

МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра обладнання переробних і харчових виробництв
імені професора Ф. Ю. Ялпачика

 Кирило САМОЙЧУК

Запоріжжя – 2025 р.

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

ЗДОБУВАЧКА Кирпатенко Анастасія Олександрівна
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Вдосконалення технологічної лінії переробки молока в умовах
Дніпровського району Дніпропетровської області

керівник роботи к.т.н., доцент Ломейко Олександр Петрович
(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 – Класифікацій машин досліджуемого класу _____

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

Лист 4 – Складальне креслення машини (вузла) після вдосконалення _____

Лист 5 – Креслення деталей _____

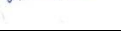
Лист 6 – Охорона праці _____

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	

Здобувач

Керівник роботи


(підпис)

Кирпатенко А.О.
(ініціали та прізвище)


(підпис)

Ломейко О.П.
(ініціали та прізвище)

[illegible]

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить 96 сторінок друкованого тексту, поділена на п'ять розділів, що включають 21 таблицю, 1 рисунок та 4 додатки.

У процесі виконання дипломного проєкту було опрацьовано 25 літературних джерела, перелік яких на-ведено у списку літератури.

Об'єкт дослідження: технологічна лінія переробки молока молокопереробного підприємства.

Предмет дослідження: процеси та обладнання для вдосконалення технологічної лінії переробки молока.

Мета роботи: підвищення ефективності роботи технологічної лінії переробки молока шляхом модернізації основного обладнання.

Методи дослідження: аналіз технологічних процесів, технічні розрахунки, економічне обґрунтування, патентний пошук.

Наукова новизна: запропоновано нове конструктивне рішення для підвищення ефективності процесу сепарування молока.

Практичне значення: розроблені рекомендації можуть бути використані для модернізації молокопереробних підприємств регіону.

Ключові слова: ПЕРЕРОБКА МОЛОКА, ТЕХНОЛОГІЧНА ЛІНІЯ, ПАСТЕРИЗАЦІЯ, ЕФЕКТИВНІСТЬ, МОДЕРНІЗАЦІЯ.

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						8
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП.....	11
1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА.....	12
1.1 Характеристика підприємства (об'єм та характеристика продукції, собівартість та ціна її реалізації)	12
1.2 Огляд технології виробництва продукції.....	16
1.3 Аналіз машин і обладнання лінії виробництва продукції та їх стисла характеристика	19
1.4 Розробка проєктного завдання	24
2 ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ МАШИНИ	26
2.1 Опис конструкції і принципу дії пластинчатого пастеризатора ППМ-5000	26
2.2 Вимоги до пластинчатих теплообмінників для пастеризації молока	29
2.3 Пошук конструктивного рішення вдосконалення пластинчатого пастеризатора	32
2.4 Патентний пошук напрямку вдосконалення пластинчатого пастеризатора.....	35
2.5 Обґрунтування конструктивного рішення вдосконалення пластинчатого пастеризатора	38
3 РОЗРАХУНОК ВДОСКОНАЛЕНОЇ МАШИНИ	43
3.1 Технологічний розрахунок параметрів пластинчатого пастеризатора	43
3.2 Енергетичний розрахунок пластинчатого пастеризатора	46
3.3 Розрахунок на міцність відповідальних деталей пастеризатора	50
3.4 Розробка технології виготовлення теплообмінної пластини	56
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ	63
4.1. Аналіз стану охорони праці на підприємстві.....	63
4.2 З Забезпечення безпеки при роботі пастеризатора.....	66
4.3 Планування заходів з охорони праці.....	70
4.4 Інженерні розрахунки з охорони праці	75
5. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ	83
5.1 Оцінка рівня технічного удосконалення машини	83

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						9
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

5.2 Економічна ефективність використання вдосконаленого обладнання	85
ВИСНОВКИ	91
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	93
ДОДАТКИ	95

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						10
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

ВСТУП

Молочна промисловість України є однією з найважливіших галузей харчової індустрії, що забезпечує населення високоякісними молочними продуктами. В умовах сучасного ринку особливого значення набуває підвищення ефективності виробництва та якості продукції молокопереробних підприємств.

Дніпропетровська область займає провідне місце в Україні за обсягами виробництва молочної продукції. Дніпровський район області характеризується розвиненою мережею молокопереробних підприємств різного масштабу, які потребують технічної модернізації для підвищення конкурентоспроможності.

Актуальність теми дослідження обумовлена необхідністю підвищення ефективності роботи технологічних ліній переробки молока, зниження енергозатрат та покращення якості готової продукції в умовах зростаючої конкуренції на ринку молочних продуктів.

Мета роботи: розробити рекомендації щодо вдосконалення технологічної лінії переробки молока для підвищення її продуктивності та ефективності в умовах молокопереробного підприємства Дніпровського району.

Завдання дослідження:

- проаналізувати виробничу діяльність молокопереробного підприємства;
- дослідити існуючі технології та обладнання для переробки молока;
- розробити конструктивні рішення для вдосконалення ключового обладнання;
- виконати необхідні технічні розрахунки;
- провести економічне обґрунтування запропонованих рішень;
- розробити рекомендації з охорони праці.

