

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО
МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра обладнання переробних і харчових виробництв
іме ні професора Ф. Ю. Ялпачика

«Допущено до захисту»
протокол № 272-С
від «03» червня 2025 року
Зав. кафедрою ОПХВ
д.т.н, професор
 Кирило САМОЙЧУК

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи

СВО «Бакалавр»

за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерний інжиніринг харчових і переробних
виробництв»

зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

(освітній ступінь, ОПП, спеціальність)

на тему: Вдосконалення конструкції гомогенізатора в умовах Мелітопольського району Запорізької області

19ХВД.427725.06.25

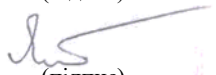
Виконав: студент 4 курсу, 21С (МС) ГМ групи


(підпис)

Олег САЖЕНКОВ
(прізвище та ініціали)

Керівник:

д.т.н., професор
(науковий ступінь, вчене звання)


(підпис)

Володимир ЯЛПАЧИК
(прізвище та ініціали)

Консультант з ОП:

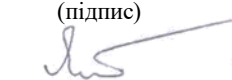
к.с.-г.н., доцент
(науковий ступінь, вчене звання)


(підпис)

Михайло ЗОРЯ
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

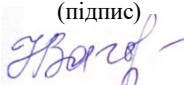
д.т.н., професор
(науковий ступінь, вчене звання)


(підпис)

Володимир ЯЛПАЧИК
(прізвище та ініціали)

Рецензент:

к.т.н., доцент
(науковий ступінь, вчене звання)


(підпис)

Надія ЗАГОРКО
(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО

Інститут або факультет механіко-технологічний
Кафедра обладнання переробних і харчових виробництв імені професора
Ф.Ю. Ялпачика

Ступінь вищої освіти Бакалавр
Галузь знань 13 «Механічна інженерія»
Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри ОПХВ
д.т.н., професор Кирило САМОЙЧУК
(підпис) (ініціали та прізвище)

 «28» березня 2025р.

ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

СТУДЕНТУ Саженов Олег Олександрович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Вдосконалення конструкції гомогенізатора в умовах
Мелітопольського району Запорізької області

керівник роботи д.т.н., професор Ялпачик Володимир Федорович
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

затверджені наказом Ректора університету від « 21 » жовтня 2024 р. № 482-С

2. Строк подання студентом роботи « 14 » червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи асортимент випускаємої продукції в регіоні, об'єми
випуску продукції, вид продукції, вид машини для вдосконалення

4. Перелік питань, які потрібно розробити

1. Аналіз виробничої діяльності регіону розташування підприємства

2. Вдосконалити конструкцію машини

3. Провести розрахунок вдосконаленої машини

4. Розробити заходи з охорони праці

5. Провести економічну оцінку вдосконалення

6. Виконати графічну частину кваліфікаційної роботи

5 Перелік графічного матеріалу:

Лист 1 – Структурно-апаратна схема виробництва продукції _____

Лист 2 – Аналіз конструктивних рішень вдосконалення _____

Лист 3 – Креслення загального виду машини (вузла) до вдосконалення _____

Лист 4 – Креслення загального виду машини (вузла) після вдосконалення _____

Лист 5 – Креслення деталей _____

Лист 6* – Охорона праці _____

або Лист 6* – Економічне обґрунтування проекту _____

5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав (дата)	завдання прийняв (підпис)
IV	к.т.н., доцент Зоря М.В.	31.03.2025	

6. Дата видачі завдання 31.03.2025р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів кваліфікаційної роботи (проекту)	Термін виконання етапів роботи чи проекту (місяць)	Відмітка керівника про виконання (засвідчується підписом)
Розділ 1. Аналіз виробничої діяльності регіону розташування підприємства	травень	
Розділ 2. Вдосконалення конструкції машини	травень	
Розділ 3. Розрахунок вдосконаленої машини	травень	
Розділ 4. Охорона праці	червень	
Розділ 5. Економічне обґрунтування проекту	червень	
Виконання графічної частини кваліфікаційної роботи	червень	
Оформлення пояснювальної записки кваліфікаційної роботи	червень	

Студент


(підпис)

Олег САЖЕНКОВ
(ініціали та прізвище)

Керівник роботи


(підпис)

Володимир ЯЛПАЧИК
(ініціали та прізвище)

РЕФЕРАТ

Дипломний проект на тему “**Вдосконалення конструкції гомогенізатора в умовах Мелітопольського району Запорізької області** ” с складається з 86 сторінок розрахунково-пояснювальної записки, яка містить 5 розділів, 5 таблиць, 5 рисунків у записці і 6 аркушів формату А1.

При написанні проекту використано 20 джерел літератури.

Об’єктом дослідження в дипломному проекті є гомогенізатор молока.

Конструкторська розробка включає модернізацію гомогенізатора, що дозволяє підвищити продуктивність та покращити якість готового продукту. Модернізація дозволяє знизити собівартість виробничої продукції.

Було розглянуто проблеми охорони праці при роботі підприємства, а також при роботі з вдосконаленою машиною і запропоновано їх рішення.

Відповідно до оцінки технічного рівня модернізації зроблено економічне обґрунтування роботи.

СИР, МОЛОКО, ДИСПЕРГУВАННЯ, РОЗПОДІЛ, ГОМОГЕНІЗАЦІЯ, ОХОРОНА ПРАЦІ, ВДОСКОНАЛЕННЯ.

					19ХВД.427725.06.25ПЗ	Аркуш
						5
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

ЗМІСТ

	стор.
Вступ	8
1 Аналіз виробничої діяльності регіону розташування підприємства	9
1.1 Характеристика підприємства	9
1.2 Огляд технології виробництва продукції	10
1.3 Аналіз машин і обладнання лінії виробництва продукції та їх стисла характеристика	15
Розробка проектного завдання	20
2 Вдосконалення конструкції машини	21
2.1 Опис конструкції і принципу дії машини	21
2.2 Вимоги до класу машин	23
2.3 Пошук конструктивного рішення вдосконалення машини	24
2.4 Патентний пошук напрямку вдосконалення	29
Обґрунтування конструктивного рішення вдосконалення	33
3 Розрахунок вдосконаленої машини	34
3.1 Технологічний розрахунок параметрів машини	34
3.2 Енергетичний розрахунок машини	35
3.3 Розрахунок на міцність відповідальних деталей машини	39
Висновки за розділом	47
4 Охорона праці	48
4.1 Нормативно-правова база з охорони праці для підприємства	48
4.2 Аналіз небезпек	49
4.3 Планування заходів з охорони праці	50
4.4 Інженерні розрахунки з охорони праці	52
Висновки за розділом	55
5 Економічне обґрунтування проекту	56
5.1 Оцінка рівня технічного удосконалення машини	56

5.2 Економічна ефективність використання удосконаленого

обладнання 60

Висновки за розділом 66

Висновки за проектом 67

Список літератури 69

					19ХВД.427725.06.25ПЗ	Аркуш
						7
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

ВСТУП

Гомогенізація є однією з ключових операцій у процесі виробництва сиру, що сприяє зниженню втрат жиру, покращенню засвоюваності та підвищенню смакових характеристик молочних продуктів. Сутність цього процесу полягає у подрібненні жирових кульок молока або молочних продуктів (дисперсна фаза) з одночасним їх рівномірним розподілом у рідкій частині продукту (дисперсійному середовищі). У сироробній промисловості диспергування є важливою технологічною операцією, що дозволяє зменшити втрати сирного зерна та забезпечити утворення міцного і водночас ніжного згустку за рахунок вирівнювання розмірів жирових частинок.

Гомогенізація застосовується як на стадії обробки молочної сировини — незбираного або знежиреного молока та вершків, що надходять на подальшу переробку, так і при формуванні кінцевого молочного продукту. Проведення гомогенізації сприяє зменшенню розміру жирових кульок, що значно знижує швидкість утворення жирового відстою. До гомогенізації середній діаметр жирових частинок становить приблизно 2,5–4 мкм, а після обробки — менше ніж 1 мкм.

Одним з головних чинників неефективного використання енергоресурсів у виробничому процесі є нехтування властивостями сировини, недостатнє застосування наявного потенціалу енергоощадного технологічного обладнання та невикористання оптимальних режимів у процесах обробки.

Подальше вдосконалення конструкції клапанних гомогенізаторів не дає суттєвого ефекту у зниженні енергоспоживання. Тому модернізація та оптимізація роботи існуючих клапанних гомогенізаторів є надзвичайно актуальною задачею в умовах загострення конкуренції на ринку, що викликане сучасними економічними викликами. Цей дипломний проект присвячено пошуку шляхів часткового вирішення зазначеної проблеми.

					19ХВД.427725.06.25ПЗ	Аркуш
						8
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ РЕГІОНУ РОЗТАШУВАННЯ ПІДПРИЄМСТВА

1.1 Характеристика підприємства

Селище міського типу Приазовське, в якому розташоване переробне підприємство, знаходиться на відстані 143 км від обласного центру — міста Запоріжжя, уздовж автодороги міжнародного значення Ростов–Одеса. Відстань до найближчої залізничної станції складає 26 км.

Приазовський район займає південну частину Запорізької області, межуючи з Приморським районом на сході, Чернігівським — на північному сході, а також із Токмацьким, Мелітопольським і Якимівським районами. Район має вигідне географічне розташування, оскільки його південна межа омивається водами Азовського моря, що сприяє розвитку туризму та рекреації.

Загальна площа району становить 194,7 тис. кв. км. Населення — 29 525 осіб, щільність — 16 осіб на 1 кв. км. Назва районного центру прямо вказує на його географічне положення — на узбережжі Азовського моря, яке щороку приваблює значну кількість відпочиваючих. Внаслідок цього кількість людей у літній період у декілька разів перевищує постійне населення району.

Станом на 2022 рік чисельність населення Приазовського селища становила 9263 особи. Частка дітей віком до 16 років — 25%, пенсіонерів — 35%, працюючих — 30%.

Клімат району характеризується як різко континентальний із нестійкими умовами для землеробства. Район відзначається високою температурою та низьким рівнем опадів. Сума активних температур понад 10 °С становить 3200–3300 °С. Кількість опадів за період з температурою вище 10 °С — 210–230 мм, а річна норма — 350–410 мм. Безморозний період триває в середньому 180–190 днів. Весняні заморозки зазвичай припиняються у другій декаді квітня, а осінні настають у другій декаді жовтня.

Середня температура найтеплішого місяця (липня) становить 21,5–23,3 °С, а найхолоднішого (січня) — 4,0–6,0 °С. Вегетаційний період у середньому триває до 220 днів. Сніговий покрив у районі нестійкий, його тривалість

					19ХВД.427725.06.25ПЗ	Аркуш
						9
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

протягом зими становить від 20 до 80 днів. Переважають вітри східного та північно-східного напрямків.

Весна зазвичай коротка — триває 30–45 днів, з інтенсивним приростом тепла. Її початок пов'язується з датою стійкого переходу середньодобової температури повітря через 0 °С. Літо довге, жарке та посушливе, триває близько п'яти місяців. У літній період опади переважно мають зливовий характер.

Практично єдине крупне переробне підприємство району – це Приазовський сирзавод. Підприємство засноване у 1996 році.

Види діяльності підприємства:

- Переробка молока і виробництво сиру

Чисельність робітників сирзаводу становить 112 чоловік.

З 1996 року Приазовський сирзавод займається виробництвом казеїну. Був побудований й запроваджений в експлуатацію новий казеїновий цех продуктивністю 60 тонн в місяць. Нині виробляється казеїн вищого сорту.

Як бачимо об'єм виробництва молочної продукції на підприємстві з кожним роком зростає. А це свідчить про те, що робота заводу ефективна і створюються всі необхідні умови для збільшення об'єму випуску продукції.

1.2 Огляд технології виробництва продукції

Контроль якості, приймання та сортування молока

Під час приймання молока проводиться перевірка тари, органолептична оцінка кожної партії, фіксується температура продукту, відбираються проби для лабораторного аналізу, звертається увага на цілісність пломб та санітарний стан тари. Якщо молоко доставлене у флягах, під кришками мають бути гумові прокладки, а у випадку цистерн — патрубки закривають заглушками та захисними чохлами.

На основі аналізу органолептичних показників, хімічного складу, редуктазної проби та інших показників визначають сорт молока відповідно до державних стандартів. Додатково проводяться такі тести, як бродильна, сичужно-

					19ХВД.427725.06.25ПЗ	Аркуш
						10
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

бродильна проби та перевірка на наявність маслянокислих бактерій. Для визначення придатності молока до виробництва сиру встановлюється його сичужна звертоздатність. Молоко кожного сорту переробляють окремо. Використання молока 3-го та 4-го сорту згідно з пробою на бродіння та 3-го сорту за сичужно-бродильною пробою для виробництва сиру заборонено. Після приймання молоко проходить очищення.

Резервування та дозрівання молока

Коли обсяг молока, необхідний для сироробства, є недостатнім, здійснюється його резервування. Молоко охолоджують до температури 5°C і зберігають у такому стані до наступного виробничого дня. Не допускається переробка щойно надоєного або парного молока на сир, оскільки таке молоко погано реагує на дію сичужного ферменту та не сприяє активному розвитку молочнокислих бактерій. У результаті отримується пухкий згусток, який важко обробляється та повільно виділяє сироватку. Для усунення цих недоліків молоко дозріває протягом 10–14 годин при температурі 8–12°C. У процесі дозрівання мікрофлора активізується, що призводить до змін фізико-хімічних властивостей молока: зростає кислотність, збільшується кількість розчинного кальцію, формуються поліпептиди, укрупнюються міцели казеїну. Це сприяє кращій сичужній звертоздатності молока, активному розвитку заквасочної мікрофлори та покращенню якості сиру.

Нормалізація молока по жиру та білку

Для виробництва сиру використовують молоко з певним вмістом жиру в сухій речовині, тому проводиться нормалізація сировини. Регулювання вмісту жиру здійснюють за допомогою спеціальних таблиць, з урахуванням вмісту білка, який коливається залежно від корму, періоду лактації та сезону. Вміст білка визначають формольним титруванням. Знаючи кількість жиру та білка, необхідну пропорцію жиру в суміші визначають за відповідною формулою. Таке нормування гарантує необхідне співвідношення жиру та білка у суміші для досягнення стабільної якості готового сиру.

Пастеризація та охолодження молока

У виробництві сиру застосовується короткочасна пастеризація молока за

					19ХВД.427725.06.25ПЗ	Аркуш
						11
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

температури 71–72°C із витримкою протягом 20–25 секунд. Якщо у молоці зафіксовано високий рівень мікробного забруднення, температуру пастеризації підвищують до 74–76°C із тією ж витримкою. Після пастеризації молоко негайно охолоджують до температури звертання, яка становить 32–36°C, залежно від умов навколишнього середовища та сезону. Стадія звертання зазвичай триває 25–30 хвилин.

