізуючого продукту, °С	60 - 80
Тип електродвигуна	А02 – 61 - 6
Потужність електродвигуна, кВт	10
Число плунжерів	3
Хід плунжерів, мм	40
Діаметр плунжерів, мм	28
Кількість ступенів гомогенізації	2
Габаритні розміри, мм:	
Довжина	965
Ширина	930
Висота	1400
Маса, кг	850

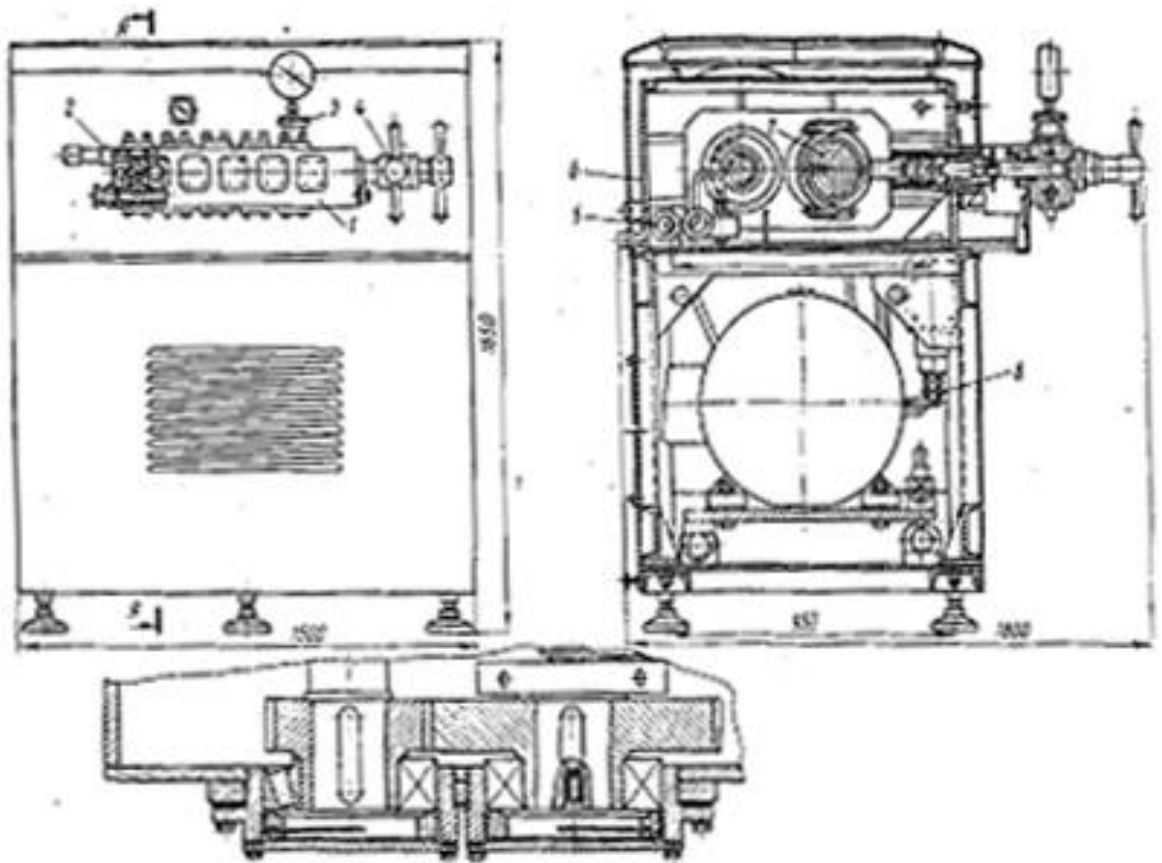


Рисунок 1.5 - Гомогенізатор К5 – ОГА

Технічна характеристика гомогенізатора	К5– ОГА
Продуктивність кг/год	10000
Робочий тиск, МПа	20

Температура гомогенізуючого продукту, °С	60 - 80
Тип електродвигуна	A03 – 315 – S - 6
Потужність електродвигуна, кВт	110
Число плунжерів	5
Хід плунжерів, мм	70
Діаметр плунжерів, мм	45
Кількість ступенів гомогенізації	2
Габаритні розміри, мм:	
Довжина	1800
Ширина	1500
Висота	1650
Маса, кг	3600

1.5 Обґрунтування вибору типу гомогенізуючої головки.

Гомогенізуюча головка являється вузлом гомогенізатора, де безпосередньо відбувається подрібнення жирової фази молока. Схеми гомогенізуючих головок зображені на рис. 1.6

Основними робочими органами гомогенізуючої головки є сідло і клапан, від конструкції яких залежить ступінь дисперсності молока при гомогенізації. Різноманітність конструктивних розробок гомогенізуючих пристроїв обумовлено прагненням підвищити гомогенізуючий ефект за рахунок підвищення турбулентності потоку гомогенізуючої рідини, зусиль появи кавітації, підвищення швидкості руху рідини на вході в клапанну щілину.

Працюють сучасні клапанні гомогенізуючі пристрої наступним чином. Рідина потрапляє в головку під клапан. Зусилля від тиску рідини на клапан сприймає на себе пристрій протитиску, якій містить шток з натискною гайкою і пружиною, що служить для забезпечення зазору між клапаном і сідлом. Протитиском натискної гайки клапан притискається до

сідла, але збільшення тиску рідини в гомогенізаторі не дає йому повернутися на посадочне місце і він працює в плаваючому положенні. Через кільцеву щілину малої висоти, що залишилася (0,05 – 2,5мм) пропускається рідина з високою швидкістю руху і при цьому вона гомогенізується. Рідина, гомогенізована в першому ступені поступає під клапан другої ступені, яка працює аналогічно першій; вона повторно гомогенізується і виходить із гомогенізуючої головки.

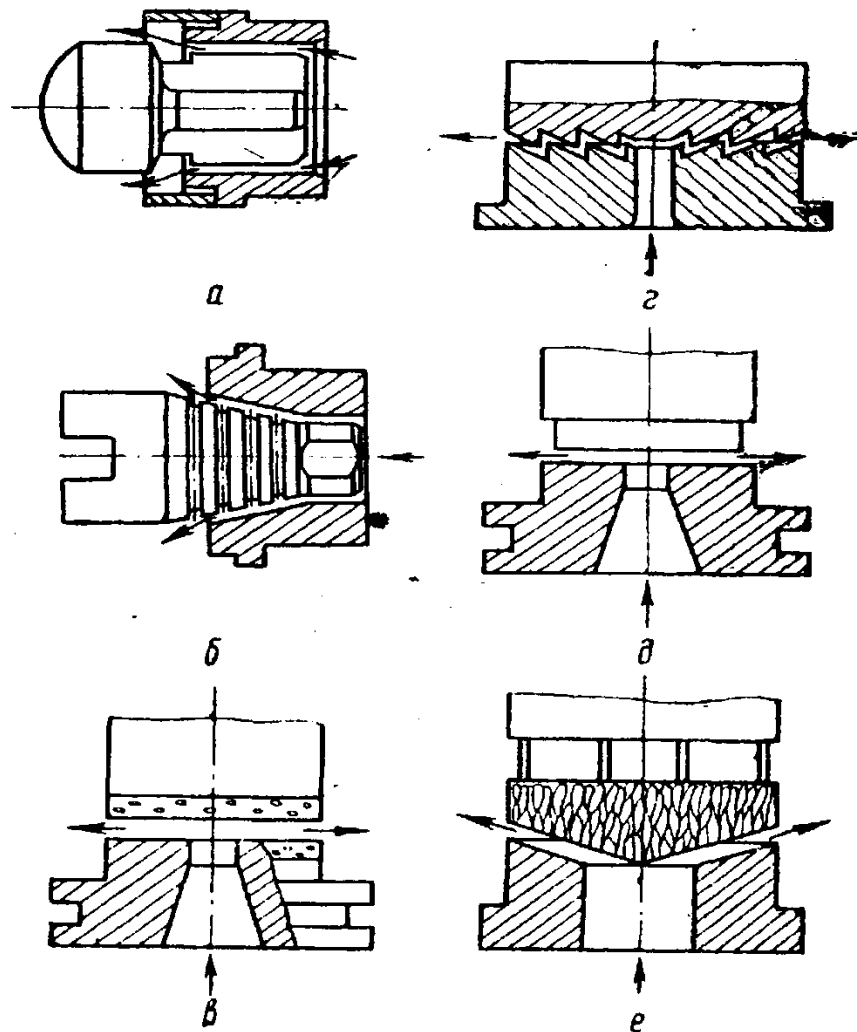


Рисунок 1.6 - Сучасні гомогенізуючі головки.

а) клапан конічний; б) клапан з малим кутом конуса; в) клапан і сідло з перфорованими ковпачками; г) клапан з кільцевими проточками; д) клапан плоский; е) клапан з пресованого дроту.

Основним недоліком гомогенізуючих головок є те, що при проходженні молока крізь гомогенізуючу головку на гострі кромки клапана потрапляють жирові шарики, які прилипають до стінки корпусу клапана і залишаються на них. При цьому решта жирових шариків, які проходять крізь гомогенізуючий клапан не розбиваються об ребра клапана, що спричиняє недостатній ефект гомогенізації.

Саме тому сучасні гомогенізуючі пристрої повинні забезпечувати максимальний ефект гомогенізації з найменшими затратами енергії та максимальною їх надійністю в процесі їх експлуатації.

2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ, РОЗВИТОК ТЕОРІЇ І ПРАКТИКИ З ДАНОГО ПИТАННЯ

2.1. Технологічний розрахунок процесу виробництва молочних продуктів.

2.1.1 Технологічний розрахунок сепарування молока

При сепаруванні молока виникає необхідність в розрахунках з визначення кількості вершків, які отримають при сепаруванні, абсолютному виходу вершків, їх жирності, а також розрахунків щодо складання жирового балансу сепарування.

Для визначення виходу вершків з заданим відсотком жиру в результаті сепарування використовують формулу;

$$K_g = \frac{K_m (J_m - J_{zm})}{J_g - J_{zm}} \times \frac{100 - P}{100} \quad (2.1)$$

де K_m - кількість молока, кг;

J_m - вміст жиру у молоці, %;

J_{zm} - вміст жиру у знежиреному молоці, %;

J_v - вміст жиру у вершках, %;

P - максимально допустимі втрати, %; $P = 0,4\%$,

Вихід знежиреного молока визначають за формулою:

$$K_{zm} = \frac{K_m (J_g - J_m)}{J_g - J_{zm}} \times \frac{100 - P}{100} \quad (2.2)$$

де P - максимально допустимі втрати, %; $P = 0,5\%$,

Кількість молока, яке витрачають на сепарування для отримання визначеної кількості вершків заданої жирності, визначають за формулою

$$K_m = \frac{K_g (J_g - J_{zm})}{J_m - J_{zm}} \times \frac{100 - P}{100} \quad (2.3)$$

Абсолютний вихід вершків - це маса молока, яка необхідна для одержання 1 кг вершків. Його визначають за формулами:

$$B_o = \frac{K_m}{K_g} \quad \text{або} \quad B_o = \frac{Ж_g - Ж_{зМ}}{Ж_m - Ж_{зМ}} \quad (2.4)$$

За показником абсолютного виходу вершків можна визначити робоче відношення сепаратора (РВ), яке характеризує відношення виходу вершків до виходу знежиреного молока. Наприклад, абсолютний вихід вершків дорівнює 7 кг, тобто після сепарування 7 кг молока одержимо 1 кг вершків та 6 кг знежиреного молока, відповідно робоче відношення сепаратора складає 1:6,

Відсоток жиру у вершках визначають за формулою:

$$Ж_g = \frac{K_m (Ж_m - Ж_{зМ}) + K_g \cdot Ж_{зМ}}{K_g} \quad (2.5)$$

Загальна кількість жиру в балансі сепарації.

Для регулювання якості процесу сепарування молока використовується жировий баланс, який досягається шляхом розрахунку кількості молока, вершків і знежиреного молока, а також їх жирності. Кількість втраченого жиру визначається різницею між кількістю жиру в молоці та кількістю жиру, який відділяється від решти молока.

Кількість жиру можна виразити як у чистих, так і в жирових одиницях, останні з яких діляться на 100.

Надходження жиру з молоком:

$$H_m = K_m \cdot Ж_m \quad (2.6)$$

Витрати жиру з вершками:

$$B_g = K_g \cdot Ж_g \quad (2.7)$$

Витрати жиру із знежиреним молоком:

$$B_{зМ} = K_{зМ} \cdot Ж_{зМ} \quad (2.8)$$

Загальні витрати жиру:

$$B_{ж} = B_g + B_{зМ} \quad (2.9)$$

Втрати жиру:

$$B = H_m - B_{ж} \quad (2.10)$$

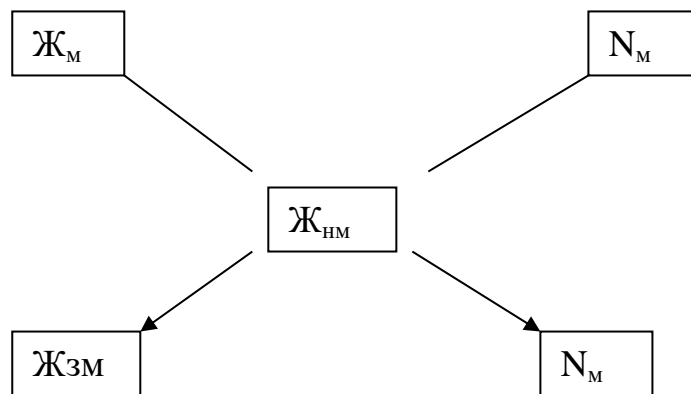
Втрати жиру у % від надходження:

$$B_{жн} = \frac{B \cdot 100}{H_m} \quad (2.11)$$

Нормативні витрати жиру при сепаруванні молока складають 0,17%.

Нормалізація молока і вершків.

При виробництві цільномолочної продукції; а також сиру і масла виникає необхідність одержувати молоко і вершки відповідної жирності, тобто здійснювати їх нормалізацію. Нормалізація - це отримання молока або вершків необхідної жирності завдяки змішуванню більш жирних продуктів з менш жирними або знежиреним молоком. Для розрахунку нормалізації використовують правило квадрата



Таким чином, для отримання необхідного відсотку жиру в молоці необхідно взяти у частин молока жирністю J_m ($J_{нм} - J_{зм} = N_m$) і $N_{зм}$ частин знежиреного молока ($J_m - J_{нм} = N_{зм}$)

Для зручності складові частини виражають у відсотках.

$$K_m = \frac{N_m \cdot 100}{N_m + N_{зм}} \quad (2.12)$$

$$K_{зм} = \frac{N_{зм} \cdot 100}{N_m + N_{зм}} \quad (2.13)$$

2.1.2. Продуктовий розрахунок виготовлення молочних напоїв

Для виробництва кисломолочних продуктів (кефір, простокваша, йогурт) молоко нормалізують на сепараторах-нормалізаторах або

змішуванням молока із знежиреним молоком таким же чином, як і при виробництві питного молока.

Розраховують кількість нормалізованого молока.

Кількість бактеріальної закваски, необхідної для сквашування молока, розраховують за формулою:

$$K_{\text{бз}} = \frac{K_{\text{нм}} \cdot H_3}{100} \quad (2.14)$$

де H_3 - норма внесення закваски, %.

Згідно норм витрати сировини на виробництво 1 т кефіру, при фасуванні в місткості об'ємом 500 і 1000 см³ становлять:

Вихід готової продукції розраховують за формулою:

$$K_{\text{кеф}} = \frac{(K_{\text{нм}} + K_{\text{бз}}) \cdot 1000}{P} \quad (2.15)$$

Продуктовий розрахунок виготовлення сметани

Кількість вершків та знежиреного молока, отриманих при сепаруванні молока для виробництва сметани розраховуються з урахуванням того, що для виробництва сметани певної жирності використовують вершки з вмістом жиру дещо більшим від жирності кінцевого продукту.

Кількість закваски для виробництва сметани визначають як

$$K_{\text{бз}} = \frac{K_6 \cdot H_3}{100} \quad (2.16)$$

Кількість заквашених вершків, які використовують для виробництва сметани, визначають за формулою:

$$K_{\text{зв}} = K_6 + K_{\text{бз}} \quad (2.17)$$

Кількість знежиреного молока, що направляється на виготовлення сиру, розраховують за формулою:

$$K_{\text{з.м.с}} = K_{\text{з.м.}} - K_{\text{бз}} \quad (2.18)$$

Кількість готової продукції з урахуванням допустимих втрат при виробництві та фасуванні в тару місткістю 200-500 см³ визначають за формулою:

$$K_{\text{смет}} = \frac{K_{\text{зб}} \cdot 1000}{P} \quad (2.19)$$

2.2 Конструктивний розрахунок гомогенізатора.

Для практичних розрахунків, не зв'язаних з конструкцією гомогенізатора, достатньо знати навантаження на шатун $P_{ш}$, що діє вздовж осі шатуна і навантажує палець малої головки і колінчастий вал.

$$P_{ш} = \frac{P}{\cos \beta} \quad (2.20)$$

де P – сумарна алгебраїчна сила, кг

β – кут повороту кривошипа колінвала.

$$P = P_{ж} + P_{м} + P_{н} \quad (2.21)$$

де $P_{ж}$ – сила тиску рідини на плунжер, кг

$P_{м}$ – сила тертя в манжетному ущільненні, кг

$P_{н}$ – сила інерції при зворотно-поступальному русі, кг

Силу тиску рідини на плунжер визначають по формулі

$$P_{ж} = \frac{\pi d^2}{4} p \quad (2.22)$$

де d – діаметр плунжера, см

p – тиск на плунжер, що рівний тиску гомогенізації, МПа

Силу тертя розраховують за формулою

$$P_{м} = 0,5 \cdot \psi \cdot L \cdot p \quad (2.23)$$

де ψ – коефіцієнт тертя

L – довжина сальника

Сила інерції є настільки мала, що нею можна знехтувати.