Об'єкт дослідження: технологічна лінія переробки молока молокопереробного підприємства середньої потужності.

Предмет дослідження: процеси та обладнання технологічної лінії, можливості їх вдосконалення.

Методи дослідження: системний аналіз, технічні розрахунки, економічний аналіз, патентний пошук.

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						11
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА

1.1 Характеристика підприємства (об'єм та характеристика продукції, собівартість та ціна її реалізації)

Товариство з обмеженою відповідальністю «Молочний комбінат Дніпро» (ТОВ «МК Дніпро») Дніпровського району Дніпропетровської області засноване у 2005 році. Розташоване підприємство на території села Микільське Дніпровського району. Найближчі населені пункти – м. Дніпро, відстань 35 км, до обласного центру – м. Дніпро – 35 км. Сполучення з центрами реалізації продукції та базами постачання відбувається автомобільними шляхами державного значення.

Підприємство розташоване в лісостеповій зоні України. Ґрунти полів різноманітні за своїми ознаками, фізико-хімічними та водно-фізичними властивостями. Гумусний горизонт добре розвинутий, темно-сірого кольору має грудкувато-зернисту структуру. Вміст гумусу у верхньому горизонті складає приблизно 4,2%. За реакцією ґрунти підрозділяються на чорноземи типові та опідзолені, суглинистого механічного складу.

Клімат зони помірно-континентальний з достатнім зволоженням. Пануючі вітри зимою – північно-західний, а влітку західний і південно-західний. Територія землекористування відноситься до другого агрокліматичного району, що характеризується як помірно теплий з достатнім зволоженням та рівномірними опадами.

Середня температура самого теплого місяця (липня) дорівнює плюс 22,8°C, самого холодного (січня) мінус 6,2°C. Максимальна температура в літній період плюс 36°C, мінімальна температура в зимовий мінус 28°C. Зима помірно холодна з періодичними відлигами.

Середньомісячні температури повітря і річний розподіл опадів представлені в таблиці 1.1.

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						12
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Таблиця 1.1 – Середньомісячні температури повітря

Місяці	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Серед ньорі чне значе ння
Темпера тура °С	-6,2	-4,8	1,2	10,5	17,2	20,8	22,8	21,6	15,9	8,7	2,1	-3,5	8,9
Опади, мм	38	35	32	45	52	68	59	48	42	38	41	43	541

Найбільша кількість опадів приходить на літні місяці (червень-липень).

Середньорічна кількість опадів складає 540-560 мм, що забезпечує достатнє зволоження для розвитку кормової бази молочного скотарства.

Для району розташування підприємства характерна помірна вітрова діяльність. Переважними є західні і північно-західні вітри. Сила вітру зазвичай становить 3-7 метрів у секунду, що сприяє природній вентиляції тваринницьких приміщень.

Підприємство спеціалізується на переробці молока та виробництві молочної продукції. Має сучасний молокопереробний цех, лабораторію контролю якості, холодильні камери, пакувальне відділення, склади готової продукції та допоміжні приміщення.

Сировинна база підприємства включає власне молочне господарство та договірні відносини з 15 фермерськими господарствами району. Загальна площа сільськогосподарських угідь власного господарства складає 850 гектарів (табл.1.2).

Середньорічна чисельність працюючих на ТОВ «МК Дніпро» становить 85 осіб. Основними виробничими підрозділами є молочна ферма, цех переробки молока, лабораторія, пакувальне відділення. Усі виробничі підрозділи забезпечені кваліфікованими кадрами. У молочному виробництві працює 32 особи.

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						13
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Таблиця 1.2 – Структура земельних угідь станом на 01.01.2024 р.

Назва угідь	Площа	
	га	%
Загальна земельна площа	920	100
Усього сільськогосподарських угідь	850	92,4
З них ріллі	520	56,5
Сінокоси	180	19,6
Пасовища	150	16,3
Багаторічні насадження	25	2,7
Полезахисні насадження	45	4,9
Інші угіддя	25	2,7

Для молокопереробного підприємства ТОВ «МК Дніпро» основним джерелом сировини є власна сировинна база та закупівля молока у фермерських господарств. Спеціалізація підприємства – виробництво питного молока, кисломолочних продуктів та м'якого сиру.

Аналіз структури земельних угідь показує, що підприємство має достатню земельну базу для забезпечення власних потреб у кормах. Частка сільськогосподарських угідь становить 92,4% від загальної площі, що свідчить про раціональне використання земельних ресурсів. Площа ріллі складає 56,5%, що дозволяє вирощувати зернові культури та кормові культури для молочного стада. Значна частка сінокосів (19,6%) та пасовищ (16,3%) створює хорошу кормову базу для молочного скотарства.