Підготовка молока до звертання

На цьому етапі до пастеризованого молока додаються такі компоненти:

- **Бактеріальна закваска.** Її мікроорганізми продукують ферменти, які в поєднанні з сичужним ферментом розкладають білки молока, формуючи специфічні властивості сиру. Закваску вносять у кількості 0,5–0,8%.
- **Хлористий кальцій.** Внаслідок пастеризації частина кальцію переходить у нерозчинну форму, що погіршує здатність молока до звертання. Для корекції додають 40%-й розчин хлористого кальцію з розрахунку 10–40 г солі на 100 кг молока.
- **Нітрати калію або натрію.** Застосовуються для запобігання ранньому газоутворенню в сирі. Додають у кількості 10–30 г на 100 кг молока.
- **Фарбування молока.** Щоб забезпечити стандартний колір сиру, до молока додають рослинний барвник аннато: 1–5 мл улітку, 5–10 мл узимку на 100 кг молока.
- **Сичужний фермент.** Його добувають із сичугів телят або ягнят. Один грам порошку ферменту з активністю 100 000 од. згортає 100 кг молока за 40 хв при 35°C. Фермент розчиняють у воді за 20–30 хв до внесення в молоко й вливають тонкою цівкою, постійно перемішуючи протягом 3–5 хв. Після цього перемішування припиняють, і молоко залишають у спокої до утворення згустку.

Звертання молока

Після внесення ферменту та досягнення температури 32–36°C молоко залишають до формування згустку. Його готовність перевіряють штапелем: при підніманні згустку краї мають бути рівними, без пластівців, а сироватка — прозорою, світло-зеленою. Якщо згусток щільний, пружний, добре відстає від

					19ХВД.427725.06.25ПЗ	Аркуш
						12
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

стінок при натисканні — він придатний до подальшої обробки.

Обробка згустку та друге нагрівання

Згусток розрізають сирними лірами спочатку вертикально, потім горизонтально, утворюючи кубики. Після цього масу залишають на 3–4 хвилини для затвердіння граней, далі частину сироватки (20–30%) зливають і подрібнюють кубики до розміру зерна (4–5 мм для голландського сиру). Друге нагрівання проводять до 39–41°C.

Обсушка сирного зерна

Після другого нагрівання зерно інтенсивно вимішують (обсушують), щоб видалити сироватку з внутрішніх шарів. Обсушка триває 30–45 хвилин залежно від властивостей молока. Готовність зерна перевіряють стискуванням у долоні: утворений комок повинен легко розпадатися на пружні зерна.

Отримання пласта

Готове зерно залишають у спокої на 10–15 хвилин, далі основну частину сироватки зливають. Зерно зсувають до однієї сторони ванни, накривають дошкою, кладуть вантаж із розрахунку 1 кг на 1 кг маси. Пресування триває 20–25 хвилин, після чого товщина пласта має бути 9–10 см. Важливо уникати утворення складок.

Формування сиру

Сирний пласт нарізають відповідно до розміру форм (наприклад, 45×10 см), шматки закладають у форми, прогріті до температури сирної маси. Сир перевертають 3–4 рази кожні 5–10 хвилин для ущільнення. Форми поливають теплою сироваткою або водою (35–40°C), щоб уникнути охолодження. Сформовані головки загортають у вологу серветку, ставлять у форму з дерев'яними або металевими кружками, наносять позначення дати та номера варки.

Пресування сиру

Після формування сир загортають у вологі серветки, укладають у форми та піддають пресуванню для надання остаточної форми, ущільнення маси й видалення залишкової сироватки. Для сиру типу «Голландський» процес пресування триває 2–2,5 години під тиском 30–40 кг на 1 кг маси продукту.

					19ХВД.427725.06.25ПЗ	Аркуш
						13
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Температура повітря в приміщенні для пресування повинна підтримуватись у межах 15–18°C. На початковому етапі пресування тиск повинен бути мінімальним, із поступовим його збільшенням. Через 30–40 хвилин здійснюється перепресування, під час якого, за потреби, вирівнюють краї головки ножем. Готові головки мають рівну та гладку поверхню.

Соління сиру

Після пресування сир переміщують у солильне відділення, де його занурюють у ванни з розсолем концентрацією не менше 20%. Використовується тільки якісна кухонна сіль. Температура повітря та розсолу повинна бути в межах 8–12°C, а вологість — 90–95%. Соління триває 3–4 доби, в залежності від розмірів головок, вологості сирної маси та температурних умов. Після завершення соління головки виймають з розсолу, розміщують на дерев'яних лотках і витримують для обсушування на стелажах ще 2–3 доби за температури 8–12°C і вологості 90–95%.

Дозрівання сиру

На цьому етапі формуються смак, аромат, текстура та колір сиру. Обсушені головки розкладають на чисті лотки у приміщенні для дозрівання. Загальна тривалість дозрівання — 3 місяці.

- У перші 15–20 днів сир витримується за температури 10–12°C і вологості 85–90%.
- У наступні 25–30 днів — при температурі 14–16°C.
- До завершення періоду — знову при 10–12°C та відносній вологості 75–85%.

Якщо відсутні умови для ступінчастого дозрівання, весь процес проходить при 10–12°C і вологості 85–90%. У перші 2–3 тижні головки перевертають кожні 2 доби, далі — за потреби. Через 5–7 днів з'являється пліснява, яку видаляють промиванням теплою водою (30°C). Повторне миття проводиться кожні 10–12 днів залежно від забруднення. Після кожного промивання сир просушують і перекладають на чисті сухі лотки. У процесі дозрівання маса сиру зменшується на 12% через втрату вологи та очищення поверхні.

					19ХВД.427725.06.25ПЗ	Аркуш
						14
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Парафінування і пакування сиру

Після дозрівання сир промивають, обробляють вапняним розчином, висушують і маркують. Головки покривають захисним шаром парафіну, що попереджає усихання при зберіганні. Парафінування здійснюється зануренням у розплавлений парафін температурою 140–150°C на 2–3 секунди. Для зміцнення шару додають 5–7% поліізобутилену. Після перевірки якості сир пакують у ящики по 20 штук. На упаковці наносять маркування згідно з вимогами стандарту.

Транспортування та зберігання сиру

На заводах сири зазвичай не зберігають тривалий час, а відвантажують партіями на холодильні склади. При перевезенні слід уникати дії високих і низьких температур. Сир зберігається стабільно за температур від +10 до –6°C.

– Улітку транспортування залізницею здійснюється в охолоджуваних вагонах (лідниках) з температурою до 8°C.

– Узимку — у вагонах із підігрівом.

– При автоперевезеннях сир захищають від нагрівання чи замерзання відповідно до сезону.

Для нетривалого зберігання на холодильниках підтримується температура 2–8°C, для тривалого — 0–2°C. Тверді сичужні сири зберігають до 8 місяців. Дослідження свідчать, що за температури –5°C термін зберігання можна продовжити до 18 місяців.

1.3 Аналіз машин і обладнання лінії виробництва продукції та їх стисла характеристика

Для тимчасового зберігання та накопичення молока на молокопереробних підприємствах використовуються спеціальні ємності — танки, які можуть мати вертикальне або горизонтальне розташування. Матеріалом для виготовлення таких ємностей найчастіше служать нержавіюча сталь або алюміній. Для збереження стабільної температури продукту вони обладнані термоізоляцією. Щоб уникнути утворення піни при наповненні, потік

					19ХВД.427725.06.25ПЗ	Аркуш
						15
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

молока спрямовують уздовж стінки ємності. Контроль рівня молока здійснюється через оглядове вікно або за допомогою молокомірного скла.

У галузі молокопереробки використовують різні типи насосного обладнання: відцентрові, роторні та поршневі насоси. Відцентрові насоси підходять для перекачування як незбираного, так і знежиреного молока чи сироватки. Такі насоси можна застосовувати й для продуктів із підвищеною в'язкістю, якщо перемішування не погіршує їх якості. Роторні агрегати, серед яких виділяють шестеренні та кулачкові моделі, ефективні в ситуаціях, що потребують створення високого тиску в системі. Перед переробкою молоко проходить фільтрацію з метою видалення механічних домішок і деяких компонентів, наприклад, білкових залишків після зсідання або молочного цукру.

Фільтрувальні пристрої бувають відкритого та закритого типів. У молочному виробництві використовуються конструкції з металевими або тканинними фільтрувальними елементами.

Сучасні підприємства молочної промисловості оснащуються трубопроводами для транспортування молока. Конструктивно вони мають відповідати особливим експлуатаційним умовам: забезпечувати санітарну безпеку при перекачуванні продукту, мати зручність при монтажі та демонтажі, дозволяти легке очищення, миття й стерилізацію.

Гомогенізатори відіграють важливу роль у молочному виробництві — їхнє головне призначення полягає в подрібненні жирових кульок, завдяки чому жирова фаза рівномірно розподіляється в продукті. Це сприяє покращенню смаку й підвищенню поживної цінності молока. Найпоширенішими є двоступінчасті гомогенізувальні головки, де перший ступінь працює під тиском 150–200 кг/см², а другий — під тиском 50 кг/см².

Також у технологічних процесах широко застосовуються сепаратори. Залежно від призначення та конструкції барабана, їх поділяють на кілька типів:

- сепаратори для відокремлення вершків;
- сепаратори для очищення молока;
- нормалізуючі сепаратори;

					19ХВД.427725.06.25ПЗ	Аркуш
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		16

– класифікаційні сепаратори.

Сепаратори для відділення вершків працюють у відкритих, напівгерметичних або герметичних системах, забезпечуючи розділення молока на вершки та знежирений продукт. Очисні сепаратори видаляють з молока дрібні механічні домішки в тонкому шарі, при цьому осад періодично видаляється вручну або автоматично. Сепаратори-нормалізатори дозволяють регулювати вміст жиру, а класифікатори — додатково подрібнюють жирові кульки та очищують продукт.

До найпростіших апаратів для пастеризації належать ванни тривалої пастеризації, в яких молоко нагрівається гарячою водою, що отримується через пару в теплообмінному кожусі. Охолодження здійснюється шляхом подачі холодної води через той самий кожух.

Трубчасті пастеризатори призначені для обробки молока й вершків у замкнутому потоці з високою швидкістю переміщення продукту. Пластинчасті пастеризатори забезпечують швидке пастеризування, де теплообмін між гарячою водою та молоком відбувається через тонкі сталеві пластини з нержавіючої сталі, що розділяють потоки.

Для виробництва сира використовують сироробні ванни. Вони призначені для підігрівання молока до температури сквашування, створення в них згустку, механічної обробки згустку ножами мішалки. В основному всі сироробні ванни по конструкції ідентичні. Вони представляють собою горизонтальну відкриту ванну з закрученими торцевими стінками, вставлену в металевий корпус. Але існують і вертикальні циліндричні ванни, які займають набагато менше площі при тому ж об'ємі. Ванну заповнюють молоком і доводять його температуру до температури сквашування. Потім здійснюють згортання молока сичувим ферментом. По закінченні процесу сквашування сировий згусток оброблюють мішалками. Потім сирове зерно із сироваткою смугами подається у відокремлювачі сироватки чи преси [5,7].

Пресують сири пресами, які можуть бути: гідравлічними, пневматичними, гвинтовими та ричажними. Форми із сировою масою встановлюють на рухливі полки, включають пневмосистему. Полки

					19ХВД.427725.06.25ПЗ	Аркуш
						17
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

опускаються і відбувається пресування сиру. Тривалість пресування і тиск повітря залежать від виду сирів.

Парафінери призначені для парафінування усіх видів сирів (крім “Швейцарського”). Парафінер являє собою ванну ємністю 150 л, піднімальну раму для сиру, що рухається у вертикальних направляючих і привід [7].

При роботі ванна наповнюється дрібними шматками парафіну, що розплавляється електронагрівачами до $t = 140^{\circ}\text{C}$. При досягненні $t = 145^{\circ}\text{C}$ електронагрівачі відключаються. Сир укладається на раму. Включають пуск і рама опускається в парафін. Час зворотно-поступального руху складає 6 с. За час зупинки рами у верхнім положенні необхідно виждати 2-3 с, поки парафінова маса не застигне на поверхні сиру. Потім варто зняти парафіновані головки сиру і завантажити наступну партію.

Пакувальними машинами сир фасують і запаковують в поліетиленові плівки. Сир можуть запаковувати під вакуумом і без вакууму в термозварюємі плівки.

Для засолювання сиру використовують басейни і контейнери. Басейн складається з декількох відсіків, що наповнюються концентрованим розсолем. Сир для засолювання доставляється в сопільні басейни спеціальними контейнерами, що занурюються в басейни з розсолем і вивантажується з них за допомогою тельфера. Сири варто поміщати так, щоб максимально використовувати ємність відсіку басейну і забезпечити нормальне просолювання продукту [6].

Контейнер для групового засолювання сиру являє собою форму, що зварена з нержавіючих труб, у середині яких на куточках установлюються дерев'яні полки з інтервалом 200 мм. У такий спосіб виходить своєрідна “етажерка”, на п'ять полиць якої укладається сир.

Сири встановлюють на полки. Контейнер з цеху пресування електронавантажувачем подається до басейну, у який він опускається тельфером на час, необхідний для засолювання. Потім контейнер виймають з басейну, сири знімають з полиць.

					19ХВД.427725.06.25ПЗ	Аркуш
						18
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Миють сири на щіточних машинах і безщіточних. Найбільш розповсюджені щіточні машини, у яких для протирання поверхні сиру використовують циліндричні обертові навколо горизонтальної вісі із швидкістю 200об/хв. резинові щітки.

Більш продуктивні сиромийні машини і парафінери.

Сиромийна машина призначена для миття сирів при їх дозріванні і зберіганні. Вона являє собою ванну з приводом для барабанів. Ворс щіток барабанів виконаний з поліетилену товщиною 0,8 мм. Для регулювання температури води (50-55°C) у торцевій стінці ванни змонтований змішувач.

					19ХВД.427725.06.25ПЗ	Аркуш
						19
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Розробка проектного завдання

На підставі аналізу виробничої діяльності переробного підприємства та аналізу існуючих технологій та технологічних процесів виробляємої на підприємстві продукції та після огляду існуючих засобів механізації виробництва продукції робимо висновок, що :

- підприємство знаходиться в добре розвиненій економічній зоні на півдні України;
- одним з головних напрямків регіону є молочна продукція зокрема сири;
- продукція, яка випускається підприємством, користується високим попитом у місцевого населення, особливо сири, такі як “Голландський” та “Російський”;
- технології, застосовані на підприємстві, відповідають сучасним вимогам;
- лінія механізації виробництва твердих сирів є достатньо удосконаленою, але окремі машини мають недоліки;
- гомогенізатор, який знаходиться в лінії для виробництва сиру “Голландського” та “Російського” має високу вартість та великі енерговитрати, тому пропонуємо його вдосконалити.

Таким чином завданням для дипломного проекту ми обираємо вдосконалення конструкції гомогенізатора.