Ступінь нерівномірності подачі R можна визначити із співвідношення

$$R = \frac{V_{\max}}{V_{\text{ср}}} \quad (2.24)$$

де, V_{\max} – подача рідини при максимальній швидкості руху плунжера, м^3

$V_{\text{ср}}$ – середня подача, м^3

Тиск рідини.

Повним манометричним натиском рідини є різниця в перетинах нагнітального і всмоктуючого колекторів:

$$H = H_u - H_e \quad (2.25)$$

Натиск рідини у всмоктуючому і нагнітальному колекторах

$$H_e = Z_e + \frac{p_e}{\gamma} + \frac{v_e^2}{2g} \quad (2.26)$$

де Z_B , Z_H — геометричний натиск у всмоктуючому і нагнітальному колекторах, м ;

$$H_u = Z_u + \frac{p_u}{\gamma} + \frac{v_u^2}{2g} \quad (2.27)$$

p_e , p_u — тиск рідини у всмоктуючому і нагнітальному колекторах, Па ;

γ — об'ємна вага рідини, Н/м^3 ;

v_B , v_u — середня швидкість у всмоктуючому і нагнітальному колекторах, м/с ;

g — прискорення сили тяжіння, м/с^2 .

Тоді повний натиск рідини в гомогенізаторі:

$$H = (Z_u - Z_e) + \left(\frac{p_u}{\gamma} - \frac{p_e}{\gamma} + \frac{v_e^2 + v_u^2}{2g} \right) \quad (2.28)$$

Для правильної експлуатації і монтажу машини в лінії необхідно знати параметри потоку рідини на вході в гомогенізатор. Якщо абсолютний тиск у всмоктуючому колекторі стане нижчий за тиск пружності насиченої пари, то в нім виникають явища кавітацій, які супроводжуються підвищеними вібраціями трубопроводу, і стукотом клапанів. Тому для правильної експлуатації

гомогенізаторів, підвищення довговічності необхідна безкавітаційна їх робота і тиск у всмоктуючому колекторі повинен бути таким, щоб на всій довжині він не падав нижче за тиск пружності пари.

У всіх умовах встановлення гомогенізатора в лінії обробки молока і молочних продуктів він повинен працювати під натиском, який здійснюється подачею рідини з проміжної ємкості, розташованої вище осі плунжерів, відцентровим насосом або сепаратором-молокоочисником з продуктивністю, відповідній продуктивності гомогенізатора.

Натиск рідини у всмоктуючому патрубку плунжерного блоку, колектор і трубопровід що підводить, розташовані горизонтально ($z = 0$), буде рівний:

$$H_g = \frac{P_{в.абс}}{\gamma} + \frac{v_g^2}{2g} = \Delta H_{в.к} + \frac{p_k}{\gamma} + \frac{v_k^2}{2g} \quad (2.29)$$

де $P_{в.абс}$ — абсолютний тиск на вході, Па;

$\Delta H_{в.к}$ — втрати натиску на подолання гідравлічних опорів, м;

p_k — найменший тиск, Па;

v_k — швидкість руху потоку в області найменшого тиску, м/с.

Тиск на всмоктуючому колекторі заміряють мановакуумметром, встановленому на вхідному патрубку. При нормальній роботі гомогенізатора тиск p_k визначають по формулі

$$p_k = p_{y.n} + \Delta p_k \quad (2.30)$$

де $p_{y.n}$ — тиск пружності пари, Па;

Δp_k — додатковий тиск, Па.

Підставляючи вираз (2.49) у формулу для H_g , отримаємо:

$$H_g = \Delta H_{в.к} + \frac{\Delta p_k}{\gamma} + \frac{v_k^2}{2g} + \frac{p_{y.n}}{\gamma} \quad (2.31)$$

Позначивши:

$$\Delta H_{в.к} + \frac{\Delta p_k}{\gamma} + \frac{v_k^2}{2g} = \Delta h \quad (2.32)$$

де Δh — запас кавітації

отримаємо

$$\Delta h = H_{\epsilon} - \frac{P_{y.n}}{\gamma} \quad (2.33)$$

Величина Δh є додатковим натиском над пружністю пари молока, необхідним для нормальної роботи машини. Якщо у всмоктуючому колекторі найменший тиск $p_{\kappa} \leq p_y$ то починається кавітація, пов'язана з розривом хибного потоку рідини, тобто в цих умовах $p_{\kappa} \leq 0$.

Для умов виникнення кавітації

$$H_{\epsilon.kp} = \Delta h_{kp} + \frac{P_{y.n}}{\gamma} \quad (2.34)$$

де Δh_{kp} — критичний запас кавітації.

Для нормальної роботи гомогенізатора допустимий запас кавітації Δh_{don} повинен бути вище критичного:

$$\Delta h_{don} = K \Delta h_{kp} \quad (2.35)$$

Напір рідини на всмоктуючому колекторі можна виразити через надмірний тиск $p_{в.изб}$ перед плунжерним блоком:

$$H_{\epsilon} = \frac{p_{в.изб}}{\gamma} + \frac{v_{\epsilon}^2}{2g} + \frac{p_{am}}{\gamma} \quad (2.36)$$

При розрідженні

$$H_{\epsilon} = -H_{вак} + \frac{v^2}{2g} + \frac{p_{am}}{\gamma} \quad (2.37)$$

Вакуумметричну висоту всмоктування і необхідний запас кавітації знаходять з наступних залежностей:

$$H_{вак} = \frac{p_{am} - P_{y.n}}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} - \Delta h \quad (2.38)$$

$$H_{вак.kp} = \frac{p_{am} - P_{y.n}}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} - \Delta h_{kp} \quad (2.39)$$

$$H_{вак.kp} = \frac{p_{am} - P_{y.n}}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} - \Delta h_{don} \quad (2.40)$$

При розрахунках вакуумметричної висоти всмоктування необхідно знати тиск пари при певних температурах табл. 2.1.

Таблиця 2.1 - Тиск пари при певних температурах.

Температура, °C	30	40	50	60	70	80	90	100
$P_{y.n.}$, МПа	0,004	0,007	0,0125	0,02	0,032	0,05	0,071	0,133

Продуктивність гомогенізатора V розраховують по формулі

$$V = z \cdot \frac{\pi d^2}{4} S \cdot n \cdot 60 \cdot \eta_{об} \quad (2.41)$$

де z – кількість плунжерів

d – діаметр плунжера, м

S – хід плунжера, мм

n – частота обертання колінчастого вала, хв-1

$\eta_{об}$ – об'ємний ККД

Потужність гомогенізатора визначають по формулі

$$N = \frac{V \cdot p}{3600 \eta} \quad (2.42)$$

де V – продуктивність гомогенізатора, л/год

p – тиск гомогенізації, Па

η – механічний ККД гомогенізатора

Загальний ККД рівний

$$\eta = \eta_n \cdot \eta_m \quad (2.43)$$

де η_n, η_m – індикаторний і механічний ККД.

Індикаторний ККД визначають по формулі

$$\eta_n = \frac{N}{N_p} = \frac{N}{2,72 \cdot 10^{-2} p_n V} \quad (2.44)$$

Де N_p – індикаторна потужність гомогенізатора, кВт

p_n – середній індикаторний тиск, Па

Механічний ККД визначають по формулі

$$\eta_m = \frac{N_n}{N_b} \quad (2.45)$$

де N_b – потужність на валу

Індикаторний ККД складається з об'ємного і гідравлічного

$$\eta_n = \eta_o \eta_z \quad (2.46)$$

Гідравлічний ККД η_z показує, наскільки манометричний напір гомогенізатора відрізняється від теоретичного.

$$\eta_z = \frac{H \cdot \gamma}{10^4 \cdot 24 \cdot 10^6} = 0,95 \quad (2.47)$$

де H – монометричний напір

Отже, загальний ККД гомогенізатора

$$\eta = \eta_o \eta_z \eta_m \frac{N_{II}}{N_{потр}} \quad (2.48)$$

Розрахунок на стійкість.

Вихідні дані для розрахунку:

- довжина плунжера
- діаметр плунжера
- робочий тиск
- матеріал

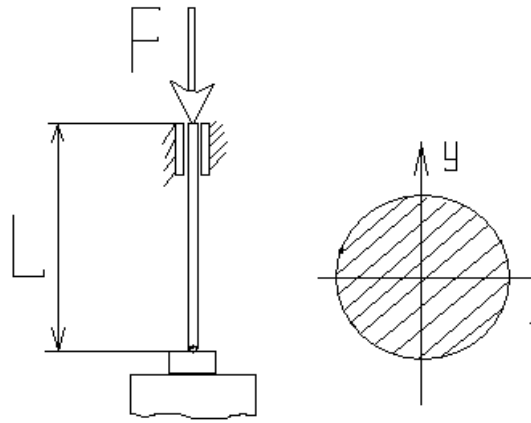


Рисунок 2.1 - Схема плунжера гомогенізатора

Визначаємо площу січення

$$S = \frac{\pi d^2}{4} \quad (2.49)$$

Сила, що діє на плунжер

$$F = P \cdot S \quad (2.50)$$

Момент інеркції для круга

$$I_x = \frac{\pi \cdot d^4}{64} \quad (2.51)$$

Радіус інеркції

$$i = \sqrt{\frac{I_x}{S}} \quad (2.52)$$

Приведена довжина буде становити

$$L_{np} = \nu \cdot L = 0,7 \cdot 0,160 = 0,112 \text{ м}$$

Гнучкість буде становити

$$\lambda = \frac{L_{np}}{i} \quad (2.53)$$

Якщо $\lambda \geq \sqrt{\frac{\pi^2 E}{\sigma_{np}}}$, тоді можна користуватися формулою $P_{кр} = \frac{\pi^2 EI_X}{L_{np}^2}$,

якщо $P_{кр} < F$, то плунжер зруйнується, якщо ні – то стійкість плунжера забезпечиться.

Якщо $\lambda \leq \sqrt{\frac{\pi^2 E}{\sigma_{np}}}$ то по таблиці інтерполяцій знаходимо коефіцієнт φ

Тоді $[G]_y = \varphi [G]$

$$G = \frac{F}{S} \quad (2.54)$$

3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Програма дослідження

Основою розробки нових технологій і обладнання, а також здійснення оптимізації їх експлуатаційних властивостей є науковий підхід, який визначає залежність ключових параметрів від кінцевого результату взаємодії технології та продукту, що переробляється. Для вирішення цього питання необхідний комплексний підхід до дослідження предмета. Важливо розуміти фундаментальні принципи технологічного процесу в конкретній машині чи пристрої, причини природи процесу та ряд інших пов'язаних з ним правил, без яких вдосконалення існуючих машин і технологій, і особливо створення нових технічних методів, є неможливо.

В даній кваліфікаційній роботі здійснюється спроба провести аналіз конструктивної структури гомогенізатора з метою виявлення його оптимальних параметрів для заданих умов проектування.

Для цього необхідно здійснити наступні кроки:

1. Дослідити сучасні тенденції розвитку і проектування технологічної лінії виробництва молочних продуктів.
2. Виявити можливі напрямки удосконалення технічних засобів виробництва молочних продуктів.
3. Провести теоретичний аналіз процесу виготовлення молочних продуктів.
4. На основі аналізу конструктивних рішень дослідити параметри роботи технологічного обладнання у потоковій лінії виробництва молочних продуктів.
6. Зробити висновки з виконаної роботи.

3.2 Методика розрахунку гомогенізатора

Вивчення складних явищ, що відбуваються в гомогенізаторі, дозволяє створювати раціональну форму гомогенізуючої головки, яка забезпечують велику продуктивність гомогенізатора поряд з високою якістю готового продукту, вказувати можливі шляхи поліпшення процесу гомогенізації.

Для розрахунку гомогенізатора потрібні наступні дані:

- діаметр плунжера;
- хід плунжера;
- кутова швидкість обертання колінчастого валу;
- число плунжерів;
- тиск гомогенізації;
- частота обертання валу.

3.2.1. Технологічний розрахунок гомогенізатора

Продуктивність гомогенізатора ($\text{м}^3/\text{с}$) можна визначити за допомогою формули:

$$Q = \frac{\pi \times D^2}{4} \times S \times \frac{n}{60} \times z \times \eta_n \quad (3.1)$$

де D – діаметр плунжера, м;

S – хід плунжера, м;

N – частота обертання колінчастого валу, с^{-1} ;

z – число плунжерів, шт.;

η_n – ККД насоса ($\eta_n=0,8$).

При гомогенізації частина механічної енергії перетворюється на теплоту, унаслідок чого відбувається підвищення температури гомогенізованого продукту.

Орієнтовну потужність, необхідну для роботи гомогенізатора (кВт), можна визначити по формулі:

$$N = Q p_0 / \eta \quad (3.2)$$

де p_0 – робочий тиск перед клапаном, Па;

η – механічний ККД гомогенізатора $\eta = 0,75$.

Підвищення температури ($^{\circ}\text{C}$) продукту в гомогенізаторі можна визначити по формулі:

$$\Delta t = \frac{N \cdot \eta}{Q_c \cdot \rho \cdot c}, \quad (3.3)$$

де N – потрібна потужність, Вт;

Q_c – об'ємна продуктивність гомогенізатора, $\text{м}^3/\text{с}$;

ρ – щільність продукту, $\text{кг}/\text{м}^3$; $\rho = 1030 \text{ кг}/\text{м}^3$;

c – масова теплоємність продукту, $\text{Дж}/(\text{кг}^{\circ}\text{C})$.

Середній діаметр жирових кульок (мкм) в діапазоні зміни тиску від 2,0 до 20,0 МПа при температурі продукту в діапазоні $40\text{...}60^{\circ}\text{C}$ визначається по формулі Н.В. Барановського:

$$d_{cp} = \frac{3,8}{\sqrt{P}}, \quad (3.4)$$

де, P – тиск гомогенізації, МПа.

Потужність електродвигуна масляного насоса можна визначити по формулі:

$$N = \frac{Q \times P}{3600 \times \eta} \text{ кВт} \quad (3.5)$$

де Q – об'ємна продуктивність підібраного масляного насоса, $\text{м}^3/\text{с}$.

P – тиск, що розвивається насосом, Па.

Визначаємо теоретичну швидкість оброблюваного в гомогенізуючій головці молока по формулі Торрічеллі:

$$V_1 = \sqrt{2g \times \frac{\Delta P}{\rho}} \quad (3.6)$$

де, P_1 – тиск на першому ступені гомогенізуючої головки, МПа;

P_2 – тиск на другому ступені гомогенізуючої головки, МПа.

$$D_p = P_2 - P_1 \text{ Мпа}$$

З формули витрати молока визначуваний діаметр отвору першого ступеня гомогенізуючої головки:

$$d_1 = \frac{Q}{\pi \times V_1 \times h} \text{ м} \quad (3.7)$$

де h – висота гомогенізуючої щілини ($h=0,003\text{м}$).

Визначаємо силу потоку молока, що діє на шток першого ступеня гомогенізуючої головки F_1 , Н:

$$F_1 = \frac{\pi \times d_1^2 \times P_2}{4} \text{ Н} \quad (3.8)$$

Визначуваний діаметр штока d' :

$$d' = \sqrt{\frac{4 \times F_1}{\pi \times P_m}} \text{ м.} \quad (3.9)$$

3.2.2. Розрахунок клапана гомогенізатора.

Розрахунок клапана гомогенізатора здійснити на підставі схеми (рис.3.1)

Знаходимо площу перетину хвостовика клапана ΔS , м²

$$\Delta S := \pi \cdot r_k^2 \quad (3.10)$$

де, r_k – радіус хвостовика, м;

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

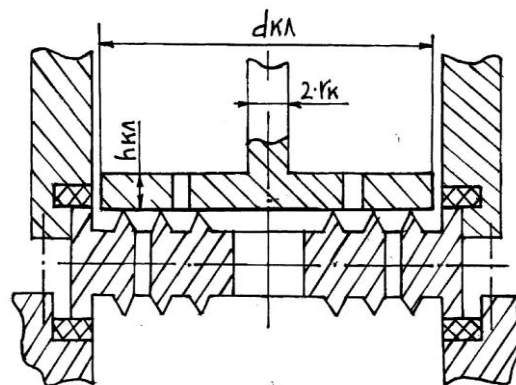


Рисунок 3.1 - Схема клапана гомогенізуючої головки

Для малов'язких рідин (молоко, соки) діаметр (м) прохідного перетину сідла визначається по формулі:

$$D_c := \frac{\sqrt{Q}}{4 \sqrt{\frac{p - p_v}{\delta_v}}} \quad (3.11)$$

де, p_v – тиск всмоктування, МПа;

δ_v – відношення маси перекачуваної рідини до маси води (для молока $\delta_v \equiv 1.03$),

3.2.3 Розрахунок приводу гомогенізатора

Для розрахунку приводу гомогенізатора потрібно наступні параметри:

- необхідна потужність на валу плунжерного насоса;
- частота обертання валу насоса.

Необхідну потужність електродвигуна $P_{e.tr}$, кВт визначимо по формулі [10]:

$$P_{e.tr} = P_2 / \eta, \text{ кВт} \quad (3.12)$$

де P_2 – потужність на веденому валу приводу, кВт;

η – коефіцієнт корисної дії приводу.