Таблиця 1.3 – Динаміка структури посівних площ, га

Назва культури	Роки			Площа на 2024 р.
	2022	2023	2024	
Зернові та зернобобові	280	285	290	290
- пшениця озима	120	125	130	130
- ячмінь ярий	85	85	85	85
- кукурудза на зерно	75	75	75	75
Кормові культури	240	235	230	230
- кукурудза на силос	120	115	110	110
- багаторічні трави	85	85	85	85
- однорічні трави	35	35	35	35
Всього посівна площа	520	520	520	520

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						14
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Структура посівних площ характеризується стабільністю протягом останніх трьох років. Зернові культури займають 55,8% посівної площі, що забезпечує потреби підприємства в концентрованих кормах. Кормові культури займають 44,2% площі, що є достатнім для забезпечення молочного стада грубими та соковитими кормами. Незначне зменшення площі під кукурудзою на силос компенсується збільшенням площі під зерновими культурами, що підвищує економічну ефективність рослинництва.

Таблиця 1.4 – Динаміка врожайності сільськогосподарських культур

Назва культури	Роки, т/га		
	2022	2023	2024
Пшениця озима	4,8	5,2	5,5
Ячмінь ярий	3,2	3,5	3,8
Кукурудза на зерно	6,5	7,2	7,8
Кукурудза на силос	28,5	30,2	32,1
Багаторічні трави (сіно)	3,8	4,1	4,3
Однорічні трави (зел. маса)	22,5	24,2	25,8

Аналіз врожайності сільськогосподарських культур показує позитивну динаміку за всіма позиціями. Врожайність пшениці озимої зросла з 4,8 т/га у 2022 році до 5,5 т/га у 2024 році, що становить приріст 14,6%. Найвища врожайність спостерігається у кукурудзи на зерно – 7,8 т/га, що свідчить про сприятливі ґрунтово-кліматичні умови. Врожайність кормових культур також демонструє стабільне зростання, що позитивно впливає на забезпеченість молочного стада кормами.

Аналіз поголів'я великої рогатої худоби показує стабільне зростання стада протягом досліджуваного періоду. Поголів'я дійних корів зросло з 185 голів у 2022 році до 195 голів у 2024 році, що становить приріст 5,4%. Загальне поголів'я ВРХ збільшилося на 8,3%, що свідчить про розширення виробництва. Структура стада є оптимальною для молочного скотарства – дійні корови складають 51,3% від загального поголів'я, ремонтний молодняк – 39,5%.

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						15
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Таблиця 1.5 – Загальне поголів'я тварин в підприємстві, голів

Вид тварини	Роки		
	2022	2023	2024
Корови дійні	185	190	195
Нетелі	42	45	48
Телиці старше 1 року	38	40	42
Телиці до 1 року	55	58	60
Бугайці до 1 року	28	30	32
Бугаї-плідники	3	3	3
Усього ВРХ	351	366	380

Таблиця 1.6 – Динаміка продуктивності тварин

Показник	Роки		
	2022	2023	2024
Валовий надій молока, т	892	952	1018
Надій на 1 корову, кг	4824	5011	5221
Жирність молока, %	3,68	3,72	3,75
Вихід телят на 100 корів, голів	85	87	89
Середньодобовий приріст молодняка, г	680	720	750

Продуктивність молочного стада демонструє позитивну динаміку. Валовий надій молока зріс з 892 тонн у 2022 році до 1018 тонн у 2024 році, що становить приріст 14,1%. Надій на одну корову збільшився на 8,2% і досяг 5221 кг, що відповідає середньому рівню продуктивності молочного скотарства в області. Жирність молока стабільно зростає і становить 3,75%, що позитивно впливає на якість сировини для переробки. Репродуктивні показники також покращуються – вихід телят збільшився до 89 голів на 100 корів.

1.2 Огляд технології виробництва продукції

Молоко, що надходить на ТОВ «МК Дніпро» повинно відповідати вимогам ДСТУ 3662-2018 «Молоко коров'яче незбиране. Вимоги при закупівлях», бути цільним, свіжим, чистим, без сторонніх запахів і присмаків, не замороженим, отриманим від здорових корів, щільністю не менше 1028кг/м³.

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						16
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

За фізико-хімічними та мікробіологічними показниками молоко поділяють на сорти – вищий, перший, другий, несортоване. Вміст токсичних елементів, антибіотиків, інгібуючих речовин, радіонуклідів, пестицидів, патогенних мікроорганізмів, у тому числі сальмонел і соматичних клітин в молоці повинно відповідати діючим санітарним нормам.

Не підлягає прийманню та переробці молоко, отримане в перші і останні сім днів лактації, фальсифіковане (знежирене, розбавлене водою, з додаванням нейтралізуючих і консервуючих речовин), з запахом хімікатів і нафтопродуктів, з прогірклим, затхлим вираженням присмаком і запахом цибулі, часнику і полину, яке містить отрутохімікати, антибіотики, кислотністю вище 21°T , зі ступенем чистоти по еталону механічної забрудненості нижче II групи.

Підприємство виробляє широкий асортимент молочної продукції. Основними видами продукції є молоко питне пастеризоване різної жирності, кефір, ряжанка, сметана, творог, м'який сир. Вся продукція виготовляється з натуральної молочної сировини без використання консервантів та штучних добавок.