					19ХВД.427725.06.25ПЗ	Аркуш
						20
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

2 ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ МАШИНИ

2.1 Опис конструкції і принципу дії машини

Гомогенізатор А1-ОГМ (рисунок 2.1) призначений для гомогенізації молока і молочних продуктів. Продуктивність гомогенізатора і базової моделі змінюється в залежності від встановлення електродвигуна з різною частотою обертання і колінчатого валу з різним ексцентриситетом кривошипа. Всі інші вузли і деталі однакових типорозмірів.

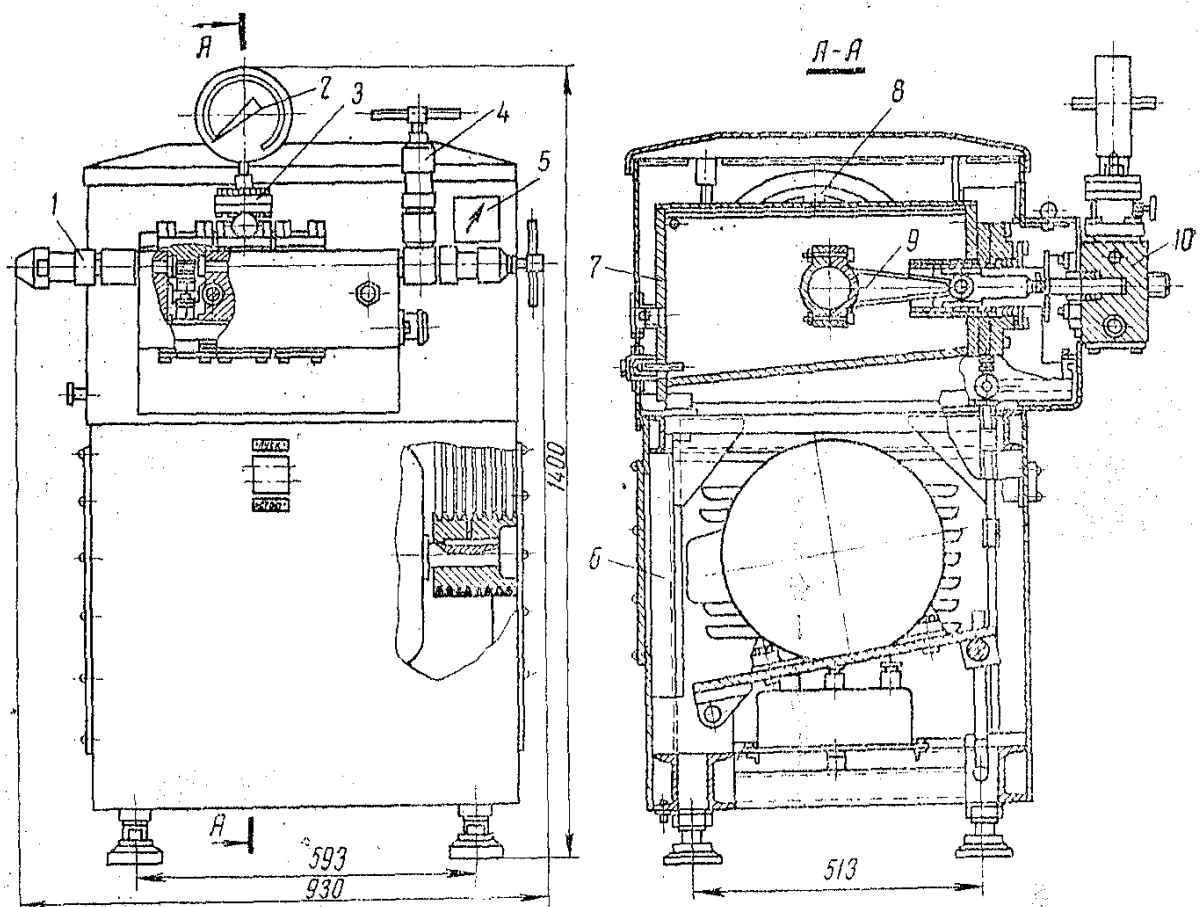


Рисунок 2.1 – Гомогенізатор А1-ОГМ.

Гомогенізатор А1-ОГМ включають в себе в себе зварну станину 5, корпус 7, привід 8, кривошипно-шатунний механізм 9, плунжерний блок 1, двохступінчасту гомогенізуючу головку 3, манометричний пристрій 2, запобіжний клапан 1 системи змазки й охолодження.

Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата

19ХВД.427725.06.25ПЗ

Аркуш

21

Гомогенізуюча головка є вузлом гомогенізатора, де безпосередньо відбувається диспергування жирової фази молока. В гомогенізаторі використовують двоступінчасту головку, яка складається з двох поєднаних разом та зв'язаних каналом, що дозволяє продукту переходити послідовно від першої ступіні до другої, одноступінчасті головки мають аналогічну конструкцію. Кожна з ступенів двоступінчастої гомогенізуючої головки складається з корпусу, клапана, сідла клапана і натискного пристрою, що вмикає стакан, шток, пружину, накидну гайку зі штурвалом. Головка кріпиться до нагнітаючого колектора плунжерного блока, а з'єднуються ступіні між собою за допомогою шпильок.

Тиск гомогенізації в кожній зі ступенів задається натисканням на клапан штока шляхом завертання накидної гайки, що передає натугу через пружину. До того ж, згідно інструкції з використання гомогенізаторів, з початку задається потрібний тиск у другій ступіні до 5 МПа, а потім тиск піднімається до тиску, що вимагає технологічний режим на першій ступіні, який, як правило, вище за тиск на другій ступіні (10 – 15 МПа). Загальний тиск гомогенізації, який показує манометр, встановлений перед гомогенізуючою головкою на нагнітальному колекторі плунжерного блоку, являє собою практично суму тисків на першій і другій ступенів гомогенізуючої головки. Тому можливо задавати тиск гомогенізації у зворотному порядку, знаючи розподіл тисків по ступеням і потрібний загальний тиск гомогенізації молочного продукту, що обробляється. Небажаною можна вважати роботу гомогенізуючої головки, коли найбільший тиск задається другій ступіні головки. Такий розподіл тисків можна допустити, оскільки мають позитивні рекомендації, проте при цьому робота ущільнень буде знаходитись у більш жорстких умовах, що насамперед можна віднести до ущільненню штока головки першої ступені. Тому довговічність ущільнень головки залежить від правильної її експлуатації.

До найбільш відповідальним деталям гомогенізуючої головки, окрім ущільнень, можна віднести сідла і клапани обох ступенів і пружини штоків. Від їх технічного стану залежить ефективність процесу гомогенізації даної гомогенізуючої головки і гомогенізатора.

					19ХВД.427725.06.25ПЗ	Аркуш
						22
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

2.2 Вимоги до класу машин

Частини машин, що стикаються з молоком і молочними продуктами, виготовляють з матеріалів, які не впливають шкідливо на продукти і дають змогу чистити, мити і дезінфікувати устаткування.

Розташування і конструкція вузлів та механізмів машин, пускових та гальмових пристроїв мають забезпечувати вільний і зручний доступ до них, безпеку під час монтажу, експлуатації і ремонту.

Елементи керування сконструйовані таким чином, щоб унеможливилася їх випадкове чи довільне вмикання і вимикання.

Машини для гомогенізації мають бути виготовлені таким чином, щоб розбирання і складання їх перед початком роботи можна було виконати з мінімальними витратами сил і часу.

Забезпечення задовільного ступеня гомогенізації, тобто такого, при якому не менше 85% жирових кульок після гомогенізації мають розміри 1 – 1,5 мкм. Після обробки вони не повинні злипатись та утворювати грона або будь-які інші скупчення жирових часток та рівномірно розподілюватись по об'єму продукту.

При тиску 5 МПа ступінь гомогенізації для щільних гомогенізаторів повинен складати не менше 44%, 10 МПа – 60%, 15 МПа – 72%, 17,5 МПа – 77%, 20 МПа – 81%, 25 МПа – 87% [6].

Рухомі частини машини повинні бути захищені від потрапляння на них води, молока і мийних розчинів, а мастило не повинно потрапляти в продукти.

Машини мають бути зручними для миття, чищення і контролю чистоти.

Усі небезпечні зони (привідні, передатні і виконавчі механізми) обгороджують. Обгородження мають бути легкими, міцними, надійно закріпленими, але легко зніматися у процесі чищення, огляду і ремонту.

Усі машини під час роботи повинні створювати мінімум шуму і вібрації.

Усі машини й апарати, при експлуатації яких виділяється пил, пара чи газу, мають бути обладнані пристроями для уловлювання і видалення їх із приміщення.

					19ХВД.427725.06.25ПЗ	Аркуш
						23
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Гарячі поверхні машин повинні бути ізольовані. Ізоляція має бути гладенькою, стійкою до вологи і механічних впливів.

Технологічне устаткування повинне бути обладнане регулювальною арматурою і контрольно-вимірювальними приладами.

Запірна арматура (вентилі, крани, клапани та ін.) повинна мати надійні ущільнення, що не допускають пропускання рідини чи пари.

Усі машини мають бути надійно заземлені.

Зовнішні та внутрішні поверхні машин повинні бути гладенькими, обтічної форми, із плавними переходами до поглиблень і закругленими кутами, що полегшує підтримку їх у належному санітарно-гігієнічному стані.

2.3 Пошук конструктивного рішення вдосконалення машини

Найбільш широко представленою категорією гомогенізаторів є щілинні пристрої, в яких механізм дії ґрунтується на продавлюванні рідини через вузький проміжок. Суть процесу диспергування жирових частинок у молочному середовищі в таких апаратах була розглянута раніше.

Серед щілинних гомогенізаторів особливо поширеними є клапанні моделі. У цих пристроях кільцевий зазор формується між робочими поверхнями клапана і його сідла. Разом із додатковими компонентами клапан і сідло утворюють так звану гомогенізуючу головку, яка є ключовим функціональним елементом пристрою.

Зведені технічні характеристики клапанних гомогенізаторів представлено в таблиці 2.1.

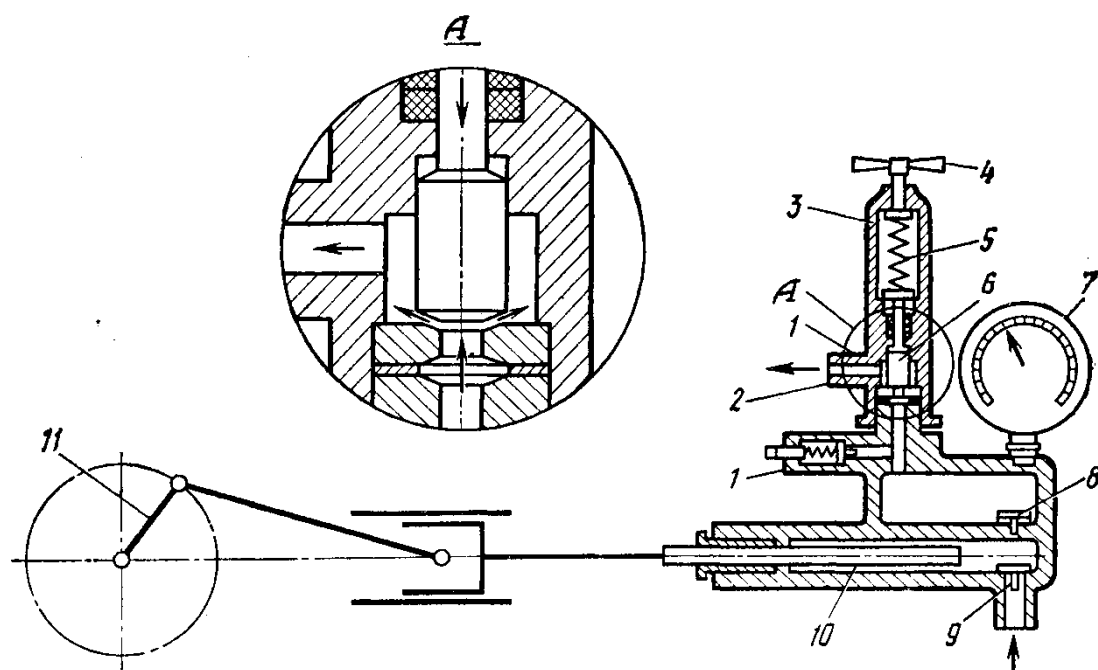
Молоко через всмоктувальний клапан 9 подається в плунжерний насос. Під час нагнітального ходу плунжера 10 відкривається нагнітальний клапан 8, і молоко під тиском надходить у вузький кільцевий проміжок, що формується між сідлом і клапаном 6 при його піднятті, подолавши опір пружини 5. Силу стиснення пружини, а відповідно й розмір щілини, регулюють за допомогою гвинта 4. Тиск у системі відстежується манометром 7. Ширина утвореного зазору становить близько 0,1 мм, а швидкість руху молока через нього досягає

					19ХВД.427725.06.25ПЗ	Аркуш
						24
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

150–200 м/с. Продуктивність таких пристроїв варіюється в межах 800–2000 кг/год [6, 7].

Таблиця 2.1 – Порівняльні характеристики технічних параметрів гомогенізаторів

Марка гомогенізатора	K5- ОГ2А- 250	K5- ОГ2А- 500	K5- ОГ2А- 1.25	A1- ОГ2М -2,5	A1- ОГ2М	K5- ОГА- 10
Продуктивність, л/год	250	500	1250	2500	5000	10000
Тиск гомогенізації, МПа	12,5	18	20	20	20	17
Установлена потужність двигуна, кВт, не більше	4,0	5,5	11,0	18,5	37,0	55,0
Габаритні розміри, мм						
довжина	970	970	970	1475	1475	1475
ширина	650	650	860	1120	1120	1270
висота	1100	1100	1400	1640	1640	1650
Маса, кг, не більше	400	420	760	1350	1400	1800
Питома енергоємність, Дж/л	16,0	11,0	8,8	7,4	7,4	5,5



1- запобіжний клапан; 2- вихідний патрубок; 3- корпус; 4- гвинт; 5- пружина; 6- клапан гомогенізуючої головки; 7- манометр; 8- нагнітальний клапан; 9- всмоктувальний клапан; 10- плунжер; 11- привідний механізм

Рисунок 2.2 – Схема гомогенізатора клапанного типу

До основних переваг клапанних гомогенізаторів належать:

- висока ефективність процесу гомогенізації;
- широке впровадження у промисловості та налагоджене серійне виробництво.

Основні недоліки цих машин:

- висока ціна (понад 15000 долл);
- вкрай низький технологічний коефіцієнт корисної дії (0,0018%);
- значні питомі енерговитрати (6,5–7,6 кВт/т) [8];
- відсутність моделей з продуктивністю менше 800 л/год;
- велика маса, металоємність і габарити;
- високі вимоги до ступеня очищення молока;
- складність конструкції;
- необхідність двоступінчастої обробки.