Коефіцієнт корисної дії для клинопасової передачі $\eta \equiv 0.96$

3.2.4 Кінематичний розрахунок приводу

Загальне передавальне відношення приводу i визначимо по формулі

$$i := \frac{n_1}{n_2} \quad (3.13)$$

Крутний момент на валу плунжерного насоса T_2 :

$$T_2 := \frac{P_2}{\omega} = \frac{P_2}{\frac{\pi \cdot n_2}{30}} \text{ кНм} \quad (3.14)$$

де ω – кутова швидкість валу насоса с^{-1} ;

Крутний момент на валу електродвигуна T_1 , кНм; обчислимо за формулою:

$$T_1 := \frac{T_2}{i \cdot \eta_{кНМ}} \quad (3.15)$$

Потужність на валу електродвигуна P_1 , кВт:

$$P_1 := \frac{P_2}{\eta_{\text{кВт}}} \quad (3.16)$$

де, P_2 – потужність на валу робочої машини, кВт

3.2.5 Розрахунок клинопасової передачі

Розрахунковий діаметр веденого шківa d_2 , мм:

$$d_2 := d_1 \cdot i_{\text{мм}} \quad (3.17)$$

Уточнюємо передавальне відношення пасової передачі i по формулі:

$$i := \frac{d_2}{d_1 \cdot (1 - \xi)} \quad (3.18)$$

де ξ – відносне ковзання

Для кордшнурових ременів $\xi \equiv 0.01$

Відхилення фактичного передавального відношення від раніше прийнятого $\Delta i, \%$

$$\Delta i := \frac{(i) - i}{(i)} \cdot 100 \quad (3.19)$$

де (i) – раніше прийняте передавальне відношення

Попередня міжосьова відстань a_{min} , a_{max} , мм:

$$a_{\text{min}} := 0.55 \cdot (d_1 + d_2) + T_0 \text{ мм} \quad (3.20)$$

де T_0 – висота перетину паса Γ $T_0 \equiv 19 \text{ мм}$

$$a_{\text{max}} := d_1 + d_2 \text{ мм} \quad (3.21)$$

Проміжне значення міжосьової відстані $a_{\text{пр}}$, мм:

$$a_{\text{пр}} := \frac{a_{\text{min}} + a_{\text{max}}}{2} \text{ мм} \quad (3.22)$$

Розрахункова довжина ременя (мм) визначається з виразу:

$$L_{\text{пр}} := 2a_{\text{пр}} + \frac{\pi}{2} \cdot (d_1 + d_2) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4a_{\text{пр}}} \text{ мм} \quad (3.23)$$

Приймаємо найближче значення із стандартного ряду довжин

Міжосьова відстань(мм) обчислюється за формулою:

$$a := 0.25 \cdot \left[(L_p - \omega) + \sqrt{(L_p - \omega)^2 - 8y} \right]_{\text{мм}} \quad (3.24)$$

Кут обхвату ременем малого шківа, град:

$$\alpha_1 := 180 - 57 \cdot \frac{d_2 - d_1}{a} \text{ град} \quad (3.25)$$

Окружна швидкість v_1 , м/с:

$$v_1 := \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n_1}{60 \cdot 1000} \text{ м/с} \quad (3.26)$$

Номінальну потужність передавану одним ременем перетину B при $v=16,155$ м/с і $d_1=315$ мм визначуваний методом лінійної інтерполяції [1]:

Потужність, передавана одним ременем (кВт) в заданих умовах експлуатації визначимо з виразу:

$$P_p := \frac{P_o \cdot C_\alpha \cdot C_v \cdot C_i \cdot C_l \cdot C_\beta}{C_p} \text{ кВт} \quad (3.27)$$

Число ременів z :

$$z := \frac{P_1}{P_p \cdot C_z} \quad (3.28)$$

де P_1 – потужність на провідному валу передачі, кВт;

P_p – потужність передачі з одним ременем в заданих умовах експлуатації, кВт;

C_z – коефіцієнт, що враховує число ременів в комплекті.

Сила попереднього натягнення одного ременя F_o , Н:

$$F_o := \frac{850 \cdot P_1 \cdot C_p \cdot C_l}{z \cdot v \cdot C_\alpha} + \theta \cdot v^2 \quad (3.29)$$

де i – коефіцієнт враховує вплив відцентрових сил, для перетину Γ

$$\theta \equiv 0.6 \text{ Н*с/м}^2$$

Навантаження на вали передачі (Н) обчислюється за формулою:

$$F_B := 2 \cdot F_0 \cdot z \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right), \quad \text{Н} \quad (3.30)$$

Число пробігів паса рівне:

$$v := \frac{v}{L_p \cdot c-1} \quad (3.31)$$

де v – швидкість паса, м/с;

L_p – довжина паса, м

Напруження (МПа) від сили попереднього натягнення ременя обчислимо з виразу:

$$\sigma_0 := \frac{F_0}{A} \text{ МПа} \quad (3.32)$$

де A – площа перетину ременя [1]: мм^2

Напруження від окружної сили (МПа) можна визначити з виразу:

$$F_T := \frac{P_1}{v} \text{ Н} \quad (3.33)$$

$$\sigma_{F_T} := \frac{F_T}{2A \cdot z} \text{ МПа} \quad (3.34)$$

Напруження від відцентрових сил σ_v , МПа:

$$\sigma_v := 10^{-6} \cdot \rho \cdot v^2 \text{ МПа} \quad (3.35)$$

де $\rho \equiv 1200$ – щільність матеріалу ременя, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$.

Напруження вигину МПа обчислимо за формулою:

$$\sigma_{и} := \frac{2E \cdot y}{d_1} \text{ МПа} \quad (3.36)$$

де $E \cdot y$ – для пасів перетину Γ рівне 678

Максимальне напруження (МПа) рівне:

$$\sigma_{\max} := \sigma_0 + \sigma_{F_T} + \sigma_v + \sigma_{и} \text{ МПа} \quad (3.37)$$

Розрахункова довговічність ременя (год) визначається з виразу:

$$L_h := \left(\frac{\sigma_y}{\sigma_{\max}} \right)^m \cdot \frac{10^7 \cdot C_i \cdot C_p}{3600 \cdot z_{ш} \cdot 5.95} \quad (3.38)$$

де $z_{ш}$ – число шківів;

m – показник ступеня, для клинових пасів $\sigma_y \equiv 9$ МПа і $m \equiv 8$

$L_h = 6.494 \cdot 10^3 > t_{ср} > 2000$ год. для середнього режиму роботи.

Розрахунок веденого шківів:

Зовнішній діаметр шківів (мм) рівний:

$$d_l := d_p + 2b_{\text{мм}} \quad (3.39)$$

Ширину обода шківів (мм) можна обчислити за формулою:

$$B := (z - 1) \cdot l + 2f_{\text{мм}} \quad (3.40)$$

Товщина обода чавунних шківів (мм) рівна:

$$\delta_{ч} := 0.65 \cdot l_{\text{мм}} \quad (3.41)$$

Діаметр маточини шківів $d_{ст}$, мм:

$$d_{ст} := 1.7 \cdot d_{в\text{ мм}} \quad (3.42)$$

де $d_{в}$ – діаметр валу плунжерного насоса, мм

Проведемо перевірочний розрахунок відповідності діаметру валу плунжерного насоса щодо навантажень, що прикладаються:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot T_2}{\pi \cdot [\tau]}} \text{ мм} \quad (3.43)$$

де τ – напруження, що допускається $\tau = 15$ МПа

Довжина маточини рівна:

$$L := 1.4 \cdot d_{в\text{ мм}} \quad (3.44)$$

Число спиць рівне:

$$K_c := \frac{1}{6} \cdot \sqrt{d_p} \quad (3.45)$$

Ширина спиці (мм) в розрахунковому перетині обчислюється з виразу:

$$h := 3.4 \cdot \sqrt[3]{\frac{F_t \cdot d_p}{K_c \cdot (\sigma_{и})}} \text{ мм} \quad (3.46)$$

де $(\sigma_{и})$ напруження, що допускається, на вигин, МПа

Ширина спиці у обода $h_{об}$, мм:

$$h_{об} := h - \frac{20 \cdot h}{100} \text{ мм.} \quad (3.47)$$

Товщина (мм) спиці в розрахунковому перетині рівна:

$$a := 0.4 \cdot h \text{ мм.} \quad (3.48)$$

Товщина (мм) спиці біля обода:

$$a_{об} := a - \frac{20a}{100} \text{ мм.} \quad (3.49)$$

3.2.6 Розрахунок шпонки

Визначаємо робочу довжину шпонки (мм) з умови зминання:

$$\sigma_{см} = \frac{2 \cdot T \cdot 10^{-3}}{d(h-t)l_p} \langle [\sigma]_{см} \quad (3.50)$$

де T – передаваний момент, Н·мм;

d – діаметр валу, м;

l_p – робоча довжина шпонки, мм;

$[\sigma]_{см}$ – напруга зминання, що допускається, МПа;

$[\sigma]_{см} = 80.120$ МПа

$$l_p = \frac{2 \cdot T \cdot 10^{-3}}{\sigma_{см} \cdot d \cdot (h-t)} \text{ мм} \quad (3.51)$$

Перевіряємо підібрану шпонку на зминання:

$$\sigma_{см} = \frac{2 \cdot T \cdot 10^{-3}}{d(h-t)l_p} \text{ МПа.} \quad (3.52)$$

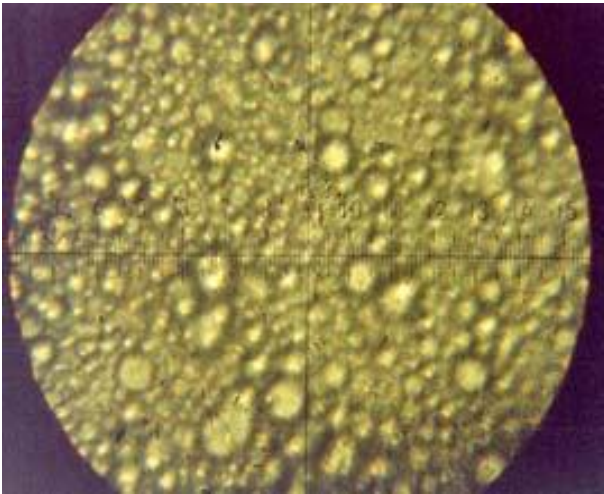
4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ АНАЛІЗ

4.1. Обґрунтування основних параметрів технологічного процесу

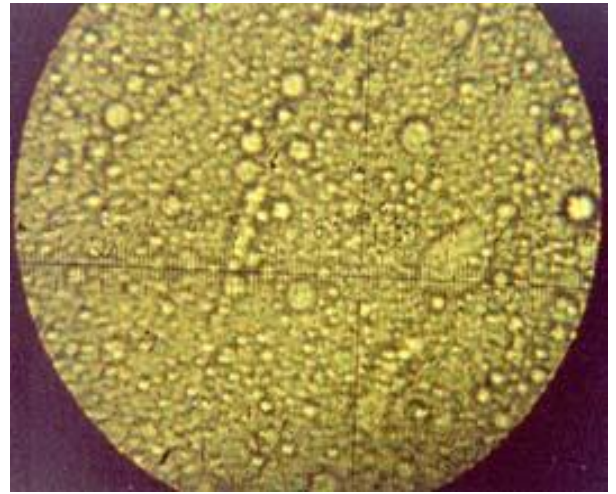
Гомогенізація — це розсіювання частинок жиру за допомогою зовнішніх сил, що прикладаються до молока або вершків. Під час процесу зменшується об'єм жиру та швидкість флотації. Вміст мембрани жирової клітини перерозподіляється, жирова клітина твердне. Ця процедура механічної обробки молока та інших молочних продуктів включає дисперсію жирової фази в молоці, що має на меті запобігти розвитку проблем накопичення жиру, індукції окислення, дестабілізації під час транспортування та зберігання великих обсягів та інших проблем.

Обробка сировини призводить до гомогенізації продуктів.

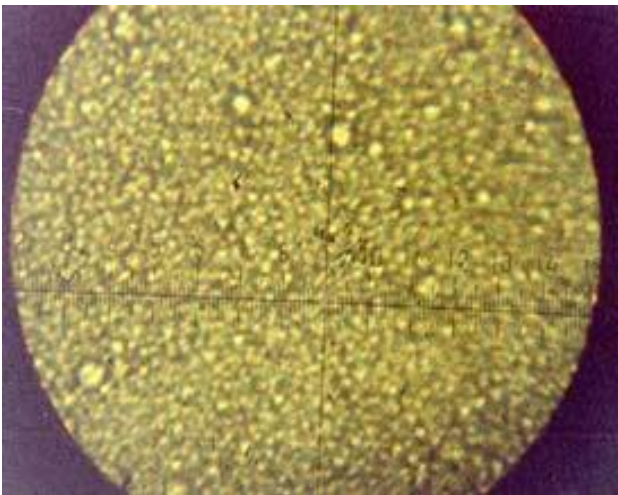
- 1) у виробництві попередньо пастеризованого молока і вершків - цей процес призначений для отримання однорідності (смак, колір, склад жиру);
- 2) молоко і вершки стерильні - для підвищення стійкості продукту при зберіганні;
- 3) молочні продукти з кислими властивостями (сметана, кефір, йогурт та ін.) - підвищення міцності на розрив і консистенції білкових згустків, усунення утворення жирового нальоту на поверхні продукту;
- 4) консервоване молоко – з уникненням відділення жиру при тривалому зберіганні;
- 5) сухе незбиране молоко - втрата якості вільного жиру в молоці, не екранованого білковими оболонками, це призводить до його швидкого псування під впливом кисню повітря,
- 6) відтворені молочні, вершкові та кисломолочні напої - з метою створення повноти смаку продукту та уникнення розвитку водянистого присмаку;
- 7) молоко з додатковими речовинами (какао та ін.) - для посилення смаку, збільшення консистенції та зменшення ймовірності утворення осаду.[1]



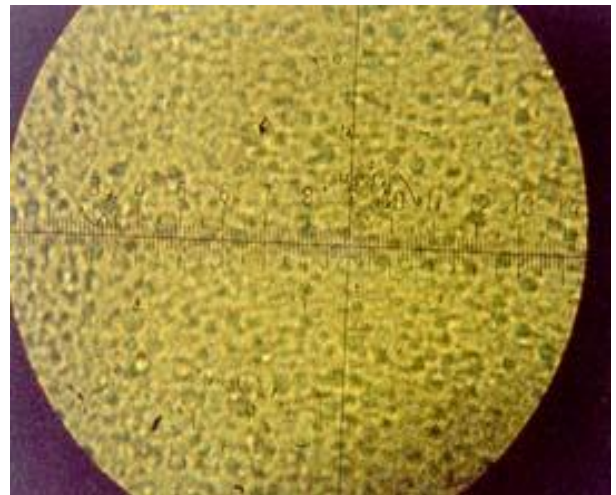
Молоко не гомогенізоване



Тиск гомогенізації $P=20$ МПа



Тиск гомогенізації $P=30$ МПа



Тиск гомогенізації $P=35$ МПа

Рисунок 4.1 - Мікрофотографії молока.

Диспергування жирових кульок, тобто зменшення їх розмірів і рівномірний розподіл в молоці, досягається дією на молоко значного зовнішнього зусилля (тиск, ультразвук, високочастотна електрична обробка і ін.) в спеціальних машинах – гомогенізаторах.

4.2 Обґрунтування основних параметрів гомогенізаторів клапанного типу

Гомогенізатори клапанного типу служать для обробки молока і вершків з метою запобігання їх розшаровуванню при зберіганні. Аналіз літературних джерел дозволив розробити класифікацію гомогенізаторів клапанного типу (Рис. 4.2).



Рисунок 4.2 - Класифікація гомогенізаторів клапанного типу

Для обробки рідких продуктів найбільшого поширення набули клапанні гомогенізатори. Таким гомогенізатором є трьохплунжерний насос 2 (Рис. 4.3), що приводиться в дію від кривошипно–шатунного механізму 1. При ході плунжера вліво насос всмоктує гомогенізовану емульсію через всмоктуючий клапан 11 в циліндр; при ході плунжера управо насос подає її під тиском 10.30 МПа через клапан 10.

У неробочому положенні клапан щільно притиснутий до сідла пружиною 5, яка стиснута регулювальним гвинтом 6; у робочому положенні,

коли нагнітається рідина, клапан підведений тиском і знаходиться в «плаваючому» стані.

Зазор між клапаном і сідлом дуже малий – менше 0,1 мм; тому рідина при вході під клапан набуває великої швидкості і піддається в зоні клапана інтенсивній механічній дії. Це дія і приводить до гомогенізації.

Основним показником режиму гомогенізації є так званий тиск гомогенізації, вимірюваний манометром 8. Чим вище тиск гомогенізації, тим ефективніше процес диспергування частинок оброблюваного продукту. Тиск регулюють залежно від показів манометра. При загвинчуванні гвинта тиск пружини на клапан збільшується, отже, висота клапанної щілини зменшується. Це приводить до збільшення гідравлічних опорів при русі рідини через клапан, тобто до збільшення тиску, необхідного для проштовхування даної кількості рідини.

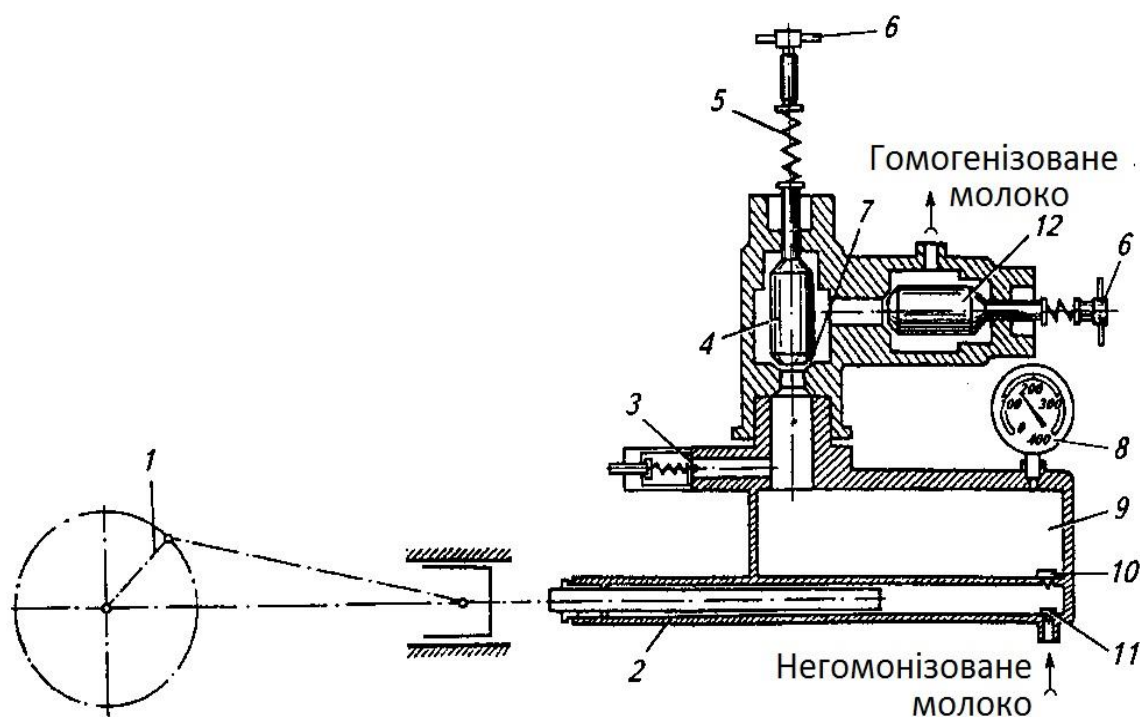


Рисунок 4.3 - Схема двоступінчатої гомогенізуючої головки.