Технологічний процес виробництва молока питного здійснюється в асептичних умовах в такій послідовності: приймання та підготовка сировини; очищення; охолодження і накопичення сировини; нормалізація; підігрів; гомогенізація; пастеризація; охолодження; розлив, пакування, маркування.

Приймання та підготовка сировини відбувається в приймальному відділенні. Молоко приймають за кількістю та якістю відповідно до вимог стандарту. Якість сировини оцінює лабораторія підприємства за органолептичними, фізико-хімічними та мікробіологічними показниками. Молоко приймається не нижче першого сорту з кислотністю не більше 19°T і щільністю не менше 1028°A .

Очищення молока проводиться на сепараторі-молокоочиснику з продуктивністю 5000 л/год. Процес очищення дозволяє видалити механічні

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						17
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

домішки, соматичні клітини та частково мікроорганізми, що підвищує якість готової продукції.

Охолодження очищеного молока здійснюється на пластинчатій охолоджувальній установці до температури $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ і направляється на тимчасове зберігання в резервуари ємністю 3000 літрів кожний. Швидке охолодження запобігає розмноженню мікроорганізмів та зберігає природні властивості молока.

Нормалізація молока за вмістом жиру проводиться змішуванням цільного молока з знежиреним або вершками до досягнення необхідної жирності готової продукції. Розрахунок кількості компонентів здійснюється за допомогою квадрата Пірсона або балансових рівнянь.

Підігрів нормалізованого молока до температури гомогенізації $60-65^{\circ}\text{C}$ проводиться в секції регенерації пластинчатого пастеризатора. Підігрів забезпечує оптимальну температуру для ефективної гомогенізації.

Гомогенізація є важливим технологічним процесом, що забезпечує подрібнення жирових кульок до розміру 1-2 мкм під тиском $12,5\pm 2,5$ МПа. Це запобігає відстоюванню жиру під час зберігання готової продукції та покращує консистенцію.

Пастеризація проводиться при температурі $74-76^{\circ}\text{C}$ з витримкою 15-20 секунд в секції пастеризації пластинчатого апарату. Цей режим забезпечує знищення патогенної мікрофлори при збереженні поживних властивостей молока.

Охолодження пастеризованого молока до температури $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ відбувається в секції охолодження пластинчатого апарату з використанням льодяної води та розсолу. Швидке охолодження запобігає вторинному забрудненню продукту.

Розлив та пакування здійснюється на автоматичній лінії розливу в поліетиленові пакети ємністю 0,5 л та 1,0 л, а також в картонні пакети Tetra Pak ємністю 1,0 л. Розлив проводиться в асептичних умовах для запобігання забрудненню готової продукції.

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						18
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Виробництво кисломолочних продуктів включає додаткові технологічні операції заквашування та сквашування. Для виробництва кефіру використовуються кефірні грибки, для ряжанки – термофільний стрептокок та болгарська паличка. Скважування проводиться при температурі 38-42°C протягом 4-6 годин до досягнення необхідної кислотності.

Виробництво сметани включає сепарування молока для отримання вершків жирністю 35-40%, пастеризацію при температурі 85-87°C, охолодження, заквашування та визрівання при температурі 8-10°C протягом 12-24 годин.

Контроль якості готової продукції здійснюється в заводській лабораторії за органолептичними показниками (смак, запах, консистенція, колір), фізико-хімічними показниками (жирність, кислотність, щільність) та мікробіологічними показниками (загальна кількість мікроорганізмів, коліформи, патогенні мікроорганізми).

Термін придатності молока питного пастеризованого складає 5 діб при температурі зберігання 4±2°C, кисломолочних продуктів – 7-14 діб залежно від виду продукції. Зберігання та транспортування готової продукції здійснюється в холодильних камерах та рефрижераторних автомобілях при дотриманні температурного режиму.

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

Технологічна лінія переробки молока на ТОВ «МК Дніпро» включає сучасне обладнання провідних європейських виробників. Основне технологічне обладнання було введено в експлуатацію в 2018-2020 роках та відповідає сучасним вимогам щодо якості та безпечності харчових продуктів.

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						19
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Таблиця 1.7 – Машини та обладнання на підприємстві

Назва машини	Марка машини	Продуктивність машини	Кількість машин, шт
Приймальна ванна	ВДП-2500	2500 л	2
Сепаратор-молокоочисник	ОСМ-5	5000 л/год	1
Пластинчата охолоджувальна установка	ПОУ-7	7000 л/год	1
Резервуар для молока	Р-ВДП-3	3000 л	4
Насос молочний	НМ-10	10 м³/год	3
Пластинчатий пастеризатор	ППМ-5000	5000 л/год	1
Гомогенізатор	А1-ОГМ-5	5000 л/год	1
Резервуар для готової продукції	Р-ВДП-2	2000 л	6
Автомат розливу молока	АРМ-1500	1500 пак/год	1
Автомат розливу в Tetra Pak	ТР-1000	1000 пак/год	1
Холодильна камера	ХК-50	50 м³	3
Компресор холодильний	КХ-30	30 кВт	2
Парогенератор	ПГ-500	500 кг/год	1
Ваги автомобільні	ВА-60	60 т	1

Приймальне відділення обладнане двома приймальними ваннами ВДП-2500 ємністю 2500 літрів кожна. Ванни виготовлені з нержавіючої сталі, обладнані мішалками для перемішування молока під час приймання та фільтрами для первинного очищення. Продуктивність приймального відділення складає 12000 літрів молока за зміну, що повністю забезпечує потреби підприємства.