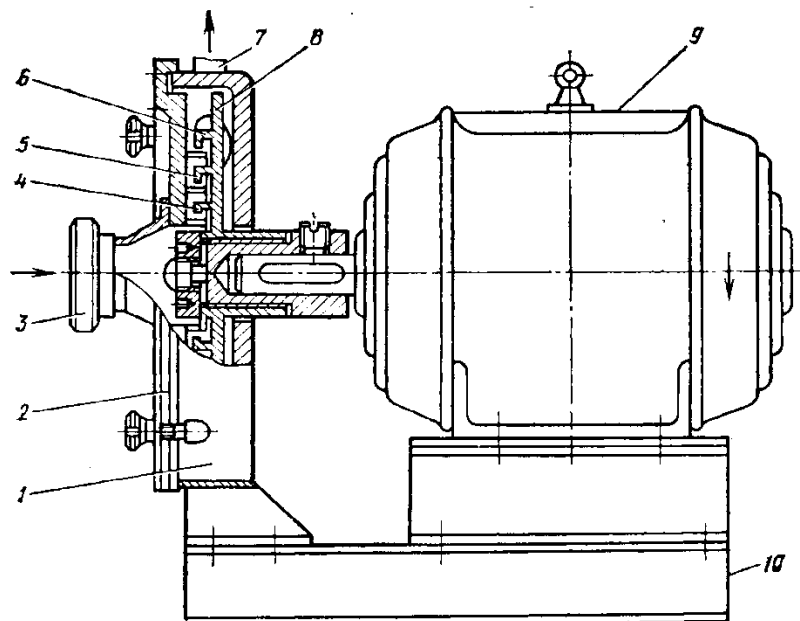
У гвинтових щілинних гомогенізаторах продукт рухається по гвинтовій поверхні з контрольованими зазорами. Такий принцип реалізується в установках ALM французької компанії "П'єр Герен". Продукт, проходячи між витками різьби й стінкою каналу, роздрібнюється аналогічно клапанному методу. Кожен виток виконує функцію окремої стадії гомогенізації. При цьому частинки зміщуються на невеликий кут, що покращує перемішування дисперсної фази. Рівень ефективності гомогенізації цих машин сягає 48% [20, 23].

Роторні щілинні гомогенізатори за принципом дії схожі з відцентровими насосами, однак продукт у них додатково проходить через вузький щілинний простір поблизу обода колеса. Максимальна ефективність таких апаратів становить 35% [10]. Щоб її підвищити, потрібно збільшити частоту обертання ротора, що ускладнює конструкцію.

Фільєрні щілинні гомогенізатори працюють за принципом продавлювання продукту через паралельно розміщені отвори з фіксованим або регульованим діаметром. До таких моделей належать СВА-3 (виробник ЗАТ "Плат", РФ) та МДХ401 (виробництво Unitech&Flant-М, Росія-Болгарія). При безззорній роботі гомогенізаційна ефективність сягає близько 17%, а при

					19ХВД.427725.06.25ПЗ	Аркуш
						26
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

тривалості обробки до 20 хвилин – до 20% [15].



1 – корпус; 2 – кришка; 3 – патрубок для виведення емульсії; 4–6 – кільця з отворами; 7 – патрубок для виходу емульсії; 8 – обертовий диск; 9 – електродвигун; 10 – основа

Рисунок 2.3 – Роторний гомогенізатор.

У пульсаційних гомогенізаторах внаслідок коливального руху середовища виникають явища кавітації, коливального тиску й імпульсних мікропотоків, які створюють значні градієнти тиску та швидкості.

Один із різновидів таких установок – ударний пульсаційний гомогенізатор – являє собою ємність із продуктом і трубку, завершену діафрагмою [15]. Над діафрагмою по чергову створюється тиск від надлишкового до вакуумного за рахунок підключення до відповідних ресиверів. Коли в цій зоні формується область низького тиску, відбувається захоплення рідини, що призводить до гідроудару та схлопування кавітаційних пухирців. Подальше підвищення тиску спрямовує потік рідини назад у ємність під високою швидкістю, викликаючи явище вибухоподібного скипання. Таким чином, гомогенізаційний ефект досягається через комбінацію ударного впливу, кавітаційних ефектів, локального вскипання та енергії зворотного струменя.

Ця конструкція досі залишається на стадії лабораторного тестування.

					19ХВД.427725.06.25ПЗ	Аркуш
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		27

Циліндричний роторно-пульсаційний апарат складається з двох стаціонарних та одного обертового циліндрів з отворами прямокутної форми, розташованими співвісно. Молочний продукт всмоктується в робочу зону завдяки насосному ефекту, після чого під дією відцентрових сил виводиться з апарата. У лабораторних умовах при обертанні ротора зі швидкістю 3000 об/хв і зазору 0,1 мм між ротором та статором досягнуто гомогенізаційної ефективності до 70% [15]. Серійна модель ЗРПА (виробник АТ "Ена", РФ, м. Щольково) має більший зазор (0,5–1,5 мм), тому її ефективність не перевищує 10% [20, 23].

Дискові роторно-пульсаційні установки мають схожий принцип роботи, але ротор тут обертається в горизонтальній площині між нерухомими дисками (статорами). Переміщення продукту відбувається виключно під дією зовнішнього перепаду тиску, оскільки насосного ефекту така конструкція не має [19].

У вакуумних гомогенізаторах дроблення жирових частинок відбувається всередині однієї або двох камер з пониженим тиском. З практичного боку перевагу віддають двокамерним моделям, оскільки вони забезпечують менший середній діаметр жирових глобул. Інститут технічної теплофізики НАН України створив дві модифікації вакуумних гомогенізаторів – ВГ-5 та ВГ-10, характеристики яких представлено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Технічні характеристики вакуумних гомогенізаторів

Параметри	Марка гомогенізатора	
	ВГ-5	ВГ-10
Продуктивність, т/год	5	10
Робочий тиск, МПа	0,001	0,001
Питома енергоємність, Дж/л	2,4	2,5
Температура молока, °С	80-95	75-110
Маса, кг	800	1000
Габаритні розміри, мм	1900×1100×1700	1860×1500×1700

					19ХВД.427725.06.25ПЗ	Аркуш
						28
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Після обробки у вакуумних гомогенізаторах середній розмір жирових кульок становить від 1,5 до 2,5 мкм. Окрім зменшення розмірів дисперсної фази, така обробка сприяє зниженню кислотності молока на 2–3 °Т за рахунок усунення розчинених газів, зокрема кисню та вуглекислоти. У процесі гомогенізації також реалізується ефект дегазації та дезодорації, завдяки якому з продукту разом із водяною парою видаляються небажані леткі сполуки. Одночасно знижується мікробна забрудненість молока – чисельність бактерій зменшується на три та більше порядки, а термостійкість продукту зростає [15, 17].

2.4 Патентний пошук напрямку вдосконалення

Існують патенти, автори яких пропонують покращити конструкцію плунжерного блоку гомогенізаторів та плунжерів, зробивши їх ступінчастими і т. д., але цим досягається лише незначне збільшення механічного ККД машини. Найбільш цікавими, на наш погляд, є патенти, автори яких пропонують нові способи гомогенізації. Наприклад, в Московському збірнику за 1992 рік автор, який запатентував свій винахід під номером 1780660, пропонує спосіб гомогенізації, при якому молоко, нагріте до 60 – 80°C, розпилюється послідовно в двох вакуумних камерах. В першій камері підтримується тиск $0,15 \cdot 10^5$ – $0,30 \cdot 10^5$ Па, а в другій – $0,03 \cdot 10^5$ – $0,15 \cdot 10^5$ Па. При цьому відбувається скипання та руйнування жирових кульок молока.

На сьогоднішній день є багато авторських свідчень та патентів, автори яких намагаються теоретично обґрунтувати принцип дії щілинних гомогенізаторів та збільшити ефективність їх роботи. В збірнику наукових трудів Одеського державного інституту харчових технологій наведена стаття Є. В. Нужина “Про вплив параметрів потоку на процес гомогенізації” [14]. У ній приходить до висновку, що тиск гомогенізації можна зменшити, якщо організувати в клапані ламінарний поверхневий шар руху рідини та створити зони з чергуванням тиску. Пропонується відповідна конструкція клапана, при наявності якого в щілинному гомогенізаторі ефективність процесу зростає і

					19ХВД.427725.06.25ПЗ	Аркуш
						29
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

економія потужності сягає 25 %. Але такий ефект можливий лише при тиску 14 – 16 МПа, а вже при 18 – 25 МПа, тобто при робочому тиску машини, позитивний результат нового клапана практично відсутній.

Описані в патенті №1738172 і авторському свідоцтві №1614771 технічні рішення спрямовані на підвищення ефективності процесу гомогенізації молока шляхом удосконалення конструкції гомогенізуючих елементів.

У першому випадку (патент №1738172) автором запропоновано гомогенізатор з обертовим ротором, в якому реалізовано подачу молока через тангенціальні канали, оснащені дроселюючими насадками. За рахунок високої швидкості витікання продукту з цих насадок і подальшого удару об кільцевий відбивач, досягається ефективне руйнування жирових кульок. Цей принцип реалізує комбінований механізм гідродинамічного розпилення та зіткнення, що забезпечує високий ступінь диспергування.

У другому випадку (авторське свідоцтво СРСР №1614771), мова йде про гомогенізуючу насадку, де головним удосконаленням є диск зі ступінчастими ділянками на зовнішній поверхні. Ці ділянки мають різні радіуси, що формують канали змінної висоти між диском і корпусом, які в осьовому перерізі є прямокутними щілинами. Таке конструктивне рішення дозволяє інтенсифікувати мікроскопічні потоки, зменшити зону зворотних течій, знизити енерговитрати на гомогенізацію та водночас підвищити ступінь диспергування. Канали змінної висоти сприяють багаторазовому стисканню і розширенню потоку, що додатково покращує розподіл жиру.

Таким чином, обидва технічні рішення спрямовані на оптимізацію структури робочих органів гомогенізаторів — або шляхом модернізації самого ротора, або гомогенізуючої насадки, — з акцентом на зниження енерговитрат і підвищення ефективності диспергування молочних емульсій.

Гомогенізуюча насадка складається з корпусу 1, в якому розміщено диск 2, жорстко з'єднаний з віссю 3. У тілі корпусу та диска виконані циліндричні порожнини 4. На зовнішній поверхні диска розміщені ступінчасті ділянки з різним радіусом, які разом із внутрішньою поверхнею корпусу утворюють канали 5. У осьовому перерізі ці канали мають форму прямокутних щілин

					19ХВД.427725.06.25ПЗ	Аркуш
						30
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

змінної висоти. Порожнини 4 сполучені з каналами 5 в тих місцях, де щілина має мінімальну висоту. Кількість ступінчастих ділянок (і відповідно каналів 5) може змінюватися, на рисунку 3.4 зображено варіант із двома каналами. Канал 5 з'єднує вхідний та вихідний отвори 6 і 7. У корпусі також передбачені допоміжні канали 8 і 9, які з'єднані з циліндричними порожнинами для промивання.

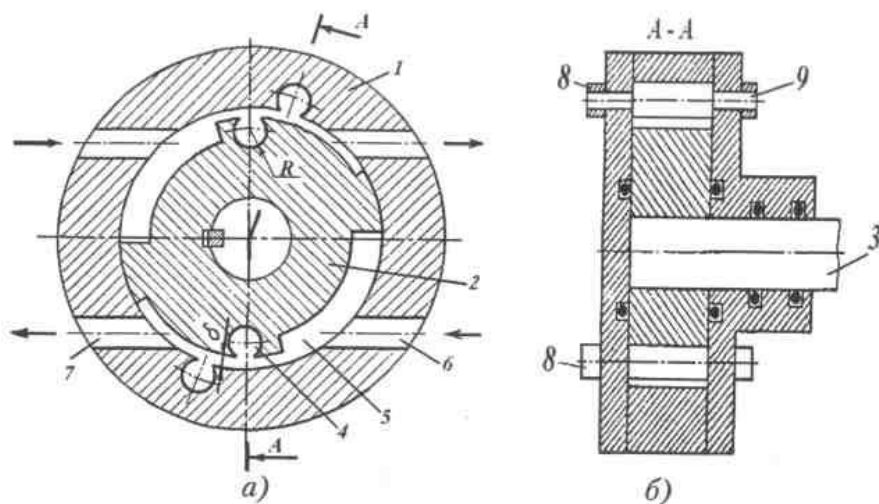


Рисунок 2.4 - Гомогенізуюча насадка:

а) поперечний розріз; б) розріз по лінії А-А:

- 1 - циліндровий корпус; 2 - диск; 3 - вісь; 4 - порожнина;
- 5 - робочий канал; 6 - отвори; 7 - канал виходу продукту;
- 8 - канал підведення миючої рідини;
- 9 - канал відведення миючої рідини.

Робота насадки розпочинається з повернення диска 2 за допомогою осі 3 таким чином, щоб канал 5 з максимальною висотою щілини з'єднував отвори 6 і 7. Після запуску гомогенізатора диск повертають до положення, при якому з'єднання здійснюється через частину каналу з мінімальною висотою щілини. Продукт потрапляє до каналу 5, досягає зони, пов'язаної з порожнинами 4, і формує в них вихрові течії. Ці вихори створюють пульсації тиску та швидкості, які деформують і руйнують дисперсні частки, покращуючи гомогенізацію.

Регулювання ефективності здійснюється шляхом повороту диска, що змінює взаємне розміщення порожнин у каналі 5, аж до досягнення

					19ХВД.427725.06.25ПЗ	Аркуш
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		31

максимального ефекту збурення та гомогенізації. Також у процесі відбувається інтенсивний обмін між основним потоком і середовищем у порожнинах, де захоплені частини потоку змінюють напрям, що додатково посилює диспергування.

Після завершення процесу, для санітарного очищення пристрою до допоміжних каналів 8 подається миюча рідина, яка проходить через порожнини 4 і виводиться через канали 9.

					19ХВД.427725.06.25ПЗ	Аркуш
						32
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Обґрунтування конструктивного рішення вдосконалення

В даному клапанному гомогенізаторі замінимо клапанну двоступінчасту головку класичного типу на знов розроблену за авторським свідоцтвом "Гомогенізуюча насадка".

Гомогенізуюча насадка, містить циліндричний корпус з співвісне розміщеним в ньому диском, відрізняючись тим, що з метою зниження енерговитрат та підвищення ступіні гомогенізації, на зовнішній поверхні диска виконані ступінчасті ділянки, ступені яких утворені різними по величині радіусами, диск встановлений в корпусі з можливістю повороту та утворює з його внутрішньою поверхнею канали змінної висоти, представляє собою в осьовому перетині прямокутні щілини, при цьому в тілі корпуса та диска виконані циліндричні порожнини, які з'єднуються з ділянками каналів, що мають меншу висоту.

Метою винаходу є зниження енерговитрат і підвищення ступеня гомогенізації.

Винахід дозволяє значно понизити енерговитрати і підвищити ступінь гомогенізації за рахунок наявності порожнин циліндрової форми, що створюють інтенсивні збурення, що поширюються у вигляді пульсацій тиску і швидкості в потоці.