1 – кривошипно-шатуновий механізм; 2 – плунжерний насос; 3 – запобіжний клапан; 4, 12 – гомогенізуючі клапани першого і другого ступенів; 5 – пружина; 6 – регулювальні гвинти; 7 – сідло; 8 – манометр; 9 – нагнітальна камера; 10 – нагнітальний клапан; 11 – всмоктуючий клапан.

Гомогенізатор забезпечений запобіжним пружинним клапаном 3, через який рідина може виходити назовні в тих випадках, коли тиск в машині піднявся вище встановленого. Граничний тиск, при якому запобіжний клапан відкривається, регулюють гвинтом з пружиною.

Плунжерні насоси одинарної дії нерівномірно подають рідину; тому в гомогенізаторах використовують багатоплунжерні насоси, найчастіше трьохплунжерні, які володіють порівняно рівномірною подачею завдяки зсуву кривошипів колінчастого валу на 120° і почерговій роботі циліндрів.

При русі рідини між сідлом і клапаном з великою швидкістю в умовах високого тиску вона викликає швидкий знос цих двох деталей. Тому клапан і сідло виготовляють із сталі високої твердості.

Експериментальні дослідження впливу гідравлічних чинників на ступінь дисперсності жиру при гомогенізації молока в клапанному гомогенізаторі, дозволяють пояснити механізм дроблення рідкої внутрішньої фази емульсії при проході її через робочий орган (рис. 4.4)

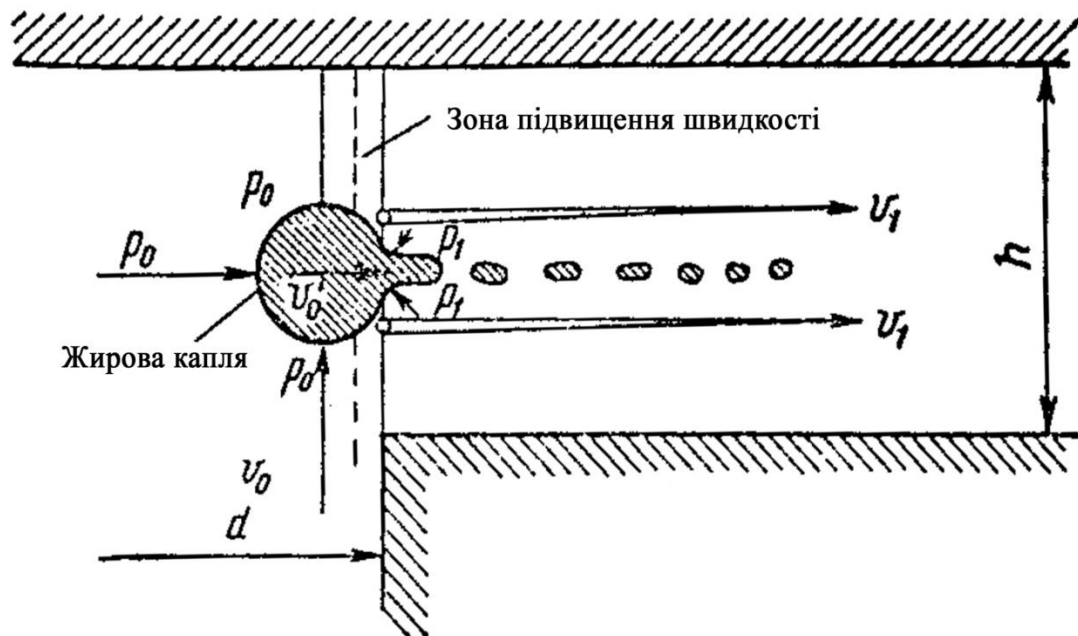


Рисунок 4.4 - Схема дроблення жирової краплі при гомогенізації в клапані.

У кожному з гомогенізуючих клапанів є місце з різким зменшенням перерізу потоку на переході від каналу сідла до зазору клапана, в цьому місці також різко зменшується швидкість. У точці підходу швидкість потоку дорівнює x_0 , а на вході — x_1 , причому обидві ці величини мають порядок кількох метрів за секунду. Перше значення становить кілька сотень метрів за секунду, а друге — кілька метрів за секунду.

Під час переходу від жирового відкладення до високошвидкісного, передні частини краплі втягуються в потік у зазорі з великою швидкістю x_1 , вириваються та звільняються від решти краплі, яка ще є швидкістю x_0 . Частина, що залишилася, яка все ще є частиною потоку, продовжує проходити через граничну ділянку і поступово повертається до рук частинок, які є більш просвітленими..

Якщо різниця між x_1 і x_0 значна, то краплю можна розділити на частинки шляхом послідовного видалення компонентів без проміжного розтягування всієї краплі в стрижень або циліндр. З невеликою різницею швидкостей між x_1 і x_0 вся крапля, швидше за все, перетне межу, не розбиваючись, однак це призведе до деформації, яка є нестабільною, тому повернення краплі до початкового стану за умов потоку в зазорі буде неможливо. Під дією механічної дії потоку та сил поверхневого натягу крапля розділиться на більш дрібні частинки.

Таке розуміння механізму дроблення крапель пояснює експериментальне спостереження про те, що ступінь дисперсності емульсії зростає, коли швидкість зменшується на початку зазору клапана. Чим більше швидкість x_1 , тим більше інтенсивність відриву рідини з краплі в прикордонній області, тим ця лінія тонша і менша за частинку після її розчинення..

Зв'язок між дисперсією та швидкістю x_1 пояснює механізм, за допомогою якого практика встановила зв'язок із ефектом гомогенізації, оскільки будь-яка комбінація умов призводить до певної швидкості. Це полегшує створення будь-якої залежності гомогенізатора від перепаду тиску

р, яка справедлива для інших гомогенізаторів того ж типу, які працюють на продукті з такими ж властивостями.

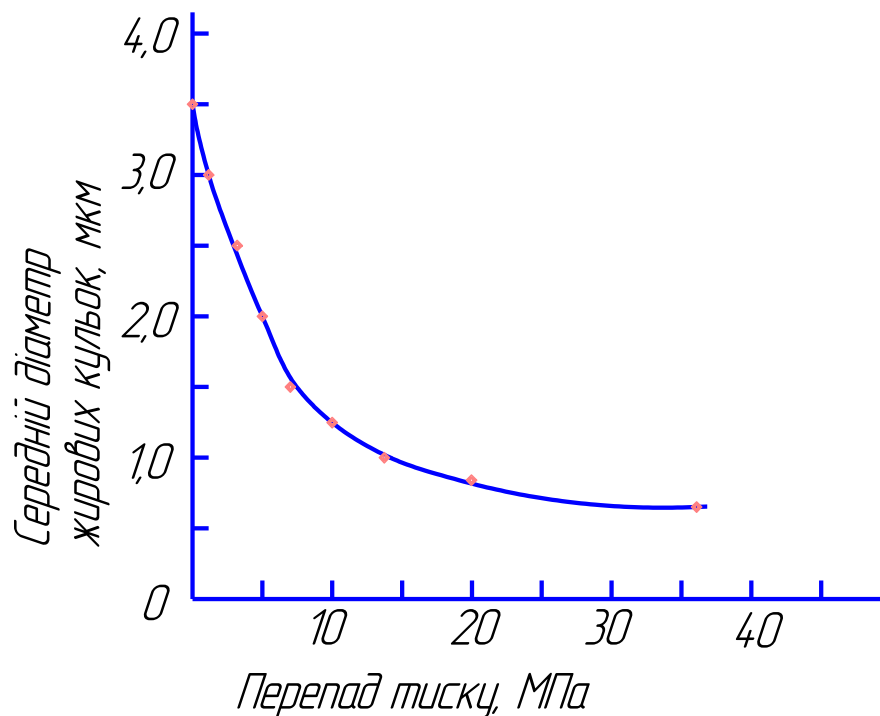


Рисунок 4.5 - Графік залежності дисперсності гомогенізуючої емульсії від перепаду тиску.

Графік (рис. 4.5) демонструє зміну температури диспергування натурального молока при рівномірному тиску і температурі 60°C. Середній діаметр частинок жиру (d_{cp}) швидко зменшується при високому тиску 12-14 МПа. В діапазоні 14-20 МПа середній діаметр зменшується повільніше, вище 20 МПа дисперсність майже не змінюється. Це певною мірою зрозуміло з точки зору гідравлічних вимог процесу.

Основним компонентом процесу є швидкість: збільшення швидкості прямо пропорційне падінню тиску і має відносно слабкий зв'язок з ним. Практичні результати процесу гомогенізації співзвучні принципам водних законів.

Переніши залежність $d_{cp} = f(p)$ на логарифмічну сітку, можна вивести емпіричну формулу, справедливу для типових умов гомогенізації молока при температурі 60 градусів за Цельсієм і в діапазоні тисків 3-20 МПа:

$$d_{cp} = \frac{3.8}{\sqrt{\Delta p}}, \text{ мкм} \quad (4.1)$$

де Δp – перепад тиску в гомогенізаторі, МПа.

По формулі (4.1) можна визначити тиск гомогенізації для отримання заданого ступеня дисперсності молока, що гомогенізується [6].

4.3. Модернізація гомогенізуючої головки гомогенізатора клапанного типу

В даний час на молокопереробних підприємствах застосовуються гомогенізатори типу А1-ОГМ, К5-ОГА і А1-ОГ2-С, що мають модифікації з різною продуктивністю.

Гомогенізатор типу А1-ОГМ з двоступінчатою гомогенізуючою головкою (Рис. 4.6) складається із станини, корпусу, плунжерного блоку, гомогенізуючої головки, приводу і кривошипно-шатунового механізму.

Станина виготовлена з швелерів і зовні обшита листовою сталлю. Усередині неї встановлений електродвигун на плиті, яка кріпиться до станини шарнірно на двох кронштейнах.

Плунжерний блок складається з корпусу, ущільнень манжетів, всмоктуючих і нагнітальних клапанів і сідел клапанів. При роботі однієї плунжерної пари рідина поступає до гомогенізуючої головки пульсуючим потоком. З метою його вирівнювання в гомогенізаторах зазвичай застосовуються трьохплунжерні насоси, що приводяться в дію колінчастим валом, у якого коліна зміщені на 120° один відносно одного.

До плунжерного блоку болтами кріпляться двоступінчата плунжерна головка, манометрична головка і запобіжний клапан, розташований з протилежного боку гомогенізуючої головки. Манометрична головка має пристрій, що дроселює, дозволяє зменшити амплітуду коливань стрілки манометра під час роботи гомогенізатора.

Кривошипно-шатунний механізм складається з колінчастого валу, встановленого на двох конічних роликових підшипниках, шатунів і веденого шків. Шатуни сполучені з повзунами шарнірно.

Привід гомогенізатора включає електродвигун і пасову передачу.

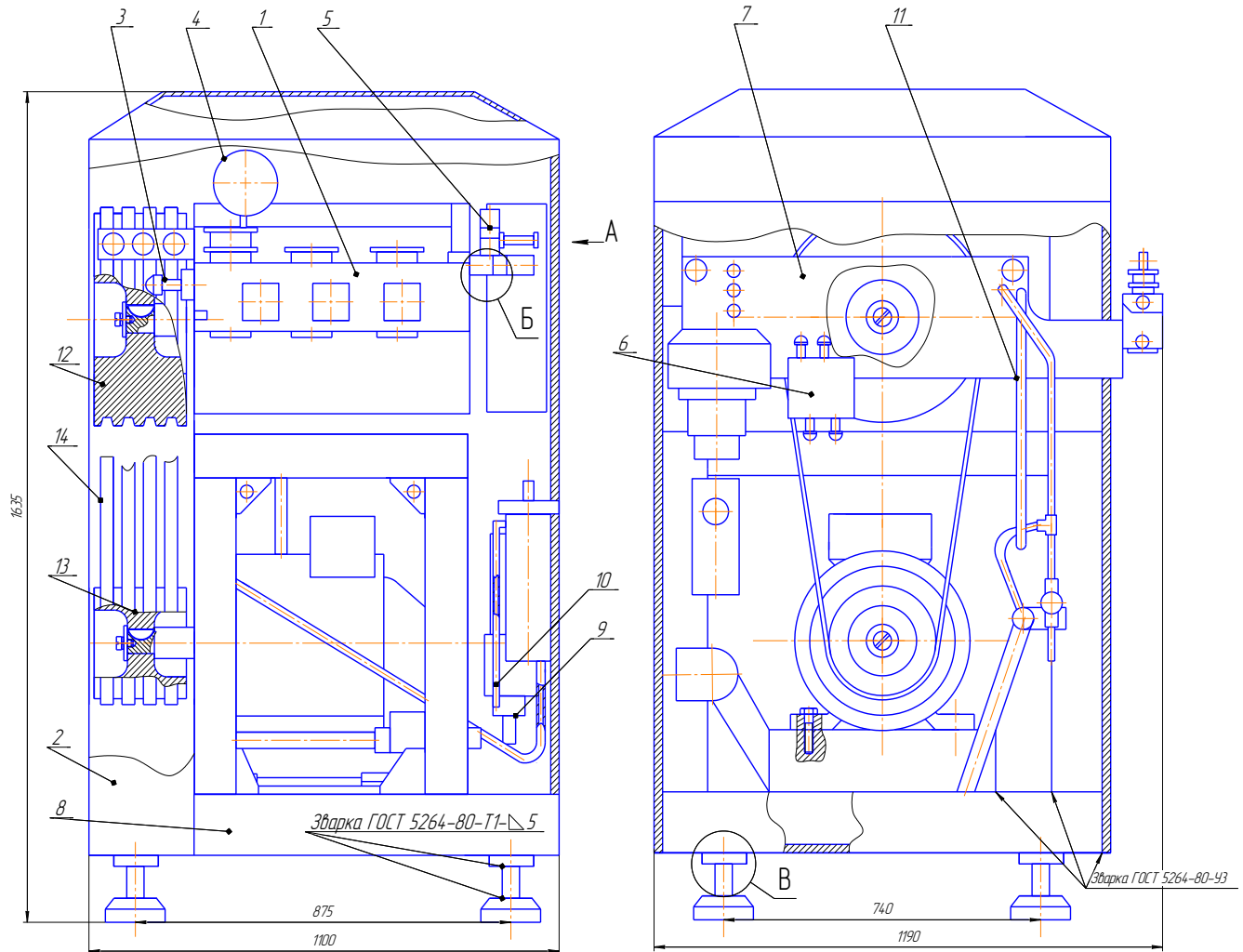


Рисунок 4.6 - Гомогенізатор А1-ОГМ-5:

1 – плунжерний блок; 2 – захисна кришка; 3 – патрубок; 4 – манометр; 5 – фіксатор; 6 – розподільник; 7 – блок; 8 – станина; 9 – розподільник; 10 – патрубок; 11 – трубка; 12 – шків ведений; 13 – шків ведучий; 14 – ремінь.

Суть проектних пропозицій по модернізації гомогенізатора для рідких продуктів полягає в наступному:

1. Для регулювання тиску гомогенізації пропонується замість механічної системи пружинного типу застосувати гідравлічну. Для цього за допомогою

масляного насоса в камери штоків кожним із ступенів гомогенізуючої головки подається масло. Тиск масла регулюється за допомогою перепускного клапана і визначається за показами манометра.

2. Для підвищення ефективності процесу гомогенізації пропонується виготовити клапан другого ступеня гомогенізуючої головки складної форми.