Очищення молока здійснюється на сепараторі-молокоочиснику ОСМ-5 продуктивністю 5000 л/год. Сепаратор забезпечує видалення механічних домішок розміром понад 50 мкм та частково соматичних клітин. Ефективність очищення становить 98,5%, що забезпечує високу якість молочної сировини.

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						20
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Охолодження молока проводиться на пластинчатій охолоджувальній установці ПОУ-7 продуктивністю 7000 л/год. Установка забезпечує охолодження молока з температури 35°C до 4°C за два ступені з використанням водопровідної води та льодяної води. Коефіцієнт теплопередачі становить 3200 Вт/(м²·К).

Зберігання молока здійснюється в чотирьох резервуарах Р-ВДП-3 ємністю 3000 літрів кожний. Резервуари виготовлені з нержавіючої сталі, обладнані мішалками, термометрами та системою автоматичного контролю температури. Загальна ємність зберігання складає 12000 літрів, що дозволяє накопичувати молоко для безперервної роботи технологічної лінії.

Транспортування молока по технологічній лінії здійснюється трьома насосами НМ-10 продуктивністю 10 м³/год кожний. Насоси забезпечують подачу молока під необхідним тиском на всіх етапах технологічного процесу. Конструкція насосів дозволяє проводити санітарну обробку та дезінфекцію.

Теплова обробка молока проводиться на пластинчатому пастеризаторі ППМ-5000 продуктивністю 5000 л/год. Пастеризатор включає секції регенерації, пастеризації, охолодження та забезпечує нагрівання молока до 76°C з витримкою 15 секунд. Коефіцієнт регенерації тепла становить 85%, що забезпечує енергоефективність процесу.

Гомогенізація молока здійснюється на гомогенізаторі А1-ОГМ-5 продуктивністю 5000 л/год. Гомогенізатор забезпечує подрібнення жирових кульок під тиском 15 МПа в першому ступені та 4 МПа в другому ступені. Середній розмір жирових кульок після гомогенізації становить 1,2 мкм.

Зберігання готової продукції здійснюється в шести резервуарах Р-ВДП-2 ємністю 2000 літрів кожний. Резервуари обладнані системою охолодження та підтримують температуру продукції 4±1°C. Загальна ємність зберігання готової продукції складає 12000 літрів.

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						21
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Розлив молока в поліетиленові пакети здійснюється на автоматі АРМ-1500 продуктивністю 1500 пакетів за годину. Автомат забезпечує точне дозування, герметичне запаювання та маркування пакетів з молоком ємністю 0,5 л та 1,0 л. Точність дозування становить ± 2 мл.

Розлив молока в картонну упаковку Tetra Pak здійснюється на автоматі ТР-1000 продуктивністю 1000 пакетів за годину. Автомат забезпечує асептичний розлив та герметичне запаювання упаковки ємністю 1,0 л. Втрати продукції при розливі не перевищують 0,2%.

Зберігання готової продукції здійснюється в трьох холодильних камерах ХК-50 об'ємом 50 м³ кожна. Камери обладнані системою автоматичного регулювання температури та забезпечують підтримання температури 2-4°C. Загальна ємність зберігання складає 150 м³.

Холодопостачання забезпечується двома компресорами КХ-30 потужністю 30 кВт кожний. Компресори працюють на фреоні R404A та забезпечують температуру охолодження до -10°C. Система холодопостачання включає конденсатори повітряного охолодження, ресивери та систему автоматичного регулювання.

Паропостачання технологічної лінії здійснюється парогенератором ПГ-500 продуктивністю 500 кг пари за годину. Парогенератор працює на природному газі та забезпечує подачу насиченої пари тиском 0,6 МПа для технологічних потреб та санітарної обробки обладнання.

Приймання молока-сировини здійснюється за допомогою автомобільних ваг ВА-60 вантажопідйомністю 60 тонн. Ваги обладнані електронною системою зважування з точністю ± 20 кг та забезпечують автоматичний облік молока, що надходить на переробку.

Аналіз технічного стану обладнання показує, що більшість машин знаходиться в задовільному стані. Середній вік обладнання складає 5-6 років, що

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						22
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

відповідає середньому терміну експлуатації для молокопереробної галузі. Коефіцієнт технічної готовності обладнання становить 0,92, що є прийнятним показником для безперервного виробництва.

Основними недоліками існуючої технологічної лінії є недостатня продуктивність пастеризатора (5000 л/год) при зростаючих обсягах переробки молока, що створює «вузьке місце» в технологічному процесі. Також спостерігається недостатня ємність резервуарів для зберігання готової продукції, що обмежує можливості накопичення запасів перед відвантаженням.