					19ХВД.427725.06.25ПЗ	Аркуш
						33
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

3 РОЗРАХУНОК ВДОСКОНАЛЕНОЇ МАШИНИ

3.1 Технологічний розрахунок параметрів машини

Характер руху плунжера, обумовлений роботою кривошипно-шатунного механізму, дозволяє здійснити тільки синусоїдальну подачу рідини в плунжерних гомогенізаторах.

В одноплунжерних машинах згідно зміненню швидкості руху плунжера витрата рідини, що подається, підвищується від нуля до максимальної величини, а потім падає до нуля. Такі зміни подачі трапляються за кожний оберт колінчатого вала, тому продуктивність такої машини є середня величина подачі.

Ступінь нерівномірності подачі k можна визначити з відношення [10]

$$k = \frac{V_{\max}}{V_{\text{cp}}}, \quad (3.1)$$

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

V_{cp} - середня подача, м^3 .

Пульсація подачі, а разом з нею і тиск негативно впливають на роботу машини і гомогенізуючої головки. Внаслідок використання трьох- і п'ятиплунжерних гомогенізаторів знижується ступінь нерівномірності подачі. Для одноплунжерних машин ступінь нерівномірності подачі дорівнює 3,14, трьохплунжерних – 1,05 і п'ятиплунжерних – 1,02.

Конструювання гомогенізаторів ведеться з непарним числом плунжерів, оскільки ступінь нерівномірності подачі в них, крім одноплунжерного, значно нижче, ніж у машин з парним числом плунжерів.

Машина-прототип є трьохплунжерною машиною, звідки максимальна подача

$$V_{\max} = k \cdot V_{\text{cp}} \quad (3.2)$$

					19ХВД.427725.06.25ПЗ	Аркуш
						34
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Продуктивність гомогенізатора V обчислюють за формулою

$$V = z \frac{\pi D^2}{4} \sin 60 \eta_{об} \quad (3.3)$$

де z - кількість плунжерів (тут і далі приймаємо розміри з машини-прототипу);

D - діаметр плунжера, м;

s - хід плунжера, м;

n - частота обертання колінчатого вала, хв^{-1} ;

$\eta_{об}$ - об'ємний ККД.

$$V = 3 \frac{3,14 \cdot 0,018^2}{4} 0,17 \cdot 350 \cdot 60 \cdot 0,9 = 2 \text{ т/год.}$$

$$V_{\text{макс}} = 1,05 \cdot 2000 = 2100 \text{ кг/год.}$$

3.2 Енергетичний розрахунок машини

Гомогенізатори відносять до енергоємних машин молочної промисловості. Відносно високу енергоємність гомогенізаторів належить розглядати як специфічну властивість цих машин, оскільки навіть теоретично (з максимальним об'ємом і теоретичним ККД) енергоємність їх неістотно нижче за фактичну.

Витрату потужності гомогенізатора визначають за формулою

$$N = \frac{Vp}{3600\eta} k_m, \quad (3.4)$$

де V - продуктивність гомогенізатора, т/год;

p - тиск гомогенізації, Па;

η_m - механічний ККД гомогенізатора;

k_m - коефіцієнт, що враховує конструкцію клапана гомогенізатора.

Механічний ККД сучасних гомогенізаторів в залежності від їх конструкції складає 0,75 – 0,85. Підвищення ККД є одним із показників

					19ХВД.427725.06.25ПЗ	Аркуш
						35
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

технічного рівня гомогенізаторів.

Загальний ККД сучасних вітчизняних і зарубіжних гомогенізаторів достатньо високий (0,82 – 0,85).

Загальний ККД дорівнює [13]

$$\eta = \eta_u \eta_m, \quad (3.5)$$

де η_u, η_m - індикаторний і механічний ККД.

Індикаторний ККД визначають за формулою

$$\eta_u = \frac{N}{N_u} = \frac{N}{4,15 \cdot 10^{-4} p_u V}, \quad (3.6)$$

де N_u - потужність індикаторна гомогенізатора, кВт;

p_u - середній індикаторний тиск, Па.

$$\eta_u = \frac{13888}{4,15 \cdot 10^{-4} 14,7 \cdot 10^6 \cdot 2,5} = 0,91$$

Середній індикаторний тиск обчислюють з індикаторних діаграм, знятих в кожній робочій камері плунжерного блока.

Механічний ККД знаходять за формулою

$$\eta_m = \frac{N_u}{N_g}, \quad (3.7)$$

де N_g - потужність на валу, кВт.

$$\eta_m = \frac{11,1}{13,9} = 0,80.$$

$$N = \frac{2,5 \cdot 20 \cdot 10^6}{3600 \cdot 0,8} 0,8 = 5235 \text{ Вт.}$$

Індикаторний ККД складається з об'ємного і гідравлічного

$$\eta_u = \eta_o \eta_z. \quad (3.8)$$

$$\eta_o = \frac{\eta_u}{\eta_z}. \quad (3.9)$$

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

					19ХВД.427725.06.25ПЗ	Аркуш
						36
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

$$\eta_z = \frac{H\gamma}{10^3 p_u}, \quad (3.10)$$

де H - манометричний напір, Па.

$$\eta_z = \frac{13,6 \cdot 1030}{10^3 \cdot 14,7} = 0,95.$$

$$\eta_o = \frac{0,91}{0,95} = 0,96.$$

Таким чином, загальний ККД гомогенізатора

$$\eta = \eta_o \eta_z \eta_m = \frac{N_{\Pi}}{N_{номр}}, \quad (3.11)$$

де N_{Π} , $N_{номр}$ - корисна та спожита потужність пристрою, Вт.

$$\eta = 0,96 \cdot 0,95 \cdot 0,80 = 0,73.$$

Загальний ККД дає уявлення про те, наскільки спожита потужність більше за теоретичну внаслідок гідравлічних втрат, витоків рідини через недостатню герметичність його робочих органів і ущільнень і втрат на тертя у вузлах.

Передавальне число передачі розраховується як

$$U = \frac{n_{\partial\partial}}{n}, \quad (3.12)$$

де $n_{\partial\partial}$ - частота обертання колінчастого валу електродвигуна, об/хв.

В якості електродвигуна обираємо асинхронний електродвигун марки 4А180М8УЗ ГОСТ 19523-81 потужністю 6 кВт частотою обертання валу 1000 об/хв.

$$U = \frac{1000}{350} = 2,85.$$

В якості передавального механізму використовуємо пасову передачу.

Ділильний діаметр веденого шківа розраховуємо зі співвідношення

$$d_2 = d_1 \cdot U \quad (3.13)$$

$$d_2 = 76 \cdot 2,85 = 216 \text{ мм.}$$

Так як потужність, що передається в новій машині, знизилася у

					19ХВД.427725.06.25ПЗ	Аркуш
						37
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

порівнянні з машиною-прототипом, то існуючої передачі машини з запасом достатньо для забезпечення міцності.

Максимальний підйом клапана

$$h_{\text{макс}} = \frac{400 - 450}{n}. \quad (3.14)$$

де n - частота обертання колінчатого вала, хв^{-1} .

$$h_{\text{макс}} = \frac{400 - 450}{350} = 0,14 \text{ м}$$

Умова безударної роботи клапанів забезпечується при співвідношенні

$$\frac{F_{\kappa}}{G} \geq \frac{Vn(1 \pm \lambda)}{178 \Delta p z}, \quad (3.15)$$

де F_{κ} - площа клапана по внутрішній кромці опорної поверхні, см^2 ;

G - маса клапана, кг ;

Δp - перепад тиску на клапані, МПа ;

λ - відношення радіуса кривошипа до довжини шатуна (0,15-0,2);

z - число плунжерів.

$$F_{\kappa} = \frac{3,14 \cdot 1,8}{4} = 1,413 \text{ см}^2$$

Перепад тисків на всмоктувальному клапані не більше 0,02 – 0,03 МПа, на нагнітальному 0,5 – 1 МПа; знак «+» перед λ у випадку обчислення нагнітального клапана і знак «-» - всмоктувального.

$$\frac{1,413}{0,186} \geq \frac{2,5 \cdot 350(1 + 0,2)}{178 \cdot 1 \cdot 3}$$

$7,6 \geq 2,0$, тобто умова безударної роботи клапана виконується.

Із умови допустимих швидкостей визначають діаметр клапана

$$\frac{\pi d_{\kappa}^2}{4} - \Delta F \geq \frac{V}{6 \nu_{\text{дон}} z}, \quad (3.16)$$

де d_{κ} - діаметр клапана, м ;

ΔF - площа перерізу хвостовика, см^2 ;

					19ХВД.427725.06.25ПЗ	Аркуш
						38
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

V - продуктивність гомогенізатора, л/с;

$v_{дон}$ - допустима швидкість в сидлі, м/с.

$$\frac{3,14 \cdot 1,8^2}{4} - 1,32 \geq \frac{2,5}{6 \cdot 7 \cdot 3},$$
$$1,22 \geq 0,1.$$

Для всмоктувального клапана допустима швидкість в сидлі приймають не більше 2 м/с, а для нагнітального 5 – 8 м/с.

$$\frac{3,14 \cdot 1,8^2}{4} - 1,32 \geq \frac{2,5}{6 \cdot 7 \cdot 3},$$
$$1,22 \geq 0,1.$$

Товщина тарілки клапана

$$h_{кл} = 0,43 d_{\kappa} \sqrt{\frac{p}{\sigma_{дон}}}, \quad (3.17)$$

де $\sigma_{дон}$ - допустима напруга для матеріалу клапана.

$$h_{кл} = 0,43 \cdot 0,018 \sqrt{\frac{20}{60}} = 0,004 \text{ м.}$$

3.3 Розрахунок на міцність відповідальних деталей машини

Пружину нагнітального клапана обчислюють, виходячи з необхідної умови при закритому клапані

$$P_{np} = \frac{VnG(1 + \lambda)}{140d_{\kappa}^2 z}. \quad (3.18)$$

$$P_{np} = \frac{2,5 \cdot 350 \cdot 0,186(1 + 0,2)}{140 \cdot 1,8^2 \cdot 3} = 0,465 \text{ кН.}$$

Сила пружини при робочій деформації

$$P_{д} = 1,5 P_{np}. \quad (3.19)$$

$$P_{д} = 1,5 \cdot 0,465 = 0,7 \text{ кН.}$$

Жорсткість пружини

					19ХВД.427725.06.25ПЗ	Аркуш
						39
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

$$Z = \frac{P_d - P_{np}}{h}, \quad (3.20)$$

$$Z = \frac{0,7 - 0,465}{0,1} = 2,35 \text{ кН/м}$$

де h - висота пружини, мм.

Зовнішній діаметр проволочи

$$d = \sqrt[3]{\frac{8P_{\max}D}{\pi[\tau]}}, \quad (3.21)$$

де $P_{\max}$ - сила пружини при максимальній деформації, кг;

D - діаметр пружини приймається з конструктивних міркувань, см;

$[\tau]$ - допустима напруга для нержавіючої сталі 4Х18Н10Т.

$$d = \sqrt[3]{\frac{8 \cdot 1000 \cdot 38}{3,14 \cdot 120}} = 9 \text{ мм}$$

$$P_{\max} = \frac{P_d}{1 - \delta}, \quad (3.22)$$

δ - відносний інерційний зазор пружини стискання І класу $\delta = 0,05 - 0,25$).

$$P_{\max} = \frac{0,7}{1 - 0,02} = 0,71 \text{ кН.}$$

Робоче число витків

$$i_p = \frac{G_{m-c} d^4}{8D^3 Z}, \quad (3.23)$$

де d - діаметр проволочи, см;

G_{m-c} - модуль зсуву для сталі ($8 \cdot 10^3$).

$$i_p = \frac{8 \cdot 10^3 \cdot 0,9^4}{8 \cdot 3,8^3 \cdot 3} = 4.$$

Сила попередньої затяжки

$$P_{np} = P_d - ch_{\max}, \quad (3.24)$$

де c - індекс пружини.

					19ХВД.427725.06.25ПЗ	Аркуш
						40
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

$$P_{np} = 0,7 - 3,2 \cdot 0,14 = 0,252 \text{ кН.}$$

Повна деформація пружини

$$\lambda = \lambda_0 + h_{\text{макс}}. \quad (3.25)$$

$$\lambda = 0,084 + 0,14 = 0,224 \text{ м.}$$

де λ_0 - початкова деформація пружини;

$$\lambda_0 = \frac{P_{np}}{z}. \quad (3.26)$$

$$\lambda_0 = \frac{0,252}{3} = 0,084 \text{ м.}$$

Загальна кількість витків

$$i_0 = i_p + i_n, \quad (3.27)$$

де $i_n = 2$ – неробоче число витків.

$$i_0 = 4 + 2 = 6.$$

Висота пружини у вільному стану

$$H_{np} = H_1 = \frac{P_{np}}{z}, \quad (3.28)$$

де H_1 - установочна висота приймається по конструктивному виконанню плунжерного блока, см.

$$H_{np} = 0,084 \text{ м.}$$

Шаг пружини у вільному стані

$$i_{ce} = \frac{H_{np} - 1,5d}{i_p}. \quad (3.29)$$

$$i_{ce} = \frac{0,084 - 1,5 \cdot 0,009}{4} = 0,017 \text{ м.}$$

Довжина розгорнутої проволочки пружини

$$L = 3,2D i_0. \quad (3.30)$$

$$L = 3,2 \cdot 38 \cdot 6 = 729,6 \text{ мм.}$$

Сили тяжіння деталей механізму постійні за величиною і малі у порівнянні з іншими і ними можна нехтувати.

Для практичних розрахунків, не пов'язаних з конструюванням нового

					19ХВД.427725.06.25ПЗ	Аркуш
						41
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

гомогенізатора, достатньо знати навантаження на шатун $P_{ш}$, що діє удовж осі шатуна і навантажує палець малої головки і колінчатий вал

$$P_{ш} = \frac{P}{\cos \beta}; \quad (3.31)$$

$$P = P_{жс} + P_{м} + P_{и}, \quad (3.32)$$

де P - сумарна алгебраїчна сила, Н;

β - кут повороту кривошипа колінчатого вала;

$P_{жс}$ - сила тиску рідини на плунжер, Н;

$P_{м}$ - сила тертя в манжетному потовщенні, Н;

$P_{и}$ - сила інерції при зворотно-поступальному руху, Н.

При максимальному зусиллі $\beta = 0$, тоді $\cos \beta = 1$. Сила інерції в порівнянні з силами, що входять до рівняння (3.29), настільки мала, що нею можна нехтувати.