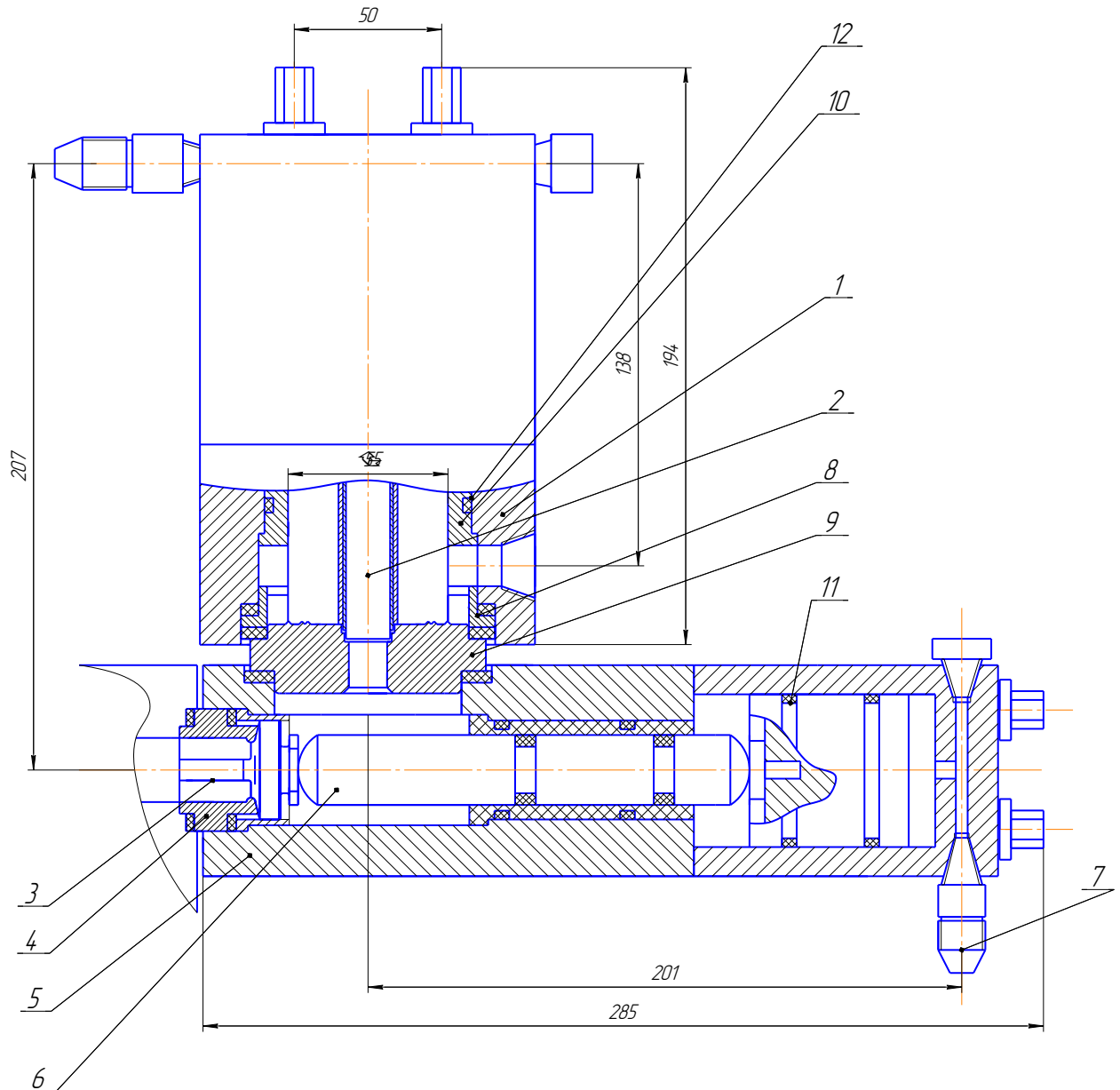


Рисунок 4.7 - Модернізована гомогенізуюча головка

1 – корпус; 2 – шток; 3 – клапан; 4 - сідло клапана; 5 – гільза; 6 – шток; 7 – патрубок; 8 – втулка; 9 - сідло клапана; 10 – гільза; 11 – прокладка; 12 - кільце гумове.

Модернізована гомогенізуюча головка складається з сідла, ступінчастого клапана, ступені якого утворені циліндром і концентрично встановленими навколо нього кільцями, що є ступенями клапана.

Гомогенізуюча головка працює таким чином: Продукт під тиском впливає на нижню поверхню клапана. При відомому перевищенні тиску продукту над зусиллям притиску циліндра (тиск самогенерації) циліндр з маслом піднімається на деяку висоту, і в щілину, що утворюється, з величезною швидкістю поступає продукт. У щілині зважаючи на великий перепад швидкостей відбувається подрібнення грубих суспензій і крупних частинок продукту. Далі продукт натрапляє на вертикальну стінку сідла і, міняючи напрям руху, тисне на нижню частину кільця. Коли тиск продукту перевищить зусилля притиску кільця до сідла, утворюється друга щілина, крізь яку спрямовується продукт і здійснюється вторинна гомогенізація. Далі процес повторюється під наступним кільцем.

Ефективність гомогенізації залежить від кількості перешкод, що огинаються потоком продукту по ходу руху в щілині між клапанами і при виході з неї.

У пропонованій конструкції продукт на виході з щілини всякий раз натрапляє на перешкоду у вигляді вертикальної стінки сідла і міняє напрям свого руху. За час процесу продукт міняє напрям свого руху $2n+1$ раз, де n – число кілець, що сприяє збереженню дрібнодисперсної фази подрібненого продукту і перешкоджає утворенню (злипання) кетягів з роздроблених частинок, що приводить до підвищення якості продукту. Проте зважаючи на складність виготовлення і монтажу великих пакетів з багатьох концентричних пружин не рекомендується застосовувати більше двох кілець.

Дана модернізація дозволяє спростити конструкцію гомогенізуючої головки, забезпечити настройку і обслуговування, підвищити якість гомогенізованого продукту.

4.4 Моделювання, розрахунок конструктивних параметрів елементів гомогенізатора та дослідження роботи технологічної лінії виробництва молочних продуктів

4.4.1 Моделювання параметрів елементів гомогенізатора.

Обґрунтування параметрів гомогенізатора ведеться моделюванням на ЕОМ виходячи з умови погодження подаючого і формувального робочих органів за їх подачею, що забезпечує мінімальну енергомісткість процесу. Базовою величиною, що визначає значення інших параметрів є продуктивність гомогенізатора, яка задається технологічно виходячи з потужності підприємства. Залежність продуктивності гомогенізатора від кількості циклів та діаметра плунжера, показано на рис. 4.8.

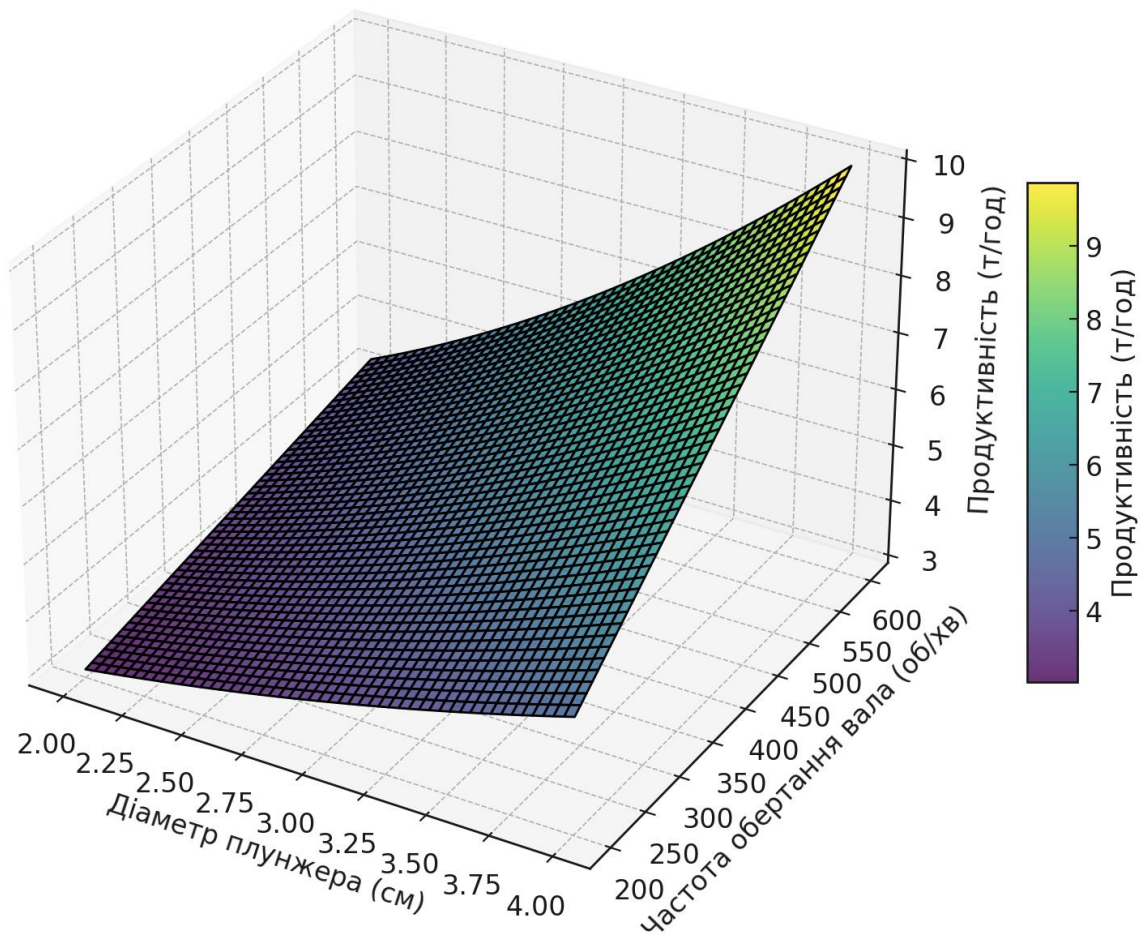


Рисунок 4.8 - Залежність продуктивності гомогенізатора від кількості циклів та діаметра плунжера.

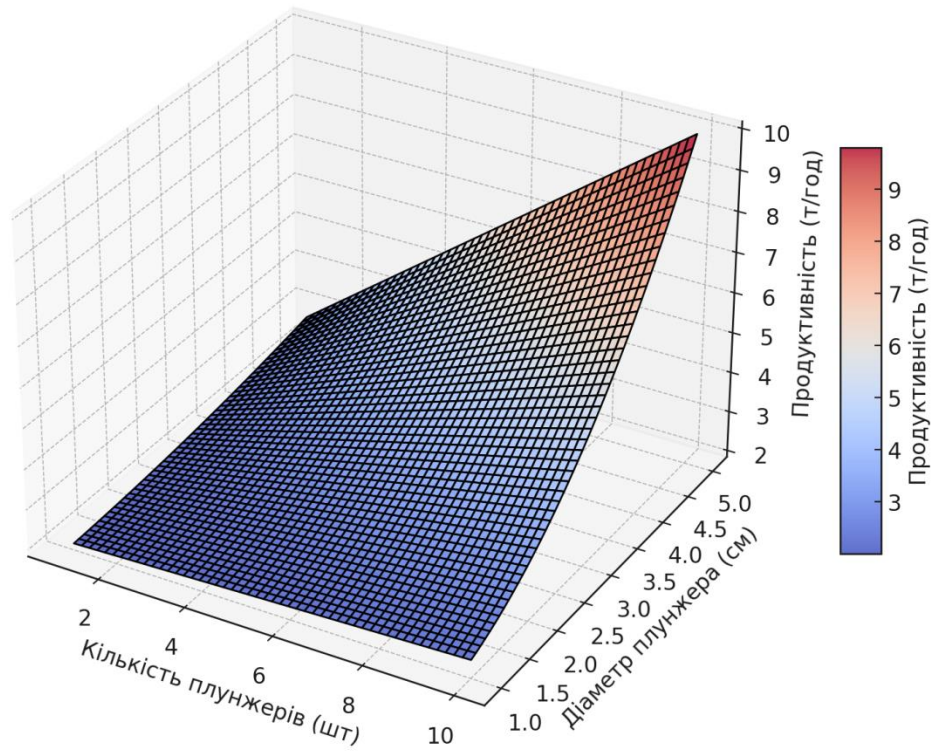


Рисунок 4.9 - Залежність продуктивності гомогенізатора від кількості плунжерів та діаметра плунжера.

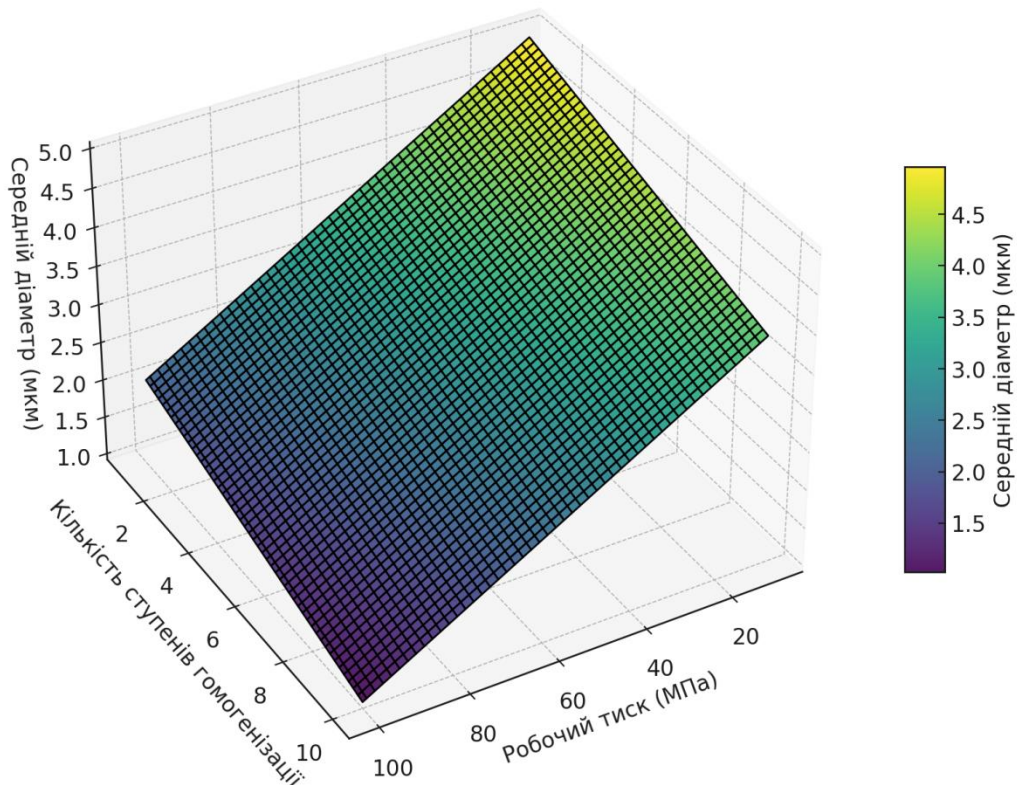


Рисунок 4.10 Залежність середнього діаметра жирових кульок від робочого тиску та кількості ступенів гомогенізації.

Графік рис. 4.10 показує, як змінюється середній діаметр жирових кульок (мкм) залежно від робочого тиску (МПа) та кількості ступенів гомогенізації. З графіка видно що діаметр жирових кульок зменшується зі збільшенням робочого тиску та кількості ступенів гомогенізації. Це дозволяє додатково підібрати оптимальні параметри для потрібного розміру жирових кульок.

Аналіз результатів моделювання і обґрунтування основних геометричних і кінематичних параметрів гомогенізатора.

Для заданої подачі, яка повинна бути близькою до подачі головки гомогенізатора, для забезпечення мінімальних енергозатрат при цих самих режимах тиску у робочій камері, які зумовлені якістю протікання процесу гомогенізації вибираємо основні параметри і режими роботи гомогенізатора, провівши на графіку горизонтальну лінію на рівні загальної продуктивності, яка окреслює діапазон зміни зовнішнього діаметра плунжера і кількості його циклів.

4.4.2 Розробка універсальної технології виробництва молочних продуктів.

Розроблена технологія виробництва молочних продуктів буде дещо відрізнятися від звичайної технології виробництва даної продукції. Основна відмінність буде полягати в тому, що в даному виробництві буде змінена потоково-технологічна лінія виробництва даної продукції. Порівняно з попередньою технологією в даній ПТЛ замість одного виду продукції буде вироблятися одразу декілька видів продукції. Це є молоко, сметана, кисломолочні продукти (кефір, ряжанка). Потоково-технологічна лінія виробництва даної продукції наведена на рис. 4.11.

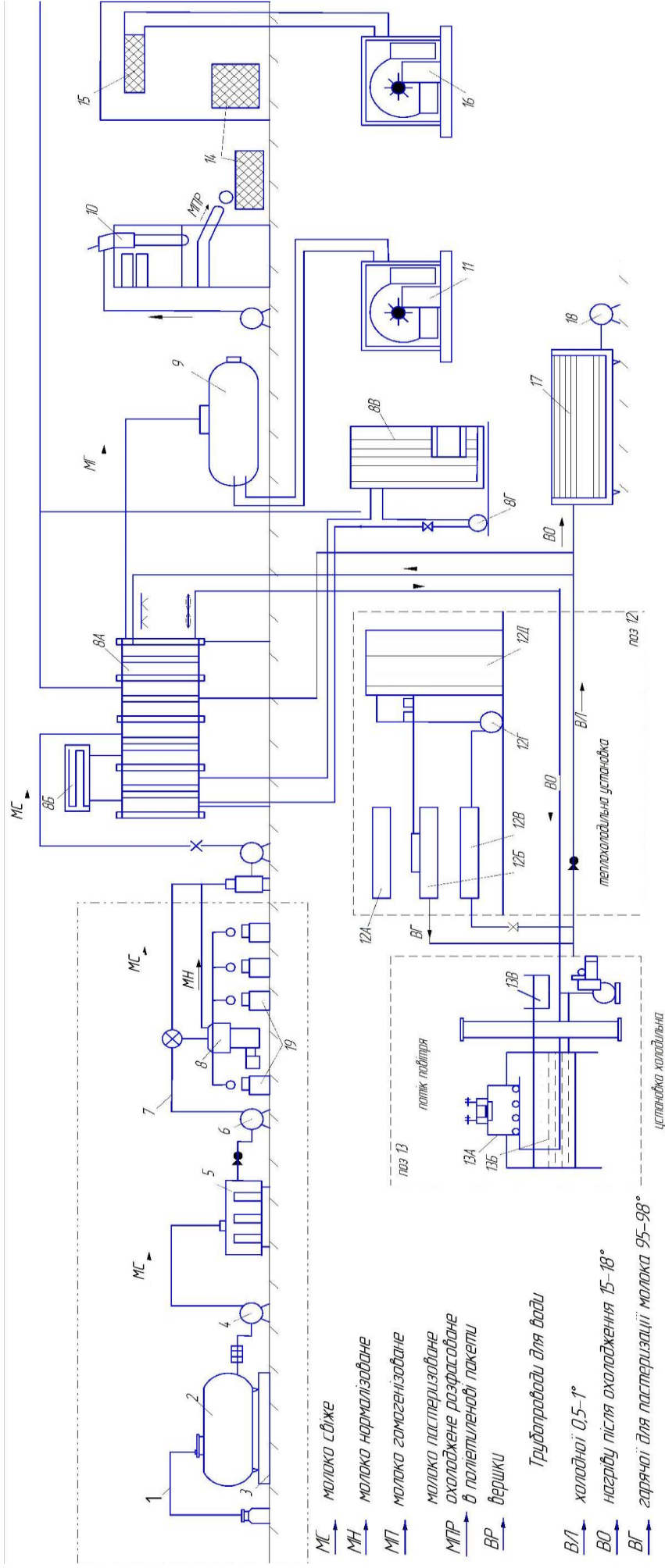


Рисунок 4.11 - Потоково-технологічна лінія виробництва молочних продуктів

1-молокопровід; 2-бак молочний; 3-ваги платформові; 4, 6-три молочних насоса; 5-сепаратор молокоочисник; 7-транспортний молокопровід; 8-гомогенізатор, 8А-теплообмінник; 8Б-ємність для електронагріву води; 8Г-насос для гарячої води; 9-резервуар охолодник молока; 10-установка для розфасовки молока; 11-холодильний агрегат; 12-теплохолодильна установка в тому числі: 12А-компресор, 12В-конденсатор, 12С-випарювач, 12Д-бак для холодної та теплої води; 12Е-установка звичайного охолодження в тому числі: 13А-градирня, 13Б-бак для охолодження води, 13В-розширювальний бак для води; 14-ящики для пакетів з молоком (40 шт); 15-камера холодильна; 16-холодильний агрегат; 17-бак для теплої води; 18-насос для подачі води; 19-молочна фляга.