Рівень механізації технологічних процесів на підприємстві складає 85%, що відповідає сучасним вимогам молокопереробної галузі. Автоматизація окремих процесів досягає 70%, що забезпечує стабільність технологічних параметрів та якість готової продукції.

Енергоспоживання технологічної лінії складає 45 кВт·год на 1000 літрів переробленого молока, що відповідає середнім показникам по галузі. Основними споживачами електроенергії є компресори холодильних установок (40% загального споживання), гомогенізатор (25%) та насосне обладнання (20%).

Технічне обслуговування обладнання проводиться згідно з регламентом через кожні 500 годин роботи. Планово-попереджувальний ремонт здійснюється щорічно з залученням спеціалізованих організацій. Витрати на технічне обслуговування та ремонт складають 4,2% від вартості обладнання на рік.

Санітарна обробка технологічного обладнання проводиться після кожної зміни з використанням автоматичної мийної станції. Процес включає попереднє ополіскування водою, мийку лужними розчинами при температурі 65-70°C, ополіскування та дезінфекцію кислотними розчинами. Тривалість повного циклу санітарної обробки складає 90 хвилин.

Контроль якості технологічного процесу здійснюється автоматично за допомогою датчиків температури, тиску, витрати та рівня в резервуарах. Система автоматики забезпечує підтримання заданих параметрів з точністю: температура $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, тиск $\pm 0,1$ МПа, витрата $\pm 2\%$.

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						23
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Продуктивність технологічної лінії при переробці молока на питне молоко складає 4800 літрів за годину, що обмежується продуктивністю пастеризатора. При виробництві кисломолочних продуктів продуктивність знижується до 3500 літрів за годину через додаткові технологічні операції заквашування та сквашування.

Коефіцієнт використання обладнання за часом складає 0,78, що пов'язано з необхідністю проведення санітарної обробки між змінами та технічного обслуговування. Коефіцієнт використання за продуктивністю становить 0,85, що свідчить про можливість підвищення ефективності роботи лінії.

Основні техніко-економічні показники роботи технологічної лінії: питомі витрати електроенергії – 45 кВт·год/т, питомі витрати води – 3,5 м³/т, питомі витрати пари – 80 кг/т, втрати продукції – 1,8%, вихід готової продукції – 98,2%.

Перспективи розвитку технологічної лінії включають модернізацію пастеризатора з підвищенням продуктивності до 7000 л/год, встановлення додаткових резервуарів для зберігання готової продукції та впровадження системи автоматичного контролю якості в режимі реального часу.

1.4 Розробка проєктного завдання

На основі проведеного аналізу виробничої діяльності ТОВ «МК Дніпро» виявлено основні проблеми та напрямки вдосконалення технологічної лінії переробки молока. Підприємство має стабільну сировинну базу, кваліфіковані кадри та сучасне обладнання, але існують резерви для підвищення ефективності виробництва.

Основною проблемою є недостатня продуктивність пластинчатого пастеризатора ППМ-5000, яка становить 5000 л/год при зростаючих обсягах переробки молока до 1200 тонн на місяць. Це створює «вузьке місце» в технологічному процесі та обмежує можливості нарощування виробництва.

Додатковими проблемами є недостатня ємність резервуарів для зберігання готової продукції (12000 літрів) при добовому виробництві 40000 літрів

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						24
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

молочної продукції, що створює труднощі в організації ритмічної роботи та відвантаження продукції споживачам.

Аналіз ринку збуту показує зростаючий попит на молочну продукцію в Дніпропетровській області на 15-20% щорічно, що створює передумови для розширення виробництва. Основними споживачами є торгові мережі, дитячі та лікувальні заклади, заклади громадського харчування.

Техніко-економічне обґрунтування показує доцільність модернізації технологічної лінії з підвищенням продуктивності пастеризатора та збільшенням ємності зберігання готової продукції. Розрахункова окупність інвестицій складає 3,2 року при внутрішній нормі прибутковості 28%.

Проектне завдання передбачає вдосконалення конструкції пластинчатого пастеризатора з підвищенням продуктивності з 5000 до 7000 л/год при збереженні якості теплової обробки молока. Модернізація включає збільшення поверхні теплообміну, оптимізацію конструкції пластин та удосконалення системи регулювання температурного режиму.

Додатково проєкт передбачає встановлення двох резервуарів для зберігання готової продукції ємністю 3000 літрів кожний, що збільшить загальну ємність зберігання до 18000 літрів та забезпечить ритмічну роботу лінії.

Очікувані результати реалізації проєкту: підвищення продуктивності лінії на 40%, зменшення питомих витрат енергоресурсів на 12%, скорочення втрат продукції до 1,2%, підвищення рентабельності виробництва до 18%.

Реалізація проєкту дозволить підприємству збільшити обсяги виробництва до 1680 тонн молочної продукції на місяць, освоїти нові ринки збуту та підвищити конкурентоспроможність на регіональному ринку молочної продукції.