Силу тиску рідини на плунжер визначають за формулою

$$P_{жс} = \frac{\pi D^2}{4} p, \quad (3.33)$$

де D - діаметр плунжера, см;

p - тиск на плунжер, приблизно рівний тиску гомогенізації, МПа.

$$P_{жс} = \frac{3,14 \cdot 0,016^2}{4} 20 \cdot 10^6 = 4019 \text{ Н.}$$

Силу тертя обчислюють за рівнянням

$$P_{м} = 0,1 \varphi \pi D \cdot 0,15 l p \approx 0,05 \varphi l p, \quad (3.34)$$

де φ - коефіцієнт тертя;

l - довжина сальника, м.

$$P_{м} = 0,05 \cdot 0,6 \cdot 0,003 \cdot 20 \cdot 10^6 = 1800 \text{ Н.}$$

$$P = 4019 + 1800 = 5819 \text{ Н.}$$

$$P_{ш} = P = 5819 \text{ Н.}$$

					19ХВД.427725.06.25ПЗ	Аркуш
						42
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Під час нагнітального ходу плунжера тиск в робочій камері плунжерного блока, а отже, навантаження на шатун $P_{ш}$, що діє на плунжер, мають приблизно десятивідсоткову пульсацію. До того ж, окрім пульсацій, навантаження на плунжер в період нагнітання наростає нерівномірно, що спричиняється дією на плунжер перемінної сили тертя в манжетнім ущільненні плунжерного блока.

Найбільш розповсюдженим типом колінчатого валу можна вважати вал з трьома робочими шийками кривошипа, що знаходяться під кутом 120° відносно один одного. У машин більшої продуктивності (10 000 і 15 000 л/год) шийки розташовані через 72° .

Колінчатий вал встановлюють в отворах боковин станіни в роликових упорних підшипниках: гомогенізатори А1-ОГС і К5-ОГА-1,2 - № 7314, Ф1-ОГМ - № 7522.

Колінчаті вали гомогенізаторів продуктивністю більше 1200 л/год мають наскрізне свердління з виходом до поверхонь шийок для подачі мастильного масла.

Шатуни, закріплені на колінчатому валу двома спеціальними болтами, складаються з великих і маленьких роз'ємних кривошипних головок. У великі головки вкладені бронзові вкладиші. На гомогенізаторі А1-ОГМ-2,5 встановлені автомобільні вкладиші ЯМЗ-206, 1000 104Г (ремонтний розмір 0,75). Для того, щоб забезпечити необхідний зазор між вкладишами і поверхнею шийки вала, в роз'ємі шатунів встановлюють тонкі компенсуючі прокладки.

В малі головки шатунів запресовані бронзові втулки з канавками під мастило. До втулок мастило підводять через канал в тілі шатуна.

Шатун з'єднується з повзуном за допомогою запресованого в його стінки пальця, виконаного з загартованої сталі. З'єднання з повзуном за допомогою пальця є найбільш навантаженим. Окрім цього, наявність значних навантажень призводить це з'єднання до відносно швидкому зносу – появи значного зазору між пальцем і бронзовою втулкою малої головки шатуна, що виражається появою при роботі характерного стуку. При ремонті цих деталей,

					19ХВД.427725.06.25ПЗ	Аркуш
						43
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

який може призвести до змін їх розмірів, корисно провести перевірочний розрахунок.

Обчислення малої головки шатуна ведеться на вигин і стискання. Найбільша напруга вигину знаходиться в небезпечному перерізі

$$\sigma_u = \pm \frac{P_u l_c e}{8 J_y}, \quad (3.35)$$

де l_c - відстань між точками прикладення сил, см;

e - відстань від нейтральної осі до найбільш віддаленого волокна, см;

J_y - момент інерції перерізу, см⁴;

$$J_y = \frac{ab^3}{12}, \quad (3.36)$$

a - ширина головки, см;

b - товщина кільця головки в небезпечному перерізі, см.

$$J_y = \frac{6 \cdot 8^3}{12} = 256 \text{ см}^4.$$

$$\sigma_u = \pm \frac{5819 \cdot 8 \cdot 16}{8 \cdot 256} = 363 \text{ МПа.}$$

Напруга стискання

$$\sigma_c = \frac{P_u}{F}, \quad (3.37)$$

де F - площа поперечного перерізу кільця головки в небезпечному перерізі, см².

$$\sigma_c = \frac{5819}{96} = 60,6 \text{ МПа.}$$

Сумарна напруга в небезпечному перерізі $\sigma = \sigma_u + \sigma_c$ не повинна перевищувати $\sigma_{don} = 1000$ МПа для вуглецевих сталей.

$$\sigma = 363 + 60,6 = 423 \text{ МПа, і не перевищує } 1000 \text{ МПа.}$$

При обчисленні пальця перевіряють величину виникаючого питомого

					19ХВД.427725.06.25ПЗ	Аркуш
						44
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

тиску в його підшипнику

$$K_{\text{макс}} = \frac{P_{\text{ш}}}{d_{\text{п}} l_{\text{п}}}, \quad (3.38)$$

де $d_{\text{п}}$ - діаметр пальця, см;

$l_{\text{п}}$ - довжина опорної поверхні пальця по підшипнику, см.

Максимальний питомий тиск $K_{\text{макс}}$ не повинне перевищувати допустимий $K_{\text{дон}} = 12$ МПа.

$$K_{\text{макс}} = \frac{5819}{0,04 \cdot 0,06} = 2,4 \text{ МПа.}$$

Тобто максимальний питомий тиск не перевищує допустимий.

Опорні гнізда для закріпленого пальця перевіряють на зминання

$$K_{\text{см}} = \frac{P_{\text{ш макс}}}{2dl_o}, \quad (3.39)$$

l_o - довжина опорного гнізда повзуна, см.

Допустимі величини $K_{\text{см}}$ для сталі

$$K_{\text{см}} \leq 35 - 45 \text{ МПа.}$$

$$K_{\text{см}} = \frac{5819}{2 \cdot 0,04 \cdot 0,08} = 0,9 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

Умова забезпечення міцності на зминання забезпечена.

Поперечний переріз пальця обчислюють на міцність по вигину. При обчисленні на вигин палець розглядають як двоопорну вільно лежачу балку з рівномірно розподіленим навантаженням.

Момент вигину

$$M_u = \frac{P_{\text{ш}}(l - 0,5a)}{4}, \quad (3.40)$$

де l - відстань між опорами пальця, см.

$$M_u = \frac{5819(0,08 - 0,5 \cdot 0,06)}{4} = 72,7 \text{ Н·м.}$$

Напруга вигину

$$\sigma_u = \frac{M_u}{W}, \quad (3.41)$$

					19ХВД.427725.06.25ПЗ	Аркуш
						45
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

де W - момент опору поперечного перерізу пальця, см^3 .

$$\sigma_u = \frac{72,7}{0,0000016} = 45 \cdot 10^6 \text{ МПа.}$$

Допустима напруга вигину $\sigma_{\text{дон}}$ для вуглецевих сталей приблизно 90 МПа, для легірованих – до 150 МПа.

Запас міцності

$$n = \frac{\sigma_{\text{дон}}}{\sigma_u}. \quad (3.42)$$

Для пальця запас міцності зазвичай приймається рівним 1,8 – 2.

$$n = \frac{90}{45} = 2.$$

Середня напруга на зріз визначають по формулі

$$\tau_{\text{cp}} = \frac{P_{\text{ш макс}}}{2F_{\text{п}}}, \quad (3.43)$$

де $F_{\text{п}}$ - площа поперечного перерізу пальця, см .

$$\tau_{\text{cp}} = \frac{5819}{2 \cdot 0,0013} = 2,2 \text{ МПа.}$$

Напруга на зріз не повинна перебільшувати 50 МПа, тобто умова міцності виконується.

					19ХВД.427725.06.25ПЗ	Аркуш
						46
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Висновки за розділом

Гомогенізуюча насадка відрізняється від аналога тим, що з метою зниження енерговитрат та підвищення ступіня гомогенізації, на зовнішній поверхні диска виконані ступінчасті ділянки, ступені яких утворені різними по величині радіусами, диск встановлений в корпусі з можливістю повороту та утворює з його внутрішньою поверхнею канали змінної висоти. Метою вдосконалення є зниження енерговитрат і підвищення ступеня гомогенізації.

Винахід дозволяє значно понизити енерговитрати і підвищити ступінь гомогенізації за рахунок наявності порожнин циліндрової форми, що створюють інтенсивні збурення, що поширюються у вигляді пульсацій тиску і швидкості в потоці.

Проведений технологічний, конструкторський розрахунок параметрів машини, кінематичний та енергетичний розрахунок машини і розрахунок на міцність відповідальних деталей. Розраховані параметри пружини клапана. В результаті розрахунків визначено: продуктивність, $Q_M = 2000$ кг/год; частота обертання колінчастого валу машини, $n = 350$ об/хв¹. Обрано електродвигун типу 4A132S6УЗ ГОСТ 19523-81 потужністю 6 кВт частотою обертання валу 1000 об/хв.

					19ХВД.427725.06.25ПЗ	Аркуш
						47
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Нормативно-правова база з охорони праці для підприємства

- НАОП 18.20-2.21-83 / ОСТ 49-195-83 Виробництво сирів та сирних продуктів. Вимоги безпеки
- НАОП 18.20-2.28-82 / ОСТ 49-185-82 Індивідуальні засоби захисту персоналу в молочній промисловості. Загальні правила використання і догляду
- НАОП 18.20-2.30-81 / ОСТ 49-180-81 Вантажно-розвантажувальні операції. Вимоги до безпеки виконання
- НАОП 18.10-3.07-73 Санітарні норми для одягу та взуття інженерно-технічного персоналу підприємств харчової галузі
- НАОП 18.10-4.01-73 Єдина система організації безпечного виробництва
- НАОП 18.20-1.02-77 Техніка безпеки при обслуговуванні водопровідних і каналізаційних систем підприємств молочної галузі
- НАОП 18.10-5.30-74 Типові інструкції з охорони праці та санітарії для технологічного персоналу
- НАОП 18.20-1.05-68 Вимоги техніки безпеки і санітарії на молочних підприємствах
- НАОП 18.20-2.20-81 / ОСТ 49-169-80 Приймання молока на молокозаводах. Норми безпеки
- СНиП II-4-79 Норми проектування природного та штучного освітлення (Держбуд СРСР, 27.06.79 №100)
- СНиП 2.11.02-87 Норми проектування холодильних приміщень (Держбуд СРСР, 01.07.80)
- СНиП 3.05.05-84 Проектування технологічного обладнання та трубопроводів (Держбуд СРСР, 07.05.84 №72)
- ГОСТ 14202-69 Розпізнавальне маркування трубопроводів, попереджувальні знаки та інформаційні щитки

					19ХВД.427725.06.25ПЗ	Аркуш
						48
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

- ГОСТ 12.3.016-87 (ССБТ) Антикорозійні роботи на будівництві. Вимоги безпеки
- ГОСТ 12.3.020-80* (ССБТ) Переміщення вантажів на підприємствах. Загальні безпечні умови
- ГОСТ 12.0.003-74* (ССБТ) Класифікація шкідливих і небезпечних виробничих факторів
- ГОСТ 12.0.005-84 (ССБТ) Основи метрологічного забезпечення у сфері безпеки праці
- ГОСТ 12.1.003-83* (ССБТ) Шум. Загальні безпечні умови
- ГОСТ 12.1.004-91* (ССБТ) Пожежна безпека. Загальні вимоги
- ГОСТ 12.1.005-88 (ССБТ) Загальні гігієнічні норми повітря у робочій зоні
- ГОСТ 12.1.007-76* (ССБТ) Небезпечні речовини. Класифікація та загальні норми безпеки

4.2 Аналіз небезпек

Фізичні фактори

- працюючі машини та обладнання;
- рухомі елементи техніки (зубчасті, пасові, ланцюгові приводи, вали, муфти, транспортери, насоси тощо);
- підвищене пило- та газонасичення повітря робочої зони;
- температурні впливи (висока/низька температура обладнання, матеріалів чи повітря);
- підвищений рівень шумового навантаження;
- вібраційні впливи;
- зміни вологості або швидкості руху повітря;
- небезпечна напруга електричних ланцюгів, що може пройти через тіло працівника;
- недостатнє природне або штучне освітлення;

					19ХВД.427725.06.25ПЗ	Аркуш
						49
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

– наявність гострих, шорстких елементів на конструкціях, інструментах, техніці

Хімічні фактори

– наявність дезінфекційних, миючих та хімічно активних речовин у виробничому середовищі

Біологічні фактори – дія мікроорганізмів патогенного характеру (бактерій, вірусів, грибів, найпростіших тощо) та продуктів їх життєдіяльності

Психофізіологічні фактори

– фізичне перенавантаження, зокрема ручне виконання операцій;

– нервово-психологічне напруження в процесі праці

4.3 Планування заходів з охорони праці

До плану заходів з охорони праці входять організаційні, технічні, санітарно-гігієнічні заходи, для кожного з яких визначаються відповідальні за це особи та прогнозується очікувана соціальна ефективність від їх запровадження.

За результатами виявлених у підрозділі недоліків складемо перелік заходів покращення умов праці працівників підрозділу.

Таблиця 4.1 – План заходів з охорони праці

Найменування робіт	Вартість робіт, грн.	Термін виконання	Виконавець
1	2	3	4
ОРГАНІЗАЦІЙНІ			
1.Провести навчання з охорони праці працівників цеху	-	IV кв. 2025 р.	Керівник служби з охорони праці
2.Придбати нормативні документи, що регламентують вимоги безпеки при виконанні технологічного процесу	85	I кв. 2025 р.	Керівник служби з охорони праці
3.Розробити інструкції з охорони праці по видам робіт у цеху	-	IV кв. 2025р.	Начальник цеху

					19ХВД.427725.06.25ПЗ	Аркуш
						50
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

4.На зборах трудового колективу обрати уповноваженого з охорони праці	-	IV кв. 2025 р.	Голова профспілки
5.Організувати проведення "Дня охорони праці"	-	щомісячно	Керівник підприємства
ТЕХНІЧНІ			
1.Встановити на механізми приводу захисні кожухи	105	I кв. 2025р.	Механік
2.Забезпечити безпеку модернізованої машини	410	III кв. 2025 р.	Інженер – механік
3.Обладнати цех системою пожежегасіння (встановити пожежний гідрант, забезпечити пожежними шлангами, первинними засобами пожежегасіння)	615	II кв. 2025 р.	Начальник цеху
4.Довести штучне освітлення до встановлених норм	340	III кв. 2025 р.	Інженер – енергетик
5.Розрахувати й встановити на виробниче обладнання захисне заземлення	130	I кв. 2025р.	Інженер – енергетик, інженер з охорони праці
6.Забезпечити дільницю надійною аспіраційною та вентиляційною системою	1150	III кв. 2025 р.	Головний інженер
САНІТАРНО – ГІГІЄНІЧНІ			
1.Забезпечити працівників цеху спецодягом, спецвзуттям, засобами індивідуального захисту	765	I кв. 2025 р.	Начальник цеху
2.Обладнати місця відпочинку працівників	245	IV кв. 2025 р.	Начальник цеху
3.Встановити у дільниці санвузли	535	III кв. 2025 р.	Механік

					19ХВД.427725.06.25ПЗ	Аркуш
						51
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

4.Провести медогляд працівників	40	II кв. 2025 р.	Медпрацівник
5.Укомплектувати аптечку для надання долікарської допомоги	80	II кв. 2025 р.	Медпрацівник
ВСЬОГО, грн.	8500	-	-

4.4 Інженерні розрахунки

В залежності від характеристики електрообладнання (напруга живлення 220 та 380 В), нормоване значення опору захисного заземлення R_n дорівнює 40 Ом [20].