4.4.3 Графік завантаження устаткування

При побудові графіка завантаження устаткування розраховується тривалість роботи кожного агрегату протягом доби і визначається час включення і відключення його в процесі приготування молока.

Для розподілу технологічних операцій між робітниками на робочих місцях з метою мінімізації їх числа та тривалості технологічного циклу використовують хронограму (лінійний графік) технологічного процесу.

Для побудови хронограми здійснюють такі дії:

- 1). Викреслюють спеціальну форму табличного типу, в якій вказують зміст і тривалість операцій;
- 2). В певному масштабі викреслюють тривалість кожної операції в правій частині форми;
- 3). Визначають показники ефективності процесу і тривалість технологічного циклу.

Графік завантаження устаткування представлений на рис. 4.12.

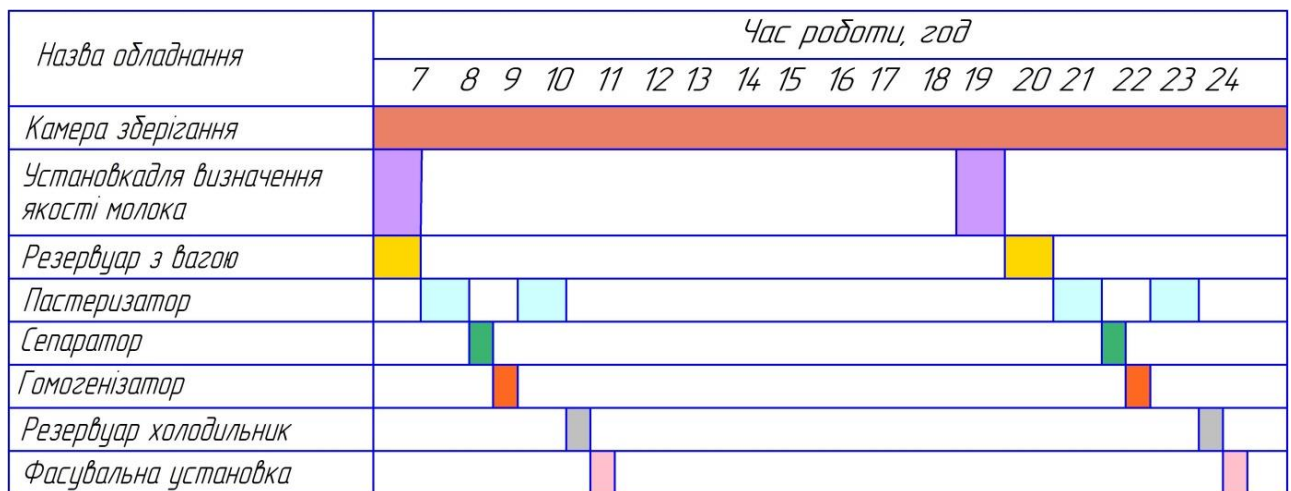


Рисунок 4.12 - Графік завантаження устаткування.

4.4.4. Графік енергоспоживання

На підставі графіка завантаження устаткування будується графік енергоспоживання. Час включеного стану кожного агрегату строго зв'язується з графіком завантаження устаткування. По осі ординат відкладається потужність, виходячи з паспортних даних устаткування. При збігу у часі роботи окремих механізмів їх потужності складаються.

Графік енергоспоживання представлений на рис. 4.13.

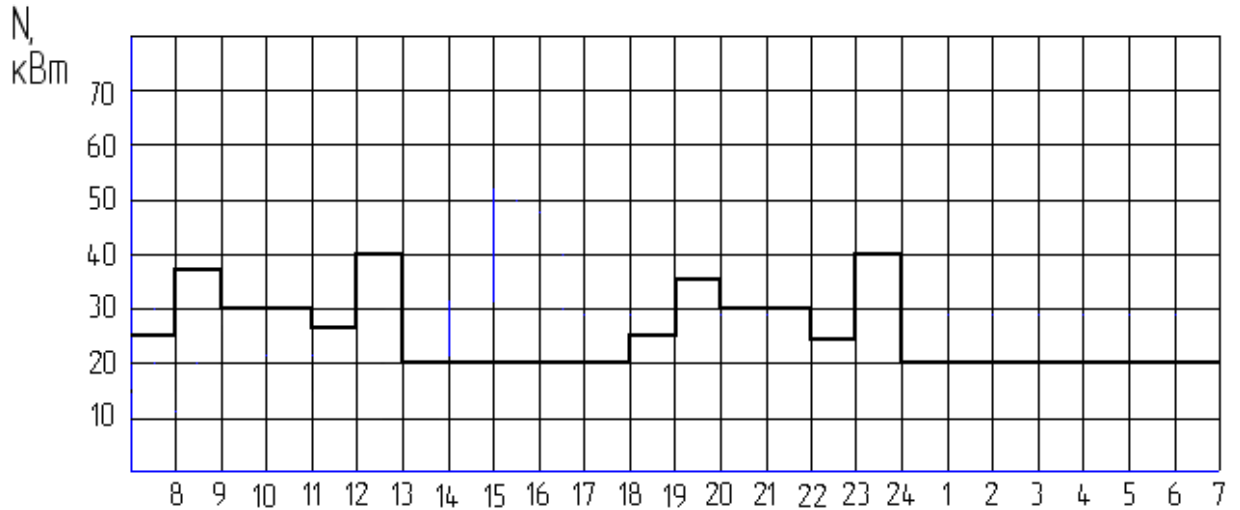


Рисунок 4.13 - Графік енергоспоживання.

4.4.5. Графік водоспоживання

Графік водоспоживання будується для визначення максимальної подачі води і для визначення об'єму водонапірної башти, для зберігання необхідного об'єму води (на випадок аварії на трубопроводі). З графіка видно, що витрата води йде на миття устаткування після роботи, а також на санітарну обробку перед роботою.

Графік водоспоживання представлений на рис. 4.14.

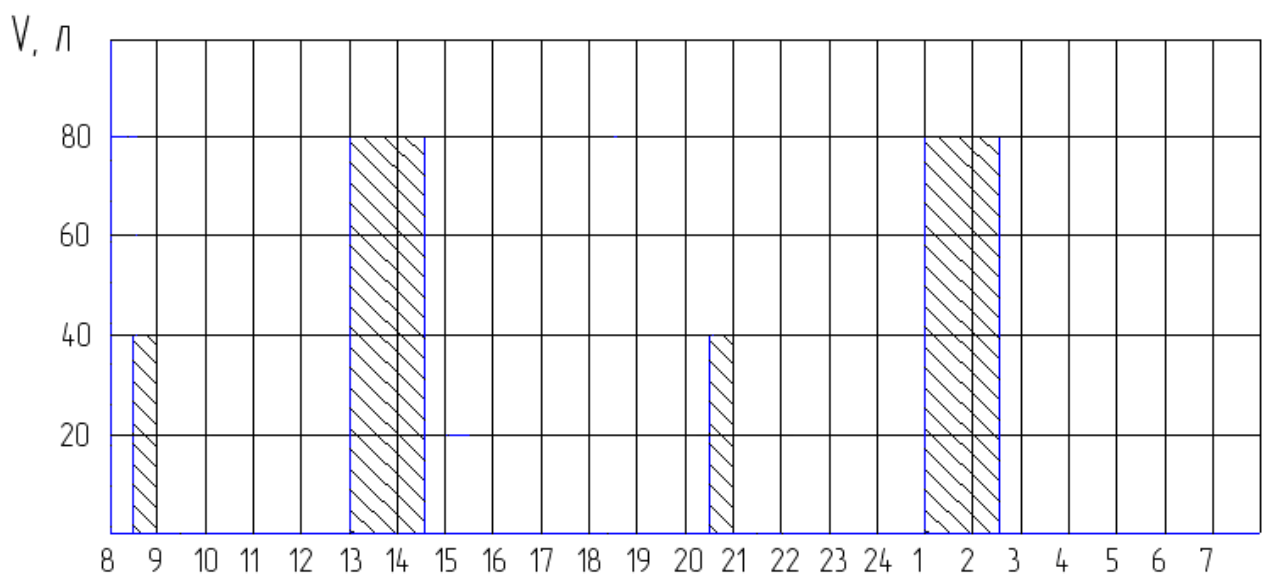


Рисунок 4.14 - Графік водоспоживання.

4.4.6 Оцінка надійності роботи устаткування

З комплексу властивостей що характеризують надійність устаткування, особливий інтерес представляє її безвідмовність - властивість зберігати працездатність протягом заданого часу без вимушених перерв. Це властивість, згідно існуючих стандартів, оцінюється в основному двома показниками: T_0 - середнім напрацюванням на відмову і вірогідністю безвідмовної роботи $P(T)$ - вірогідність того, що за заданий час T устаткування залишається в працездатному стані. Відомо, що на технічний стан кожного з елементів працюючого устаткування впливає велика кількість різних чинників. Приймавши, що ресурс кожного з i -их малонадійних елементів устаткування розподіляється за законом нормального розподілу, отримаємо:

$$\bar{T}_i = \frac{T_{\max i} + T_{\min i}}{2}; \quad \sigma_i = \frac{T_{\max i} - T_{\min i}}{2}, \quad (4.1)$$

де:

\bar{T}_i - середнє напрацювання i -го елемента від початку експлуатації до його граничного стану (заміни), год;

σ_i - середнє квадратичне відхилення напрацювання i -го елемента до його ресурсної відмови, год;

Потрібна кількість i -го елементів (річна витрата) рівна:

$$N_i = \frac{\Phi}{T_i} \cdot n_i, \quad (4.2)$$

де:

Φ - річний фонд часу роботи даного устаткування, год;

n_i - кількість i -их елементів в об'єкті, шт.

Вірогідність же безвідмовної роботи i -го елемента з початку експлуатації об'єкту до напрацювання T :

$$P(T) = \Phi' \cdot \left(\frac{\bar{T}_i - T}{\sigma_i} \right), \quad (4.3)$$

де: $\Phi'(x)$ - табличне значення нормальної функції розподілу [10].

Таким чином, маючи відомості про T_i , σ_i , n_i и $\Phi'(x)$ можна прогнозувати потребу в окремих елементах будь-якої використовуваної машини, а також встановлювати вірогідність безвідмовної роботи за задане напрацювання цих елементів.

Проведемо оцінку безвідмовності гомогенізатора в перебігу першого року його експлуатації з розрахунком потреби в запасних частинах.

Характеристики конструктивних елементів (складових частин) гомогенізатора до появи ресурсної відмови приведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 - Дані для розрахунку потреби в запасних елементах гомогенізатора і його безвідмовності

Деталь, вузол	$T_i, год$	$Q_i, год$	$n_i, шт$
1. Ел.двигун	2000-15000	2166,7	5
2. Насос відцентровий	1500-3000	250	2
3. Робочий орган	1200-5000	633,3	4
4. Підшипник	2000-20000	3000	10
5. Сальник	2000-20000	3000	12

Використовуючи дані табл. 4.1 і залежність 4.10, встановлюємо потребу в запасних елементах. Враховуємо, що річний фонд часу роботи лінії в одну зміну складає 3937.6 год., а також і те, що відмова елементів 1, 3, 4, 5 (табл. 4.1) настає після року експлуатації. Тому розрахунок потреби в запасних частинах елементах першого року експлуатації гомогенізатора виконуємо для відцентрового насоса.

Для насоса гомогенізатора:

$$N_T = 3937.6 / 2250 = 1.75 = 2 \text{ шт.}$$

Таким чином, протягом першого року експлуатації гомогенізатора буде потрібно 2 рази його зупиняти, для заміни тих, що допрацювали до граничного стану їх конструктивних елементів.

Аналіз даних таблиці 4.1, показує, що одним з самих ненадійних елементів в гомогенізаторі є відцентровий насос. Вірогідність його безвідмовної роботи представлена в таблиці 4.2. і на рис. 4.15.

Таблиця 4.2 - Вірогідність безвідмовної роботи відцентрового насоса гомогенізатора

Назва	Вірогідність безвідмовної роботи при напрацюванні T, год						
	0 - 300	500	700	800	1000	1100	1500
Насос	0,9986	0,9772	0,8413	0,6915	0,3085	0,1587	0,0014

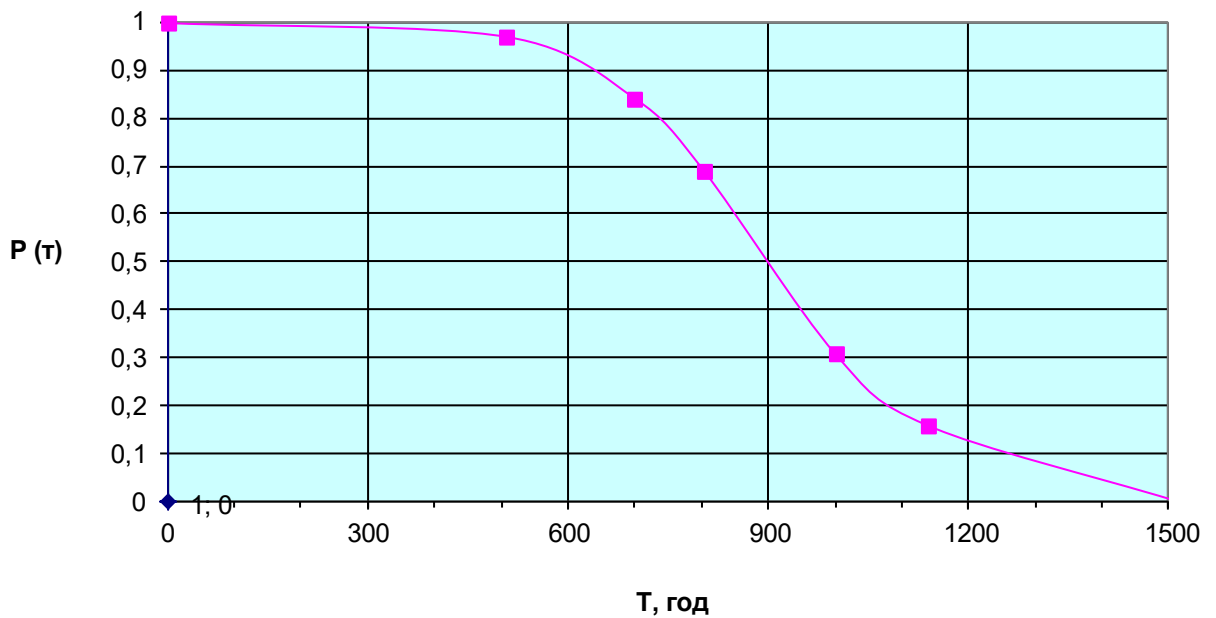


Рисунок 4.15 - Залежність вірогідності безвідмовної роботи відцентрового насоса від напрацювання T.

Як видно з даних таблиці 4.2 і рис. 4.15, вірогідність безвідмовної роботи відцентрового насоса починає знижуватися при напрацюванні 800 год. До цього напрацювання на складі підприємства необхідно мати запасні елементи.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ І БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Аналіз виробничих небезпек під час виготовлення молочних продуктів

У процесі трудової діяльності людина за допомогою певних знарядь діє на предмет праці в умовах існуючого середовища. Залежно від характеру праці на людину можуть впливати різні середовища: механічні, хімічні, теплові, електричні, біологічні. Організм людини здатний переносити без наслідків такі дії лише, якщо вони не перевищують певних рівнів і тривалості. За межами цих рівнів і тривалості виникає пошкодження організму, яке при досягненні певного ступеня кваліфікується як нещасний випадок, травма. Безпосереднім джерелом таких пошкоджень може бути будь-який з компонентів праці.

Пошкодження організму можуть виникати внаслідок: як безпосередньо контактних дій, так і дистанційних, одразу після дії або через певний проміжок часу.

Серед різних факторів виробництва, які можуть спричинити певні дії на людину, виділяють шкідливі й небезпечні виробничі фактори.

Небезпечний виробничий фактор – це такий фактор, дія якого, на працюючу у певних умовах особу, призводить до травних або інших раптових погіршень здоров'я.

Будь-який шкідливий або небезпечний виробничий фактор може діяти на людину лише у певних умовах. Це поняття має надзвичайно важливе значення при вивченні й дослідженні механізмів дії таких факторів на людину та їх наслідків.

Небезпечні й шкідливі виробничі фактори, відповідно до ГОСТ 12.0.003 – 74 поділяють на: фізичні, хімічні, біологічні й психофізіологічні. При розробці заходів запобігання виробничому травматизму й

захворюваності працюючих, спеціалістів найбільше цікавлять шкідливі та небезпечні виробничі фактори.

До *фізичних* небезпечних та шкідливих виробничих факторів належать: рухомі машини, механізми та окремі деталі; вироби, заготовки, матеріали; конструкції, що можуть руйнуватися; високий рівень шуму та вібрації на робочому місці; підвищений або понижений барометричний тиск або його різка зміна; підвищена або понижена вологість; відсутність або нестача природного освітлення; недостатня освітленість робочої зони; гострі краї, задирки і жорсткі поверхні заготовок, інструменту, тари, тощо.