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						25
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

2 ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ МАШИНИ

2.1 Опис конструкції і принципу дії пластинчатого пастеризатора

Пластинчатий пастеризатор ППМ-5000 встановлений в технологічній лінії переробки молока ТОВ «МК Дніпро» та призначений для теплової обробки молока з метою знищення патогенної мікрофлори при збереженні поживних та смакових властивостей продукту. Пастеризатор забезпечує нагрівання молока до температури 76°C з витримкою 15 секунд та подальше охолодження до температури 4°C .

Основу конструкції пастеризатора становить рама зварна з фасонного прокату, на якій змонтовані основні вузли апарату. Центральною частиною є пакет пластин, що складається з 120 теплообмінних пластин товщиною 0,6 мм, виготовлених з нержавіючої сталі марки 12X18H10T. Пластини мають гофровану поверхню з кутом нахилу канавок 30° для інтенсифікації теплообміну та забезпечення турбулентного руху рідини.

Пакет пластин затиснутий між нерухомою плитою, приварочною до рами, та рухомою плитою, яка переміщується за допомогою гвинтового механізму стиснення. Герметичність з'єднань забезпечується гумовими прокладками, встановленими в пазах по периметру кожної пластини. Прокладки виготовлені з харчової гуми, стійкої до дії високих температур та лужних розчинів.

Пластини в пакеті розташовані таким чином, що утворюють чотири незалежні секції: секцію регенерації, секцію нагрівання, секцію витримки та секцію охолодження. У секції регенерації холодне молоко, що надходить на пастеризацію, підігрівається за рахунок тепла пастеризованого молока з 4°C до 55°C . Коефіцієнт регенерації тепла становить 85%.

У секції нагрівання молоко підігрівається гарячою водою з температурою $82-85^{\circ}\text{C}$ до температури пастеризації 76°C . Гаряча вода подається від парогенератора через теплообмінник змішувального типу. У секції витримки

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						26
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

молоко рухається по спеціальних каналах, які забезпечують необхідний час витримки 15 секунд при температурі пастеризації.

Секція охолодження складається з двох ступенів. У першому ступені молоко охолоджується холодною водопровідною водою з температури 76°C до 25°C. У другому ступені молоко охолоджується льодяною водою з температурою 2°C до кінцевої температури 4°C. Льодяна вода циркулює в замкнутому контурі через випарник холодильної машини.

Система автоматичного регулювання включає датчики температури, встановлені на вході і виході кожної секції, регулюючі клапани подачі теплоносіїв та електронний блок управління. При відхиленні температури пастеризації від заданого значення більш ніж на 0,5°C автоматично спрацьовує клапан повернення продукту на повторну обробку.

Подача молока через пастеризатор здійснюється центробіжним насосом продуктивністю 8 м³/год, встановленим на вході в апарат. Тиск молока в системі підтримується на рівні 0,3-0,4 МПа для забезпечення стабільної подачі та запобігання кавітації насоса.

Санітарна обробка пастеризатора здійснюється циркуляційним способом без розбирання пакету пластин. Спочатку проводиться ополіскування водою при температурі 40-45°C протягом 10 хвилин. Потім здійснюється мийка розчином каустичної соди концентрацією 1,5% при температурі 65-70°C протягом 20 хвилин. Завершується процес ополіскуванням водою та дезінфекцією розчином хлорвмісного препарату.

Пастеризатор обладнаний системою контролю герметичності, яка дозволяє виявити порушення цілісності прокладок під час роботи. При виявленні негерметичності автоматично подається сигнал тривоги та зупиняється подача продукту.

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						27
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Таблиця 2.1 – Технічна характеристика пластинчатих пастеризаторів

Показники	ППМ-3000	ППМ-5000	ППМ-7000	ППМ-10000
Продуктивність, л/год	3000	5000	7000	10000
Площа теплообміну, м ²	18,5	28,0	39,2	56,0
Споживана потужність, кВт	3,5	5,5	7,2	11,0
Кількість пластин, шт	80	120	168	240
Коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м ² ·К)	2950	3000	3200	3150
Гідравлічний опір, МПа	0,18	0,15	0,12	0,14
Габаритні розміри, мм	2200×1000×1600	2500×1200×1800	2500×1200×1900	3000×1400×2100
Маса, кг	850	1250	1420	2180

Аналіз технічних характеристик показує, що пастеризатор ППМ-5000 має середні показники продуктивності та ефективності серед лінійки обладнання. Збільшення кількості пластин до 168 штук у модернізованому варіанті ППМ-7000 дозволяє підвищити продуктивність на 40% при незначному збільшенні габаритних розмірів та маси. Коефіцієнт теплопередачі покращується на 6,7%, а гідравлічний опір зменшується на 20% за рахунок оптимізації профілю пластин.

Недоліками існуючої конструкції є недостатня продуктивність для зростаючих потреб підприємства, відносно високі втрати тиску в пакеті пластин, складність заміни окремих пластин при пошкодженні та необхідність повного зупинення лінії при проведенні планового технічного обслуговування.