Заземлюючий пристрій буде представляти собою сталеві стержні, забиті на глибину $h = 0,8$ м, діаметром $d = 0,065$ м, довжиною $L = 2$ м, розташовані в ряд та з'єднані сталевією половою шириною $b = 0,04$ м з проміжками між стержнями $a_c = 0,4$ м.

Опір розтіканню струму одинокого вертикального стержня $R_{ел}$, Ом, розраховується за формулою

$$R_{ел} = 0,366 \cdot \frac{\rho_z \cdot \psi}{L} \cdot \left(\lg \frac{2 \cdot L}{d} + \frac{1}{2} \cdot \lg \frac{4 \cdot t + L}{4 \cdot t - L} \right), \quad (4.1)$$

де ρ_r – питомий опір чорноземів, $\rho_r = 30$ Ом · м /22/;

ψ – коефіцієнт сезонності, $\psi = 1,4$;

t – відстань між поверхнею ґрунту та серединою електроду, м

$$t = h + 0,5 \cdot L, \quad (4.2)$$

$$t = 0,8 + 0,5 \cdot 2 = 1,8 \text{ м}$$

$$R_{ел} = 0,366 \cdot \frac{30 \cdot 1,4}{2} \cdot \left(\lg \frac{2 \cdot 2}{0,065} + \frac{1}{2} \cdot \lg \frac{4 \cdot 1,8 + 2}{4 \cdot 1,8 - 2} \right) = 14,7 \text{ Ом}$$

					19ХВД.427725.06.25ПЗ	Аркуш
						52
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Опір групи електродів без врахування полоси зв'язку $R_{гр}$, Ом, визначається за формулою

$$R_{cp} = \frac{R_{ел}}{n \cdot \eta_в}, \quad (4.3)$$

де n – кількість електродів, приймаємо $n = 6$ шт.;

$\eta_в$ – коефіцієнт використання вертикальних стержневих заземлювачів,
 $\eta_в = 0,7 / 22 /$

$$R_{cp} = \frac{14,7}{6 \cdot 0,7} = 3,50 \text{ Ом}$$

Опір з'єднувальної полоси $R_{п}$, Ом, визначаємо за формулою

$$R_{ел} = 0,366 \cdot \frac{\rho_z \cdot \psi}{L_n} \cdot \left(\lg \frac{2 \cdot L_n}{b \cdot h} \right), \quad (4.4)$$

де $L_{п}$ – довжина з'єднувальної полоси, м

$$L_n = n \cdot (a_c + d), \quad (4.5)$$

$$L_n = 6 \cdot (0,4 + 0,065) = 2,8 \text{ м}$$

$$R_{ел} = 0,366 \cdot \frac{30 \cdot 1,4}{2,8} \cdot \left(\lg \frac{2 \cdot 2,8}{0,04 \cdot 0,8} \right) = 12,3 \text{ Ом}$$

Опір розтіканню струму полоси, яка з'єднує стержневі електроди $R_{п.д.}$, Ом, визначається за формулою

$$R_{нд} = \frac{R_n}{\eta_{вп}}, \quad (4.6)$$

де $\eta_{вп}$ – коефіцієнт використання з'єднувальної полоси, $\eta_{вп} = 0,62$

$$R_{нд} = \frac{12,3}{0,62} = 19,90 \text{ Ом}$$

Опір розтіканню заземлюючого пристрою $R_з$, Ом, визначається за формулою

$$R_з = \frac{R_{cp} \cdot R_{нд}}{R_{cp} + R_{нд}}, \quad (4.7)$$

					19ХВД.427725.06.25ПЗ	Аркуш
						53
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

$$R_3 = \frac{3,5 \cdot 19,9}{3,5 + 19,9} = 3,0 \text{ Ом}$$

Так як опір розтіканню заземлюючого пристрою менше нормованого значення ($3 < 4$), заземлюючий пристрій вибрано та розраховано вірно.

					19ХВД.427725.06.25ПЗ	Аркуш
						54
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Висновки за розділом

В даному розділі розглянуті питання організації робіт з охорони праці підприємства з переробки молока. Приведений комплекс заходів по забезпеченню безпечного виконання процесів на виробництві. Виявлені небезпечні та шкідливі фактори при виконанні технологічних операцій переробки молока, Сплановані заходи з покращення умов та підвищення безпеки праці. Розраховане заземлення машин лінії.

					19ХВД.427725.06.25ПЗ	Аркуш
						55
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

5 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

5.1 Оцінка технічного рішення модернізації машини

Методику економічної оцінки технічних рішень здійснюємо у два етапи: експертний і розрахунковий [36].

5.1.1 Експертний етап оцінки технічного рівня модернізованої машини

Вибираємо основні показники технічного рівня модернізованої машини – клапанного гомогенізатора А1-ОГМ-2, і зводимо їх у таблицю 5.1.

Прийнято вважати, якщо кожен показник розробленої (модернізованої) машини перевищує показники аналога більш ніж на 5%, то розроблена машина перевищує кращі зразки-аналоги. Якщо відхилення показників розробленої машини й аналога знаходяться в межах 0...3%, то машина відповідає кращим зразкам-аналогам [36].

Таблиця 5.1 – Порівняння показників гомогенізаторів.

Показник	Значення показників гомогенізаторів		Виконання умови
	модернізованої машини	аналога	
1. Продуктивність, кг/год	2000	2000	0
2. Потужність на приводі, кВт	6	15	+
3. Площа машини, м ²	0,812	0,812	0
4. Маса, кг	600	620	+

Виявлено, що по показникам 2 і 4 розроблена машина краща за аналог, по інших показниках – на рівні аналога. За експертним етапом оцінки модернізована машина краще за свій аналог.

Однак експертний етап оцінки в повному обсязі не дозволяє зробити

					19ХВД.427725.06.25ПЗ	Аркуш
						56
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

однозначний висновок про ступінь відповідності розробленої (модернізованої) машини кращим зразкам-аналогам. Тому додатково проводять розрахунковий етап оцінки.

5.1.2 Розрахунковий етап оцінки технічного рівня модернізованої машини

Розрахунковий етап оцінки технічного рівня модернізованої машини здійснюємо за відносними показниками [36]

$$K_i = \frac{P_{ip}}{P_{ia}}, \quad (5.1)$$

де P_{ip} – абсолютне значення i -го показника розрахункової машини, яку оцінюють;

P_{ia} – абсолютне значення i -го показника аналога;

i – кількість порівняних показників.

Узагальнений показник ступеня відповідності модернізованої машини кращим зразкам-аналогам розраховуємо по формулі [36]

$$K_{my} = \frac{\sum_{i=1}^n K_i}{n}, \quad (5.2)$$

Переважає чиним для оцінки машини користуються такими показниками, як продуктивність, потужність і маса машини, то економічну оцінку технічного удосконалення проводимо за такими п'ятьма відносними показниками [36].

Відносний показник продуктивності k_Q , визначимо за формулою

$$k_Q = \frac{Q_p}{Q_a}, \quad (5.3)$$

де Q_p і Q_a – відповідно продуктивність розробленої машини й аналога.

					19ХВД.427725.06.25ПЗ	Аркуш
						57
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

При цьому повинно бути враховано, що $k_Q \geq 1,25$ [14].

$$k_Q = \frac{2000}{2000} = 1,00.$$

Умова $k_Q \geq 1,25$ не виконана.

Відносний показник енергоспоживання k_N визначимо за формулою

$$k_N = \frac{N_a}{N_p}, \quad (5.4)$$

де N_p і N_a – відповідно потужність на привід розробленої машини і аналога.

При цьому повинно бути враховано, що $k_N \geq 1,25$.

$$k_N = \frac{15}{6} = 2,5$$

Умова $k_N \geq 1,25$ виконана.

Відносний показник матеріалоємності k_m , визначаємо за формулою

$$k_m = \frac{M_a}{M_p} \quad (5.5)$$

де M_p і M_a – відповідно маса розробленої машини і аналога.

При цьому повинно бути враховано, що $k_m \geq 1,25$.

$$k_m = \frac{620}{600} = 1,03.$$

Умова $k_m \geq 1,25$ не виконана.

Відносний показник енергоємності k_E визначаємо за формулою

$$k_E = k_N \cdot k_m, \quad (5.6)$$

При цьому повинно бути враховано, що $k_E \geq 1,25$.

$$k_E = 2,5 \cdot 1,03 = 2,57.$$

Умова $k_E \geq 1,25$ виконана.

Інтегральний показник (витрати енергії і металу (матеріалу) на одиницю продукції) k_u , визначаємо за формулою

$$k_u = \frac{Q_p \cdot N_a \cdot M_a}{Q_a \cdot N_p \cdot M_p}, \quad (5.7)$$

При цьому повинно бути враховано, що $k_u \geq 1,25$ [25].

					19ХВД.427725.06.25ПЗ	Аркуш
						58
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

$$k_U = \frac{2000 \cdot 15 \cdot 620}{2000 \cdot 6 \cdot 600} = 2,58.$$

Умова $k_u \geq 1,25$ виконана.

Коефіцієнт технічного удосконалення, k_{my} , визначимо за формулою (5.2), вона має вид

$$k_{my} = \frac{k_Q + k_N + k_M + k_E + k_U}{5}, \quad (5.8)$$

Модернізована машина економічно вигідна, її технічне рішення відповідає кращім зразкам-аналогам, перспективно та економічно вигідна, якщо $k_{my} > 1$ [36].

$$k_{my} = \frac{1,00 + 2,5 + 1,03 + 2,57 + 2,58}{5} = 1,93.$$

$k_{my} > 1$, значить модернізований гомогенізатор відповідає кращим зразкам-аналогам, перспективний і економічно вигідний.

Результати зводимо в таблицю 5.2.

Таблиця 5.2 – Показники технічного рівня модернізованого гомогенізатора.

Показник	Значення	Результат
1. $k_Q = \frac{Q_p}{Q_a}$	1,00	не виконана
2. $k_N = \frac{N_a}{N_p}$	2,5	виконана
3. $k_M = \frac{M_p}{M_a}$	1,03	не виконана
4. $k_E = \frac{1}{k_N \cdot k_M}$	2,57	виконана
5. $k_U = k_Q \cdot k_E$	2,58	виконана
6. $k_{TY} = \frac{k_Q + k_N + k_M + k_E + k_U}{5}$	1,93	виконана

5.2 Економічна ефективність використання удосконаленого обладнання

Визначимо економію електроенергії за формулою [36]

$$E_e = (N_n - N_v) \cdot T \cdot n \cdot D \cdot B_{\text{кВт}}, \quad (5.9)$$

де N_n , N_v – відповідно потужність на привід аналога та вдосконаленої машини;

T – час роботи машини у зміну, $T=1$ год;

n – кількість змін;

D – кількість робочих змін в рік, $D=300$;

$B_{\text{кВт}}$ – вартість одного кВт.

$$E_e = (15-6) \cdot 1 \cdot 2 \cdot 300 \cdot 10 = 21600 \text{ грн.}$$

Енергоємність $E_{\text{уд}}$, кВт год/кг, визначимо з вираження

$$E_{\text{уд}} = \frac{\sum_{i=1}^n E}{G}, \quad (5.10)$$

де $\sum_{i=1}^n E$ – споживана електроенергія, кВт/год.

При цьому споживана енергія $\sum_{i=1}^n E$, кВт/год, визначиться з вираження

$$\sum_{i=1}^n E = E_{\text{см}} \cdot n \cdot D, \quad (5.11)$$

де $E_{\text{см}}$ – електроенергія, споживана при виробництві продукції за один день, кВт/год.;

G – обсяг переробленої продукції, $G=1200$ т.

Тоді для прототипа $\sum_{i=1}^n E = 15 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 300 = 9000$ кВт

Для розробленої машини $\sum_{i=1}^n E = 6 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 300 = 3600$ кВт.

					19ХВД.427725.06.25ПЗ	Аркуш
						60
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Відповідно, енергоємність переробки для клапанного
гомогенізатора

$$E_{уд.ан} = \frac{9000}{1200} = 7,5 \text{ кВт год/т}$$

і модернізованого гомогенізатора

$$E_{уд.мод} = \frac{3600}{1200} = 3 \text{ кВт год/т.}$$

Показник трудомісткості переробки продукції $T_{уд}$, люд·год/кг,
визначиться по формулі

$$T_{уд} = \frac{\sum_{i=1}^n T_n}{G} \quad (5.12)$$

де $\sum_{i=1}^n T_n$ - витрати праці, люд·год.

Витрати праці $\sum_{i=1}^n T_n$, люд·год, визначаються з вираження

$$\sum_{i=1}^n T_n = n \cdot T_o \cdot D \quad (5.13)$$

де n - кількість робітників, люд.

T_o - час обслуговування машини за зміну, год.

Для клапанного

$$\sum_{i=1}^n T_n = 2 \cdot 1 \cdot 300 = 600 \text{ люд год.}$$

$$T_{уд.ан} = \frac{600}{1200} = 0,5 \text{ люд·год/т}$$

Для модернізованого

$$\sum_{i=1}^n T_n = 2 \cdot 0,6 \cdot 300 = 360 \text{ люд год.}$$

$$T_{уд.мод} = \frac{360}{1200} = 0,3 \text{ люд·год/т.}$$

Економія по заробітній платі складає

					19ХВД.427725.06.25ПЗ	Аркуш
						61
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

$$E_{зрп} = (T_{уд.ан} - T_{уд.мод}) \cdot G \cdot C_{год} \quad (5.14)$$

де $C_{год}$ – годинна ставка робочих; $C_{год} = 91$ грн.

$$E_{зрп} = (0,5 - 0,3) \cdot 1200 \cdot 9,1 = 21840 \text{ грн.}$$

Загальна річна економія від модернізації складає

$$E_{рік} = 21600 + 21840 = 43440 \text{ грн.}$$

Визначимо витрати на виготовлення гомогенізатора за формулою

$$C_m = C_k + C_{дм} + C_{нд} + C_{сб} + C_{цн}, \quad (5.15)$$

де C_k – вартість виготовлення корпусних деталей, грн.;

$C_{дм}$ – витрати на виготовлення деталей на металоріжучих станках, грн.;

$C_{нд}$ – ціна куплених деталей по прейскуранту, грн.;

$C_{сб}$ – заробітна плата виробничих робітників по збиранню пристрою, грн.;

$C_{цн}$ – цехові накладні на виготовлення пристрою, грн..

Вартість виготовлення корпусних деталей визначається за формулою

$$C_k = Q_k \cdot C_{ед} \quad (5.16)$$

де Q_k – маса заготовок для виготовлення, кг;

$C_{ед}$ – середня вартість 1 кг готових деталей, грн.

Вартість виготовлення корпусних деталей $C_k = 1600$ грн.