До *хімічних* небезпечних і шкідливих виробничих факторів належать: пестициди, мінеральні добрива, кислоти, луги та інші хімічні реактиви; хімічні кормові добавки; дезинфікуючі засоби; лікувальні препарати та інші хімічні речовини.

До *біологічних* небезпечних та шкідливих виробничих факторів належать: патогенні мікроорганізми (бактерії, віруси, спірохети, гриби) та продукти їх життєдіяльності; мікроорганізми, отруйні комахи, змії.

Психофізіологічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори за характером дії на людей поділяють на фізичні та нервово-психічні перевантаження. Фізичні перевантаження бувають статичні та динамічні, а нервово-психічні - розумові, перевантаження аналізаторів, монотонність праці, емоційні (стреси).

Гранично допустимий рівень виробничого фактора – це дія встановленої тривалості, яка протягом цього трудового стажу не призводить до травм, захворювань або відхилень у стані здоров'я, в процесі роботи або у віддалені сторони життя сучасного і наступних поколінь.

Небезпечні виробничі фактори поділяють на явні, якщо їх дія на людину очевидна і для її запобігання необхідні певні заходи і які потенційно можуть діяти на людину при певних її діях, виникненні аварій та в інших небезпечних умовах.

Так, спеціалісти в галузі безпеки праці стверджують, що виробнича небезпека – це загроза дії на працюючого небезпечних і шкідливих виробничих факторів, а виробнича шкідливість – дія на працюючого лише шкідливих виробничих факторів.

Виробнича небезпека – стан виробництва (умови праці, стан обладнання робочого місця, тощо), при якому існує можливість дії небезпечного виробничого фактора з пошкодженням здоров'я людини. Поняття “виробнича небезпека” трактується лише відносно пошкодження здоров'я людей. Інші небезпеки матимуть різні визначення: пожежна небезпека, радіаційна небезпека, небезпека вибуху, небезпека руйнування (аварія) тощо.

Нещасний випадок на виробництві – випадок дії на працюючого небезпечного виробничого фактора при виконанні ним трудових обов'язків або завдання керівника робіт.

У найновішій літературі наводиться інше визначення.

Нещасний випадок – це несподіване ненавмисне пошкодження людини, що перешкоджає нормальному продовженню її діяльності та виникає внаслідок дії небезпечного виробничого фактору.

Травма – це пошкодження анатомічної цілості організму будь-яким небезпечним фактором.

Травматизм – сукупність травм, які повторюються у тих чи інших контингентів населення відповідно до побутових, виробничих, спортивних та інших обставин. Залежно від того за яких обставин виникають травми у людей, розрізняють травматизм виробничий, побутовий, спортивний, тощо.

При встановленні причинно-наслідкових зв'язків між подіями, що призвели до травми працюючого, необхідно розрізнити поняття “нещасний випадок” і “травма”. Травма є випадковою подією внаслідок дії небезпечного виробничого фактора на людину. Поняття “нещасний випадок” пояснює достовірність факту виникнення травми, а тому його окремою подією вважати не можна.

У процесі роботи людина може потрапляти в небезпечну зону внаслідок відсутності там необхідного огороження, сигнальних пристроїв або попереджувальних знаків та написів, порушення відповідних правил, допущеної помилки або внаслідок аварії. При цьому виникає можливість дії на неї небезпечного виробничого фактора. Кожну дію, внаслідок якої людина потрапляє до небезпечної зони, позначено як небезпечну.

Небезпечна дія – це така дія оператора, яка суперечить науково-обґрунтованим нормам професійної поведінки при виконанні конкретного виробничого завдання. Вона виникає внаслідок порушення регламентованого режиму роботи обладнання, нормативних вимог охорони праці, корм експлуатації споруд і будівель, тощо. Таким чином, внаслідок небезпечних дій, працюючий проникає в небезпечну зону, в якій потрапляє в небезпечні обставини.

Небезпечні обставини розпізнаються аналогічно звичайним обставинам, на що вказує та чи інша обставина і на яке запитання відповідає. Небезпечні обставини розкривають дії, стан чи ознаки небезпечного фактора і обставину, при якій він діяв на людину.

Вичерпні знання обставин, внаслідок яких виник нещасний випадок або може статися аварія, травм а чи більш важкі наслідки, необхідні для глибокого розуміння процесу зародження, нормування та виникнення небезпечних ситуацій – випадкових явищ, що передують травмам, аваріям, катастрофам.

Небезпечні умови можуть визначатися недоліками конструкцій машин, технологічного обладнання і процесів, низьким рівнем організації виробництва, недостатньою надійністю виробничого обладнання, тощо. Вони відіграють пріоритетну роль у нормуванні і виникненні виробничих небезпек – певного стану. За якого виникає реальна загроза аварії або травми. Це пояснюється тим, що навіть при наявності кількох небезпечних виробничих факторів на певному робочому місці, але якщо кожен з них не має умов, за яких він міг би діяти на людину. То на цьому робочому місці відсутня

небезпека травмування. Інша справа, коли такі умови є але про них працюючий не знає. Процес виявлення небезпечних умов у деяких випадках може бути досить складним, тому необхідно проводити спеціальні дослідження .

Аналіз небезпечних умов, які існують чи виникають безпосередньо на виробництві показав, що їх можна поділити на групи, які:

- характеризують стан або рівень безпеки виробничого обладнання або певного робочого місця, конструктивні недоліки конкретного вузла чи машини, та інші;
- спонукають працюючого допускати помилок у процесі роботи, низька кваліфікація працюючого та рівень знань з охорони праці;
- відсутність відповідного контролю за дотриманням правил з охорони праці;
- створюють можливість проникнення працюючого у небезпечну зону.

Небезпечні ситуації. У процесі вивчення умов було помічено, що при їх збіганні з обставинами, у які потрапляє працюючий в результаті допущених небезпечних дій, виникає загальна загроза травмування. Таку загрозу можна назвати небезпечною ситуацією, що виникає при збіганні умов і обставин. Наслідками цих явищ відповідно є: аварія, травма, катастрофа.

Аварія – пошкодження вихід із ладу машини, агрегату, апарату.

Катастрофа – несподіване лихо, подія, що спричиняє тяжкий наслідок, руйнування.

Якщо внаслідок аварії технічної системи виникли травми у людей, то сам випадок травми необхідно розглянути як подію, що є наслідком аварії. Це стосується тих систем, у яких підсистемами одночасно є машина і людина. Якщо при функціонуванні таких систем з ладу вийшла машина, раптово припинивши свої функції внаслідок руйнування окремих деталей або самої машини, і це привело до значного матеріального збитку, то таке випадкове явище необхідно назвати аварією.

Оскільки при функціонуванні людино-машинних систем такі явища як травми, аварії та катастрофи, мають дуже близькі механізми формування та виникнення, у подальшому ці явища будуть описуватись паралельно (рис.5.1).

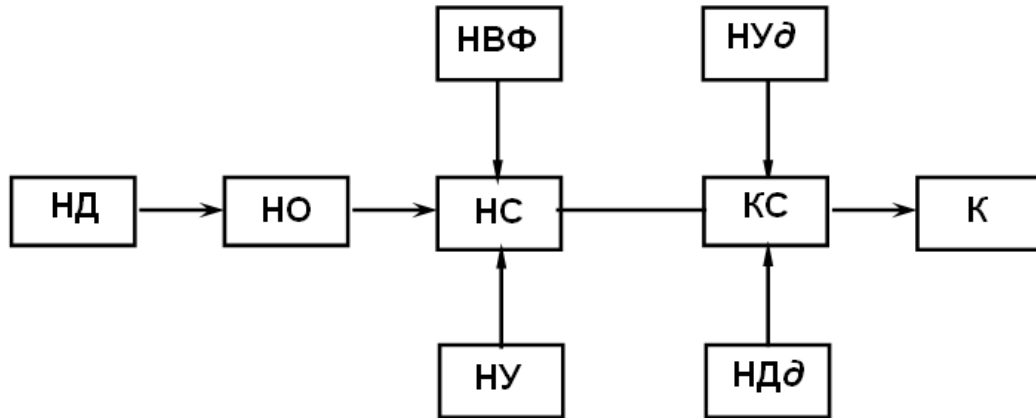


Рисунок 5.1 - Блок-схема формування та виникнення травмонебезпечних аварійних та катастрофічних ситуацій:

НВФ-небезпечний виробничий фактор; НУ-небезпечні умови; НД-небезпечні дії; НО-небезпечні обставини; НС-небезпечна ситуація; А-аварія; Т-травма; КС-критична ситуація; НУд-небезпечні умови додатково; НДд-небезпечні дії додатково; К-катастрофа.

Усі явища, що формують небезпечну ситуацію, мають повну достовірність виникнення, а це означає. Що небезпечні умови (НУ), небезпечні дії (НД), небезпечні ситуації (НС) і наслідки таких ситуацій: аварія(А), травми (Т) і сприятлива подія належить до випадкових явищ.

5.2 Моделювання процесу виникнення травм та аварій

Метод логічного моделювання процесів формування, виникнення небезпечних ситуацій та їх наслідків доцільно застосовувати для аналізу існуючих або потенційних небезпек, що виявленні при обстеженні робочих місць, окремих марок машин, агрегатів, а також різних споруд, будівель, виробничих процесів і технологій. Але, як показали дослідження, будь-яка аварія може бути наслідком однієї багатьох потенційних небезпечних

ситуацій або їх поєднання. Тому метод логічного моделювання не може бути застосований для моделювання складних аварій і катастроф.

Метод “дерева”, “дерева несправностей” або “дерева несправностей і помилок оператора” застосовують для аналізу складних систем. Вперше метод, розроблений Х. Уотсоном, застосували для аналізу надійності системи керування запуском ракети “Мінітмен”. Пізніше він був удосконалений Хіаслом (США) і набув широкого застосування після симпозіумів з питань безпеки систем, що відбулися у 1965 році в м. Сієтлі в Каліфорнійському університеті.

Аналіз моделей процесів формування й виникнення аврій, травм показав, що вони повністю імітують усі процеси та явища, що беруть участь у їх зародженні й виникненні. У зв’язку з цим, моделі, що отримали назву “дерево відказів техніки і помилок оператора” можна назвати імітаційними. А оскільки виникнення кожної наступної події знаходять шляхом логічного аналізу попередніх, то для кращого розуміння суті таких моделей, їх можна назвати логічно-імітаційними.

Основні принципи побудови моделі такі. Виявляється виробництво, на якому вже були раніше або можуть статися аварії, виробничі травми чи катастрофи. За своєю формою так модель нагадує крону дерева, тому вона і одержала назву “дерево відказів і помилок”. Кінцеві події називають базовими.

Для побудови логіко-імітаційних моделей застосовують різні символи, що характеризують ті чи інші події. Як правило, побудова моделі починається з головної події, а наступні розміщують зверху вниз, аж до базових подій (рис. 5.2).

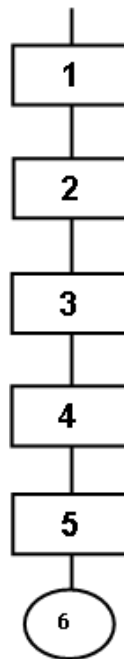


Рисунок 5.2 - Схема побудови логіко-імітаційних моделей:

1- головна подія; 2-5- проміжні події; 6- базова подія.

Кожен блок рисунку, позначений відповідним номером, означає подію або окремий етап побудови моделі:

- 1 – відмова (аварія, травма) системи – головна подія;
- 2 – послідовність подій, що приводять до відмови системи;
- 3 – послідовність подій зображується за допомогою логічних операторів;
- 4 – усі вхідні і вихідні події, що входять до моделі, зображуються у вигляді прямокутників з відповідними написами всередині;
- 5 – послідовний підхід до базових подій, частоти виникнення яких відомі;
- 6 – базові події зображують у вигляді кружечків з написами всередині, вони є межею аналізу побудованої моделі.

5.3 Розробка логічно-імітаційної моделі процесу виникнення травм під час виготовлення молочних продуктів

Методикою оцінки рівня небезпеки робочих місць. Машин, виробничих процесів та окремих виробництв передбачено пошук об'єктивного критерію рівня небезпеки для конкретного об'єкта. Таким

показником вибрана ймовірність виникнення аварії, травми залежно від досліджуваного явища.

Для оцінки рівня небезпеки певного об'єкта чи явища можна застосувати метод обчислення ймовірності виникнення будь-якого випадкового явища, який широко застосовують в зарубіжній інженерній практиці. Основні його принципи полягають в тому, що на основі обстеження робочого місця чи окремої машини виявляють виробничі небезпеки, можливі аварійні або травматичні ситуації. При оцінці ситуацій визначають події, які можуть стати головною подією при побудові логічно-імітаційної моделі травми. Після цього будують модель (“дерева відказів і помилок оператора”). При цьому важливе значення має правильний вибір головної події.

Головну подію (травма), модель якої нам необхідно побудувати, вибирають виходячи з оцінки відповідного об'єкта, виробництва чи окремої одиниці обладнання і змісту його найбільш небезпечного явища, яке за певних умов виробництва може виникнути.

Після вибору головного випадкового явища (події) розпочинають побудову моделі (“дерева”). Використовуючи оператора “*T*” та “*АБО*”, використовують набір ситуацій (відомих до цього), які можуть призвести до подій, вибраної як головна.

Ймовірність базових подій визначають за даними виробництва. Наприклад, базова подія “стан контролю з охорони праці”. Для визначення ймовірності ми повинні встановити, наскільки (%) від ідеального рівня здійснюється відповідний контроль на об'єкті. Якщо буде встановлено, що такий рівень контролю становить 500% або 30%, то ймовірність відповідно дорівнює 0,5 і 0,3. При відсутності контролю ймовірність “не здійснення контролю” становитиме 1, якщо контроль ідеальний, то відповідно ймовірність дорівнює 0.

Після обчислення ймовірності всіх подій, розміщених у ромбах, і базових подій, починаючи з лівої нижньої гілки “дерева”, позначають номерами всі випадкові події, що увійшли до моделі.

На цьому можна вважати, що певна модель підготовлена до математичних обчислень ймовірностей випадкових подій логічно - імітаційної моделі застосовують формули.

1. Нехай дві базові події з ймовірностями P_1 і P_2 за допомогою оператора “І” входять у наступну третю подію. Ймовірність виникнення цієї події P_3 можна визначити так:

$$P_3 = P_1 \cdot P_2 \quad (5.1)$$

2. За допомогою оператора “І” три події з ймовірностями P_1 , P_2 і P_3 формують четверту випадкову подію. Ймовірність цієї події P_4 обчислюють так:

$$P_4 = P_1 \cdot P_2 \quad (5.2)$$

3. Оператор “І” n подій з ймовірностями P_1 , P_2 , P_3 , ..., P_n . Тоді ймовірність вихідної події P дорівнює:

$$P = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot \dots \cdot P_n \quad (5.3)$$

4. Дві базові події з ймовірностями P_1 і P_2 , за допомогою оператора “АБО”, входять до третьої події. Ймовірність P_3 становитиме:

$$P_3 = P_1 + P_2 - P_1 \cdot P_2 \quad (5.4)$$

5. Оператор “АБО” об’єднує три базові події з ймовірностями P_1 , P_2 і P_3 , які за допомогою цього оператора входять у наступну подію з ймовірністю P_4 . Ймовірність цієї події можна визначити за формулою:

$$P_4 = P_1 + P_2 + P_3 - P_1 \cdot P_2 - P_1 \cdot P_3 - P_2 \cdot P_3 + P_1 \quad (5.5)$$

6. Якщо в оператор “АБО” входять чотири і більше випадкових базових подій з відомими значеннями ймовірностей, то для спрощення обчислень їх згруповують по дві або по три події і застосовують наведені формули. Після визначення ймовірностей вихідних подій кожної з таких груп, їх знову необхідно згрупувати і виконати аналогічні обчислення, аж поки не залишаться дві або три події, з якими необхідно провести ті ж операції.

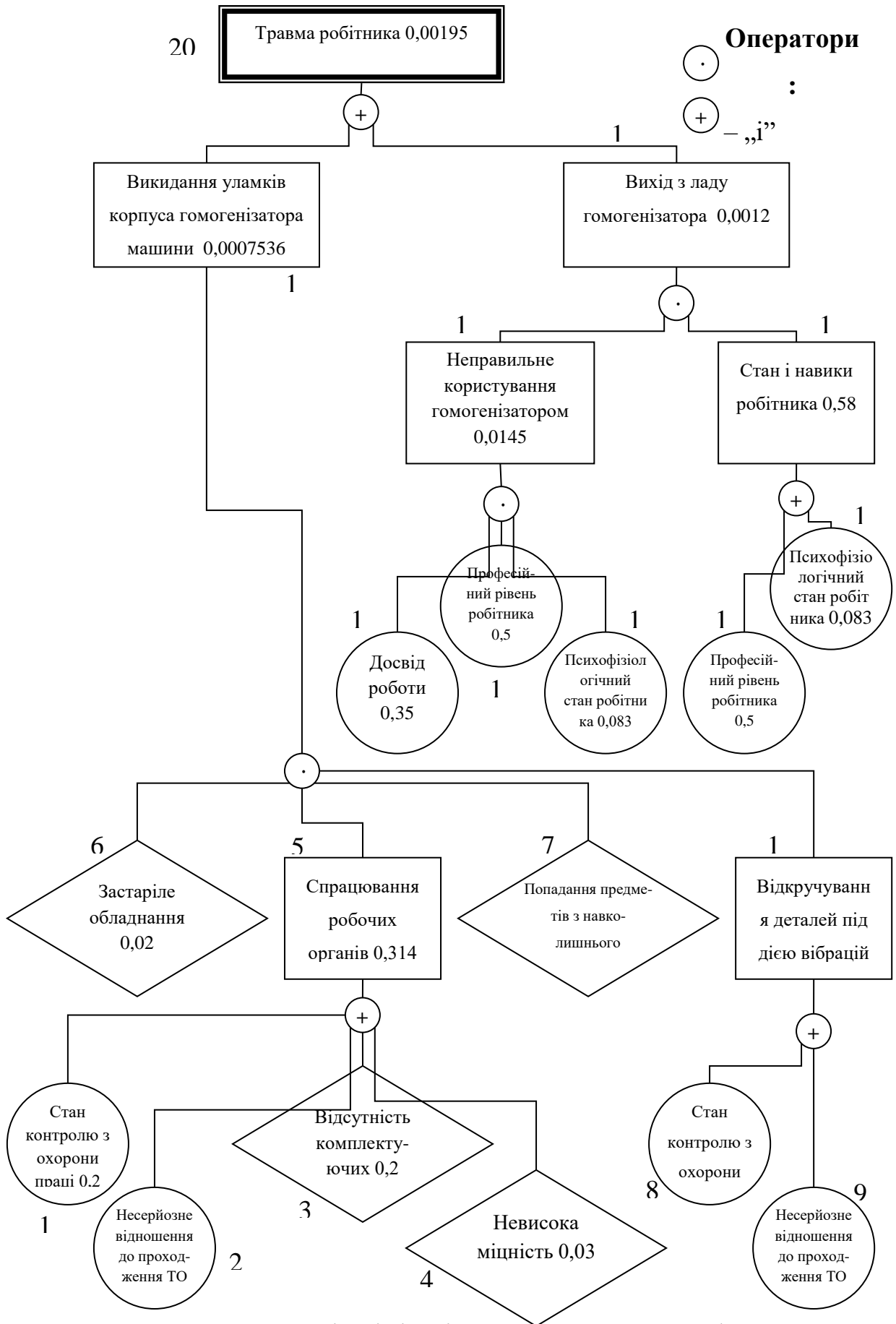


Рисунок 5.3 - Логіко-імітаційна модель процесу формування та виникнення аварії та травми під час виробництва кисломолочних продуктів

Так, поступово обчислюючи ймовірності вихідних подій кожного окремого розгалуження, наближається до головної події і обчислюємо ймовірність її виникнення.

Розрахуємо ймовірності виникнення подій, що входять у дану логіко-імітаційну модель процесу виробництва хлібобулочних виробів (на прикладі ймовірності травми робітника, пов'язаної з ударом корпусу гомогенізатора).

Ймовірність виникнення події P_5 визначаємо наступним чином:

$$P_5 = 0,2 + 0,1 + 0,2 + 0,003 - 0,2 \cdot 0,1 - 0,2 \cdot 0,03 - 0,2 \cdot 0,03 - 0,1 \cdot 0,2 - 0,1 \cdot 0,03 - 0,2 \cdot 0,03 + 0,2 \cdot 0,1 \cdot 0,2 + 0,1 \cdot 0,2 \cdot 0,03 + 0,2 \cdot 0,1 \cdot 0,2 + 0,2 \cdot 0,1 \cdot 0,03 - 0,2 \cdot 0,1 \cdot 0,2 \cdot 0,03 = 0,314$$

Ймовірність виникнення події P_{10} визначаємо так:

$$P_{10} = 0,2 + 0,1 = 0,3$$

Ймовірність виникнення події P_{11} визначаємо:

$$P_{11} = 0,02 \cdot 0,314 \cdot 0,4 \cdot 0,3 = 0,00075$$

Ймовірність виникнення події P_{15} визначаємо наступним чином:

$$P_{15} = 0,35 \cdot 0,5 \cdot 0,083 = 0,0145$$

Ймовірність події P_{18} :

$$P_{18} = 0,5 + 0,083 = 0,58$$

Ймовірність події P_{19} :

$$P_{19} = 0,0145 \cdot 0,083 = 0,0012$$

Ймовірність події P_{20} :

$$P_{20} = 0,00075 + 0,0012 = 0,00195$$

Ймовірність травми рівна ймовірності виникнення аварії. Це пов'язано з тим, що остання можлива лише за умови контролю людиною роботи гомогенізатора.

6. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ

6.1. Визначення обсягу та структури витрат на виробництво продукції

Розрахунок техніко-економічних показників базується на визначенні показників: строку окупності капіталовкладень, річного економічного ефекту, рівня рентабельності виробництва, прибутку, економії затрат праці, рівня механізації, собівартості продукції, експлуатаційних і виробничих затрат.

Одним із основних критеріїв економічної оцінки технологічного рішення є строк окупності, який визначається як відношення сумарних капітальних витрат $K_{\text{кан}}$ (грн.) до річного прибутку Π (грн.):

$$T = \frac{K_{\text{кан}}}{\Pi} \quad (6.1)$$

Наступним показником, який може характеризувати економічну ефективність виробництва заданго виду продукції є рівень рентабельності. Він характеризує прибутковість підприємства. Рентабельність визначається відношенням прибутку Π до загальних затрат на виробництво продукції Z :

$$P_p = \frac{\Pi}{Z} \cdot 100 \quad (6.2)$$

Прибуток визначається як різниця грошових надходжень Γ_n і загальних затрат на виробництво продукції Z :

$$\Pi = \Gamma_n - Z \quad (6.3)$$

Грошові надходження від реалізації виробленої продукції визначаються як добуток кількості виробленої продукції $Q_{\text{пр}}$ (т) на її ціну $C_{\text{пр}}$ (грн./т):

$$\Gamma_H = \sum Q_{np} \cdot C_{np} \quad (6.4)$$

Грошові надходження від реалізації продукції різного гатунку (якості) визначатимуться як:

$$\Gamma_{нвг} = Q_{нвг} \cdot C_{нвг} \quad (6.5)$$

$$\Gamma_{нвг} = 0 * 0 = 0 \text{ грн.}$$

$$\Gamma_{н1г} = Q_{нр1г} \cdot C_{нр1г} \quad (6.6)$$

$$\Gamma_{н1г} = 1575 * 35000 = 55125000 \text{ грн.}$$

$$\Gamma_{н2г} = Q_{нр2г} \cdot C_{нр2г}$$

$$\Gamma_{н2г} = 675 * 20000 = 13500000 \text{ грн.}$$

Сумарні грошові надходження

$$\Gamma_H = 0 + 55125000 + 13500000 = 68625000 \text{ грн.}$$

Загальні затрати на виробництво продукції визначаються за формулою:

$$Z = Z_n + Z_H \quad (6.7)$$

де Z_n - прямі затрати на виробництво продукції, грн.;

Z_H - непрямі затрати на виробництво продукції, грн.

Прямі затрати на виробництво продукції визначаються як

$$Z_n = Z_e + A_{\delta} + A_o + B_c + B_m \quad (6.8)$$

де Z_e - експлуатаційні затрати на виробництво продукції, грн. (вибирається з технологічної карти);

A_{δ} - амортизаційні відрахування на будівлі і споруди, грн.;

A_o - амортизаційні відрахування на відновлення і ремонт обладнання, що не ввійшло в технологічну карту, грн.;

B_c - вартість сировини, що необхідна для виробництва продукції, грн.;

Амортизаційні відрахування на будівлі визначаються за формулою:

$$A_{\delta} = \frac{B_{\delta}}{T_e} \quad (6.9)$$

де B_{δ} - балансова вартість будівлі, грн.;

T_e - строк експлуатації будівлі, років (приймається 50 років).

Балансова вартість будівлі вибирається з довідників, нормативних документів, або розраховується за формулою:

$$B_{\delta} = V_{\delta} \cdot Z_{\delta} \quad (6.10)$$

де V_{δ} - будівельний об'єм, м³;

Z_{δ} - будівельні затрати на 1 м³.

$$B_{\delta} = 917,1 \cdot 20000 = 18342000 \text{ грн.}$$

Тоді

$$A_{\delta} = \frac{18342000}{50} = 366840 \text{ грн.}$$

Вартість сировини, яка використовується для виробництва продукції визначається за формулою:

$$B_c = \sum W_c \cdot C_c \quad (6.11)$$

де W_c - кількість кожного компонента в загальній рецептурі, кг;

C_c - вартість кожного компонента рецептури, грн/кг.

$$B_c = 3000 \cdot 11000 = 33000000 \text{ грн.}$$

Вартість тари, необхідної для пакування виробленої продукції визначатиметься як

$$B_m = N_m \cdot C_m \quad (6.12)$$

де N_m - кількість одиниць тари, шт;

C_m - ціна тари, грн./шт.

Тоді,

$$B_m = 900000 * 1 = 900000 \text{ грн.}$$

Тоді прямі затрати будуть становити

$$Z_n = 1814910,09 + 366840 + 69750 + 48000000 + 900000 = 51151500,09 \text{ грн.}$$

Непрямі затрати на виробництво продукції становлять 10 % від прямих, тому їх розмір визначатиметься за формулою:

$$Z_n = 0,1 \cdot Z_n \quad (6.13)$$

$$Z_n = 0,1 * 51151500,09 = 5115150,01 \text{ грн.}$$

Загальні затрати на виробництво продукції будуть становити

$$Z = 51151500,09 + 5115150,01 = 56266650,1 \text{ грн.}$$

Тоді прибуток від реалізації виробленої продукції буде рівним

$$\Pi = 68625000 - 56266650,1 = 12358349,9 \text{ грн.}$$

Собівартість одиниці продукції визначається за формулою:

$$C_{np} = \frac{Z}{Q_{np}} \quad (6.14)$$

$$C_{np} = \frac{56266650,10}{2250} = 25007,40 \text{ грн/т.}$$

6.2. Визначення рентабельності підприємства, цеху та строк окупності додаткових капіталовкладень

За умови відомих значень прибутку і загальних затрат на виробництво продукції можна визначити рівень рентабельності виробництва.

$$P_p = \frac{12358349,9 * 100}{56266650,10} = 21,96 \%$$

Для визначення строку окупності капітальних вкладень необхідно визначити їх розмір за формулою

$$K_{кан} = B_o + B_{\sigma} \quad (6.15)$$

де B_o - вартість технологічного обладнання, грн.

$$K_{\text{кан}} = 134400 + 18342000 = 18476400 \text{ грн.}$$

Тоді строк окупності капітальних вкладень буде становити

$$T_{\text{ок}} = \frac{18476400,00}{12358349,90} = 1,5 \text{ років.}$$

Таблиця 6.1 - Економічна ефективність запропонованого технологічного рішення виробництва молочних продуктів

Показник	Умовні позначення	Одиниці виміру	Параметр
Експлуатаційні затрати	Зе	тис. грн.	1914,94
в.т. числі:			
заробітна плата	Зп	тис. грн.	610,67
амортизація машин	Ам	тис. грн.	224,08
поточний ремонт машин	Апр	тис. грн.	256,78
вартість паливо-мастильних матеріалів	Впмм	тис. грн.	524,5
вартість електроенергії	Ве	тис. грн.	155,86
вартість роботи автотранспорту	Ват	тис. грн.	142,89
Амортизаційні відрахування на будівлі	Аб	тис. грн.	366,84
Вартість сировини	Вс	тис. грн.	48000,0
Собівартість 1 т продукції	Спр	тис. грн.	25,07
Середня реалізаційна ціна 1 т продукції	Цтв	тис. грн.	35,0
Прибуток	П	тис. грн.	12358,34
Рівень рентабельності	Рр	%	21,96
Термін окупності капіталовкладень	Ток	років	1,50

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

Проведений аналіз класифікаційних ознак технологічних ліній виробництва молочних продуктів та їх складових елементів, огляд конструкцій серійних машин показав, що в цілому вони є збалансованими за структурною будовою. Відмінність у конструктивних елементах здебільшого стосується намагання конструкторів поліпшити протікання процесу виробництва молока та його механічної обробки. Зокрема для покращення процесу гомогенізації молока застосовуються багатоплунжерні гомогенізуючі головки і збільшують кількість ступенів гомогенізації. Покращення процесу гомогенізації здійснюється застосуванням спеціальних конструкцій в гомогенізаторі.

Ефективність гомогенізації залежить від кількості перешкод, що оминаються потоком продукту по ходу руху в щілині між клапанами і при виході з неї.

У пропонованій конструкції продукт на виході з щілини всякий раз натрапляє на перешкоду у вигляді вертикальної стінки сідла і міняє напрям свого руху. За час процесу продукт міняє напрям свого руху $2n+1$ раз, де n – число кілець, що сприяє збереженню дрібнодисперсної фази подрібненого продукту і перешкоджає утворенню (злипання) кетягів з роздроблених частинок, що приводить до підвищення якості продукту. Проте зважаючи на складність виготовлення і монтажу великих пакетів з багатьох концентричних пружин не рекомендується застосовувати більше двох кілець.

Дана модернізація дозволяє спростити конструкцію гомогенізуючої головки, забезпечити настройку і обслуговування, підвищити якість гомогенізованого продукту.

Аналіз технологічних особливостей основних операцій молочного виробництва дозволив виявити основні чинники, що беруть участь у формуванні структури молока та технологічні вимоги до їх структурних властивостей.

Виконано створення теоретичних основ технологічного та конструктивного розрахунку елементів та їх складових частин. Зокрема, спостерігався зв'язок між продуктивністю гомогенізатора та його робочим органом, кількістю циклів і діаметром плунжера.

Суть проектних пропозицій по модернізації гомогенізатора для рідких продуктів полягає в наступному:

1. Для регулювання тиску гомогенізації пропонується замість механічної системи пружинного типу застосувати гідравлічну. Для цього за допомогою масляного насоса в камери штоків кожним із ступенів гомогенізуючої головки подається масло. Тиск масла регулюється за допомогою перепускнуго клапана і визначається за показами манометра.

2. Для підвищення ефективності процесу гомогенізації пропонується встановити клапан другого ступеня гомогенізуючої головки.

На основі теоретичних засад технологічної та конструктивної думки проведено проектно-конструктивне управління параметрами технологічної лінії виробництва молочної продукції.

3. З метою зменшення кількості виробничих травм, пов'язаних з виробництвом кисломолочних продуктів, було проведено дослідження ймовірної небезпеки процесу, створено модель логічної прогресії травм, розроблено заходи захисту.

Техніко-економічна оцінка роботи показала, що розробка була найбільш вигідною.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Скорченко Т.А. Актуальні проблеми технології галузі: Текст лекцій для студентів спеціальності "Технологія зберігання, консервування та переробки молока" напряму підготовки 0917 "Харчова технологія та інженерія" усіх форм навчання / Уклад. Т.А. Скорченко. – К.: НУХТ, 2006. – 88 с.
2. Бутко В.Д., Луценко В.Л., Мазілін С.Д. та ін. Організація охорони праці в сільському господарстві. – Сімферополь: Бізнес-Інформ, 1998.
3. Войтенко В.П., Задорожний В.М. Технологія зберігання та переробки молока. – К.: Аграрна наука, 2000. – 186 с.
4. Гречанюк О.В., Чорний О.П. Основи молочних технологій: навчальний посібник. – Вінниця: Нова Книга, 2011. – 298 с.
5. ДСТУ "Молоко та вершки сухі. Загальні технічні умови".
6. Загальна технологія молока і молочних продуктів / За ред. П.І. Ковальчука, В.І. Бутенка. – К.: Вища школа, 2000. – 312 с.
7. Ковальчук В.І., Мазуркевич Л.І. Технологія молока і молочних виробів. Практикум. – К.: НУХТ, 2009. – 192 с.
8. Лаврова Н.С., Мальцев О.І. Технологія молока і молочних продуктів. – К.: НУХТ, 2003. – 287 с.
9. Методичні показники по експлуатації обладнання та переробки молочної промисловості. – Запоріжжя: ІМТ УААН, 2004. – 55 с.
10. Панасенко В.Г. Технологія молочних виробів. – К.: Техніка, 2002. – 312с.
11. Плахотін В.Я., Тюрікова І.С., Хомич Г.П. Теоретичні основи технології харчових виробництв: Навчальний посібник. – Київ: Центр навчальної літератури, 2006. – 640 с.
12. Соколов В.І., Ковальчук М.М. Основи технології молока і молочних продуктів. – К.: Агропром, 1999. – 264 с.
13. Скорченко Т.А. Технологія молока і молочних продуктів. – К.: Вища школа, 2007. – 228 с.

14. Скорченко Т.А. Сучасні технології молочних консервів // Молочна справа. – 2007. – № 4. – С. 26–27.
15. Сиротюк С.В., Буртак В.В., Гуменюк Р.В. Методи та засоби для визначення хімічного складу, фізичних і біохімічних властивостей молока. Методичний посібник. – ЛДАУ, 2005.
16. Сиротюк С.В., Буртак В.В., Гуменюк Р.В. Оцінка якості молока. Методичний посібник. – ЛДАУ, 2005. – 31 с.
17. Сиротюк С.В. Механізація переробки та зберігання продукції рослинництва. Курс лекцій. – Львів, 1999. – 249 с.
18. Скорченко Т.А. Технологія молочних консервів. – К.: НУХТ, 2007. – 232 с.
19. Токарський В.В., Козлова Л.А. Технологія переробки молока та молочних продуктів. – К.: МАУП, 2005. – 315 с.
20. Чередніченко В.П., Сова В.А. Молочні технології: навчальний посібник. – Львів: ЛНАУ, 2010. – 168 с.
21. Яременко М.Ф. Довідник з молочної справи. – К.: Урожай, 1990. – 320с.
22. Milk and Milk Products: Technology, Chemistry and Microbiology / Edited by H.H. Borthakur and P.J. Fechner. – London: Springer, 2002. – 384 p.
23. Dairy Chemistry and Biochemistry / Edited by P.F. Fox, P.L.H. McSweeney. – 2nd ed. – London: Springer, 2015. – 720 p.
24. Dairy Processing and Quality Assurance / Edited by R.K. Robinson. – Oxford: Blackwell Science, 1999. – 320 p.
25. Handbook of Dairy Engineering / Edited by P. A. O'Connor, R. E. G. O'Donnell. – New York: CRC Press, 2003. – 502 p.
26. Technology of Dairy Products / Edited by A. Y. Tamime. – Oxford: Wiley-Blackwell, 2009. – 452 p.