Витрати на виготовлення деталей на металоріжучих станках визначається за формулою

$$C_{дм} = C_{при} + C_m \quad (5.17)$$

де $C_{при}$ – заробітна плата виробничих працівників, зайнятих на виробництві деталей, грн.;

C_m – вартість матеріалу заготовки для виготовлення деталей, грн.

$$C_{при} = C_{осн} + C_{доп} + C_{соц} + C_{ч} + C_{прем} \quad (5.18)$$

де $C_{осн}$ – основна зарплата робочих, грн.;

$C_{доп}$ – додаткова заробітна плата працівників, грн.;

$C_{соц}$ – відрахування на соціальне страхування, грн.;

					19ХВД.427725.06.25ПЗ	Аркуш
						62
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

$C_{\text{ч}}$ – відрахування до фонду постраждалих від аварії на ЧАЕС, грн.;

$C_{\text{прем}}$ – відрахування на премії, грн.

$$C_{\text{осн}} = t_1 \cdot C_{\text{год}} \cdot K_t \quad (5.19)$$

де t_1 – середня трудоемкість на виготовлення деталей на металоріжучих станках; $t_1 = 100$ люд·год;

K_t – коефіцієнт, який враховує доплати до основної зарплати; $K_t = 1,5$

$C_{\text{год}}$ – годинна ставка робочих; $C_{\text{год}} = 6,4$ грн

$$C_{\text{ос}} = 100 \cdot 6,4 \cdot 1,5 = 960 \text{ грн}$$

$$C_{\text{дон}} = \frac{15 C_{\text{осн}}}{100} \quad (5.20)$$

$$C_{\text{дон}} = \frac{15 \cdot 960}{100} = 144 \text{ грн}$$

$$C_{\text{соц}} = \frac{30 C_{\text{осн}}}{100} \quad (5.21)$$

$$C_{\text{соц}} = \frac{30 \cdot 960}{100} = 288 \text{ грн}$$

$$C_{\text{ч}} = \frac{12 C_{\text{осн}}}{100} \quad (5.22)$$

$$C_{\text{ч}} = \frac{12 \cdot 960}{100} = 115 \text{ грн}$$

$$C_{\text{прем}} = \frac{30 C_{\text{осн}}}{100} \quad (5.23)$$

$$C_{\text{прем}} = \frac{30 \cdot 960}{100} = 288 \text{ грн}$$

Тоді $C_{\text{при}} = 960 + 144 + 288 + 115 + 288 = 1795$ грн.

$$C_{\text{м}} = Q_3 \cdot C_1 \quad (5.24)$$

де C_1 – ціна 1 кг заготівлі; $C_1 = 40,0$ грн.;

Q_3 – маса заготівлі; $Q_3 = 14,2$ кг ;

$$C_{\text{м}} = 40 \cdot 14,2 = 568 \text{ грн.}$$

Тоді $C_{\text{дм}} = 1795 + 568 = 2363$ грн.

					19ХВД.427725.06.25ПЗ	Аркуш
						63
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Ціна куплених деталей складає $C_{нд} = 350$ грн.

Заробітна плата робочих, зайнятих на збиранні конструкції, визначається аналогічно заробітній платі робочих, зайнятих на виготовленні деталей на металоріжучих станках.

Таким чином, основна заробітна платня, при працесмності на збирання конструкції $T_{сб}=35$ люд·год, буде рівне

$$C_{осн} = 35 \cdot 4,5 \cdot 1,5 = 236 \text{ грн}$$

$$C_{дон} = \frac{15 \cdot 236}{100} = 35,4 \text{ грн}$$

$$C_{соц} = \frac{30 \cdot 236}{100} = 70,8 \text{ грн}$$

$$C_{ц} = \frac{12 \cdot 236}{100} = 28,3 \text{ грн}$$

$$C_{прем} = \frac{30 \cdot 236}{100} = 70,8 \text{ грн}$$

Тоді $C_{сб}=236+35,4+70,8+28,3+70,8=441$ грн.

Цехові накладні витрати на виготовлення машини визначаються за формулою

$$C_{цн} = \frac{C_{пр} \cdot R_{цн}}{100} \quad (5.25)$$

де $C_{пр}$ – основна зарплата виробничих робочих, що приймають участь у виготовленні конструкцій, грн.;

$R_{цн}$ – відсоток цехових накладних витрат, $R_{цн}=250\%$.

$$C_{пр}=179,5+44,1=223,6 \text{ грн.}$$

Цехові накладні витрати на виготовлення пристрою визначаються за формулою:

$$C_{цн} = \frac{C_{пр} \cdot R_{цн}}{100} \quad (5.26)$$

де $C_{пр}$ – основна зарплата виробничих робочих, що приймають участь у виготовленні конструкцій, грн.;

$R_{цн}$ – відсоток цехових накладних витрат, $R_{цн}=250\%$.

					19ХВД.427725.06.25ПЗ	Аркуш
						64
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

$$C_{\text{цн}} = \frac{1795 \cdot 250}{100} = 4487 \text{ грн}$$

Відповідно вартість модернізованого гомогенізатора буде дорівнювати

$$C_{\text{м}} = 16000 + 3500 + 4410 + 4487 = 68780 \text{ грн.}$$

Термін окупності вкладень на модернізацію машини $T_{\text{рік}}$, рік, визначають по формулі

$$T_{\text{рік}} = \frac{C_{\text{м}}}{E_{\text{рік}}} \quad (5.27)$$

$$T_{\text{рік}} = \frac{68780}{43440} = 1,58 \text{ років.}$$

Результати розрахунків зводимо у таблицю 5.3.

Таблиця 5.3- Економічна оцінка розробки машини

Показники	Величина	
	аналог	модернізований гомогенізатор
Річний об'єм переробки, т	1200	
Працесмність переробки, люд · год/т	0,3	0,5
Енергоємність переробки, кВт · год/кг	3,0	7,5
Витрати на модернізацію обладнання, грн.	68780	—
Прибуток від модернізації, грн/рік	43440	—
Термін окупності вкладень на модернізацію, років	1,58	—

Висновки за розділом

Експертний етап оцінки технічних рішень по вдосконаленню машини показав, що по одному показнику – продуктивності, модернізований гомогенізатор кращий за аналог, по інших показниках – на рівні аналога.

У розрахунковому етапі оцінки визначено коефіцієнт технічного удосконалення конструкторської розробки $k_{TY} = 1,93$.

Економічна оцінка конструкторської розробки машини показала, що вартість модернізації гомогенізатора дорівнює 68780 грн., а прибуток від модернізації склав 43440 грн./рік за рахунок зниження питомої енергоємності. Термін окупності вкладень на модернізацію гомогенізатора складає 1,58 років.

По обом етапам оцінки технічних рішень можна зробити висновок, що вдосконалений гомогенізатор перспективний і економічно вигідний.

					19ХВД.427725.06.25ПЗ	Аркуш
						66
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

ВИСНОВКИ ЗА ПРОЕКТОМ

На підставі аналізу виробничої діяльності переробного підприємства та аналізу існуючих технологій та технологічних процесів виробляємої на підприємстві продукції та після огляду існуючих засобів механізації виробництва продукції робимо висновок, що :

- підприємство знаходиться в добре розвиненій економічній зоні на півдні України;
- одним з головних напрямків регіону є молочна продукція зокрема сири;
- гомогенізатор, який знаходиться в лінії для виробництва сиру “Голландського” та “Російського” має високу вартість та великі енерговитрати, тому пропонуємо його вдосконалити.

Таким чином завданням для дипломного проекту ми обираємо вдосконалення конструкції гомогенізатора.

Недоліком існуючих клапанних гомогенізуючих пристроїв є висока енергоємність і металоємність. Ці недоліки обумовлені незавершеною організацією оброблюваного середовища в клапанній щілині. Одним з найбільш раціональних розробок є вдосконалення клапанної гомогенізуючої головки для організації інтенсивних кавітаційних ефектів.

Гомогенізуюча насадка відрізняється від аналога тим, що з метою зниження енерговитрат та підвищення ступіня гомогенізації, на зовнішній поверхні диска виконані ступінчасті ділянки, ступені яких утворені різними по величині радіусами, диск встановлений в корпусі з можливістю повороту та утворює з його внутрішньою поверхнею канали змінної висоти. Метою вдосконалення є зниження енерговитрат і підвищення ступеня гомогенізації.

Винахід дозволяє значно понизити енерговитрати і підвищити ступінь гомогенізації за рахунок наявності порожнин циліндрової форми, що створюють інтенсивні збурення, що поширюються у вигляді пульсацій тиску і швидкості в потоці.

Проведений технологічний, конструкторський розрахунок параметрів машини, кінематичний та енергетичний розрахунок машини і розрахунок на

					19ХВД.427725.06.25ПЗ	Аркуш
						67
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

міцність відповідальних деталей. Розраховані параметри пружини клапана. В результаті розрахунків визначено: продуктивність, $Q_M = 2000$ кг/год; частота обертання колінчастого валу машини, $n = 350$ об/хв¹. Обрано електродвигун типу 4A132S6Y3 ГОСТ 19523-81 потужністю 6 кВт частотою обертання валу 1000 об/хв.

Визначена технологія виготовлення деталі вдосконаленої машини – цапфи і накреслені карти наладки операцій його виготовлення.

Розглянуті питання організації робіт з охорони праці підприємства з переробки молока. Приведений комплекс заходів по забезпеченню безпечного виконання процесів на виробництві. Виявлені небезпечні та шкідливі фактори при виконанні технологічних операцій переробки молока, Сплановані заходи з покращення умов та підвищення безпеки праці. Розраховане заземлення машин лінії.

Експертний етап оцінки технічних рішень по вдосконаленню машини показав, що по одному показнику – продуктивності, модернізований гомогенізатор кращий за аналог, по інших показниках – на рівні аналога.

У розрахунковому етапі оцінки визначено коефіцієнт технічного удосконалення конструкторської розробки $k_{TY} = 1,93$.

Економічна оцінка конструкторської розробки машини показала, що вартість модернізації гомогенізатора дорівнює 63930 грн., а прибуток від модернізації склав 43440 грн./рік за рахунок зниження питомої енергоємності. Термін окупності вкладень на модернізацію гомогенізатора складає 1,58 року.

По обом етапам оцінки технічних рішень можна зробити висновок, що вдосконалений гомогенізатор перспективний і економічно вигідний.

					19ХВД.427725.06.25ПЗ	Аркуш
						68
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Дацишин О.В., Ткачук А.І., Чубов Д.С. Машини та обладнання переробних виробництв: Навч. посібник. К.: Вища освіта, 2005. – 159 с.
2. Основи розрахунку та конструювання обладнання переробних і харчових виробництв: підручник. ТДАТУ: За ред. Самойчука К.О. К : ПрофКнига, 2020. 428 с.
3. Поперечний А.М., Черевко О.І. Процеси та апарати харчових виробництв. Київ: Центр учбової літератури, 2007. 304 с.
4. Смоляр В. І. Фізіологія та гігієна харчування. Підручник для студентів. Київ: «Здоров'я», 2000. 335 с.
5. Технологічне обладнання для переробки продукції тваринництва: Лабораторний практикум / В.Ф. Ялпачик, Н.П. Загорко, Н.О. Паляничка, С.Ф. Буденко, К.О. Самойчук, Кюрчев С.В., В.О. Верхованцева, В.О. Олексієнко, В.Г. Циб. Меліто-поль: Видавничий будинок Мелітопольської міської друкарні, 2017. 274 с.
6. Бойко В.С., Самойчук К.О., Тарасенко В.Г., Ломейко О.П. Процеси і апарати харчових виробництв. Теплообмінні процеси: Підручник. Мелітополь: видавничо-поліграфічний центр «Lux» 2020. 329 с.
7. Гвоздєв О.В., Ялпачик Ф.Ю., Рогач Ю.П., Кюрчева Л.М. Технологічне обладнання для переробки продукції тваринництва: Навч. посібник. Суми: Довкілля, 2004. 420 с.
8. Гвоздєв О.В., Ялпачик Ф.Ю., Рогач Ю.П., Сердюк М.М. Механізація переробної галузі агропромислового комплексу: Навч. Посібник. К.: Вища освіта. 2006. 479 с.
9. Гвоздєв О.В., Ялпачик Ф.Ю., Загорко Н.П., Шпиганович Т.О. Технологія і механізація виробництва м'яса і м'ясопродуктів: Підручник. Мелітополь: ТОВ «Видавничий будинок ММД», 2012. 532 с.
10. Ялпачик В.Ф. Машини, обладнання та їх використання при переробці сільськогосподарської продукції. Лабораторний практикум. Навчальний посібник / В.Ф. Ялпачик, В.О. Олексієнко, Ф.Ю. Ялпачик, К.О. Самойчук, О.В. Гвоздєв,

					19ХВД.427725.06.25ПЗ	Аркуш
						69
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

- В.Г. Циб, Н.О. Паляничка, В.І. Шевченко, Ю.О. Борхаленко, С.Ф. Буденко. Мелітополь: Вида-вничий будинок Мелітопольської міської друкарні, 2015. 196 с.
- 11.ДСТУ ISO 22000:2007 «Системи управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги до будь-яких організацій харчового ланцюга» Чинний від 2 квітня 2007. К. Держспоживстандарт, 2007. 39 с.
- 12.Системи управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги до будь-яких організацій харчового ланцюга (ISO 22000:2005, IDT): ДСТУ ISO 22000:2007 [чинний від 01.08.2007] Київ: Держспоживстандарт України, 2007, 39 с. (Державний центр інформаційних ресурсів України).
- 13.Гулий І. С., Пушанко М. М. та ін. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості. – Вінниця: Нова книга, 2001, - 576 с.
- 14.Ялпачик В.Ф., Буденко С.Ф., Ялпачик Ф.Ю., Гвоздєв О.В. та ін. Розрахунки обладнання харчових виробництв. Навчальний посібник. Мелітополь: Видавничий будинок Мелітопольської міської друкарні, 2014. 264 с.
- 15.Бутко Д. А., Луценков В.Л., Воїнов М.Т., Мазілін С.Д. Організація охорони праці в сільському господарстві. Навчальний посібник. Сімферополь: Бізнес–Інформ, 1998.–368 с.
- 16.Відомчі норми технологічного проектування ВНТП АПК-24-06 «Підприємств по переробці молока». Мінаргопрод України. 2006. 105 с.
- 17.Губський А. І. Цивільна оборона . К. 1995. С. 94– 108
- 18.Желібо Є. П. Безпека життєдіяльності. Навч. посіб. для студ. вищих навч. закладів. 3-є вид. К.: Каравела. 2004. 328 с.
- 19.Купчик М. П., Гандзюк М. П. Основи охорони праці. К. Основа, 2000. 416 с
- 20.Бергілевич О.М., Касянчук В.В., Салата В.З. Мікробіологія молока і молочних продуктів з основами ветеринарно-санітарної експертизи: навч. посіб. Суми: Університетська книга, 2010. 320.

					19ХВД.427725.06.25ПЗ	Аркуш
						70
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		