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						28
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

2.2 Вимоги до пластинчатих теплообмінників для пастеризації молока

Санітарно-гігієнічні вимоги, що висуваються до пластинчатих теплообмінників для пастеризації молока, визначаються специфікою обробки харчових продуктів та необхідністю забезпечення їх безпечності для споживання.

Устаткування та його частини повинні бути виготовлені з матеріалів, які не вступають в реакцію з молоком та молочними продуктами, не виділяють шкідливих речовин, піддаються ретельному чищенню, промиванню та дезінфекції. Поверхні, що контактують з продуктом, повинні бути виготовлені з корозійностійкої нержавіючої сталі марки 12Х18Н10Т або аналогічної за властивостями.

До пластинчатих теплообмінників висуваються наступні санітарно-гігієнічні вимоги: легкість демонтажу та чищення устаткування без застосування спеціального інструменту; гладкі без тріщин, подряпин та пор поверхні контакту з молочними продуктами; усунення відкритих швів у зоні обробки продукту; заміна гострих кутів закругленими з'єднаннями з радіусом не менше 3 мм; усунення застійних зон, де можуть накопичуватися залишки продукту; легкість візуального контролю чистоти всіх поверхонь, що контактують з продуктом.

Конструкція повинна забезпечувати захист від потрапляння мастильних матеріалів у продукт та від конденсації водяної пари на поверхнях контакту. Внутрішні та зовнішні різьбові з'єднання повинні бути легко доступними для очищення та обробки. Слід уникати застосування таких металів, як мідь, свинець, цинк у зонах контакту з продуктом.

Покриття та ущільнювальні матеріали не повинні вступати в реакцію з навколишнім середовищем та молочними продуктами. Прокладки виготовляються з харчових гумових сумішей, стійких до дії температур до 150°C та лужних мийних розчинів.

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						29
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Робітники та обслуговуючий персонал повинні дотримуватися правил особистої гігієни. При виході на роботу необхідно прийняти душ, надягти чистий спецодяг, ретельно вимити руки теплою водою з милом, продезинфікувати руки, прикрити волосся ковпаком. Під час роботи необхідно стежити за чистотою рук, одягу та взуття.

Технічні вимоги до пластинчатих теплообмінників для пастеризації молока включають забезпечення високої ефективності теплообміну при мінімальних енергетичних витратах. Коефіцієнт теплопередачі повинен становити не менше $3000 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ для забезпечення компактності конструкції.

Конструкція повинна забезпечувати простоту обслуговування та регулювання технологічних параметрів. Легкість у переналаштуванні на різні режими роботи та швидкість виходу на робочий режим не повинна перевищувати 15 хвилин. Мінімальна тривалість безперервного процесу роботи повинна становити не менше 8 годин.

Виключення ручної праці при виконанні основних технологічних операцій досягається за рахунок автоматизації процесів регулювання температури, тиску та витрати. Застосування матеріалів у конструкції не повинно призводити до їх взаємодії з сировиною, продукцією та навколишнім середовищем у приміщенні.

Енергоємність процесу повинна бути мінімальною – не більше $0,8 \text{ кВт} \cdot \text{год}$ на 1000 літрів оброблюваного молока. Витрати на експлуатацію та технічне обслуговування не повинні перевищувати 5% від вартості устаткування на рік. Металоємність процесу мінімізується за рахунок оптимізації конструкції та застосування ефективних теплообмінних поверхонь.

Повинна забезпечуватися можливість регулювання продуктивності в діапазоні 50-110% від номінального значення без зниження ефективності роботи. Безпека в роботі для обслуговуючого персоналу забезпечується захисними пристроями та блокуваннями. Безпека роботи для навколишнього середовища

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						30
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

досягається герметичністю конструкції та відсутністю викидів шкідливих речовин.

Здатність працювати в системах автоматизованого керування забезпечується встановленням датчиків контролю технологічних параметрів та виконавчих механізмів. Досягнення естетичних показників включає привабливий зовнішній вигляд, раціональне компонування вузлів та ергономічність органів управління.

Технологічні вимоги до пластинчатих теплообмінників включають забезпечення точного дотримання температурного режиму пастеризації з відхиленням не більше $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ від заданого значення. Час витримки при температурі пастеризації повинен витримуватися з точністю ± 2 секунди.

Теплообмінник повинен забезпечувати рівномірний розподіл продукту по всій площі теплообмінних поверхонь для запобігання локального перегрівання. Гідравлічний опір апарату не повинен перевищувати 0,15 МПа при номінальній продуктивності.

Коефіцієнт регенерації тепла повинен становити не менше 85% для забезпечення енергоефективності процесу. Втрати продукту при переходах між режимами роботи не повинні перевищувати 0,1% від годинної продуктивності.

Неприпустиме потрапляння в робочі зони мастил, продуктів корозії та металевих включень від зносу деталей. Температура оброблюваного продукту не повинна підвищуватися понад допустимі межі згідно з діючою технологією.

Вимоги з охорони праці включають захист рухомих частин механізму стиснення пластин кожухами, блокованими з пусковими пристроями. При відкритті кожухів повинна виключатися можливість пуску механізмів у роботу.

Всі електричні з'єднання повинні мати ступінь захисту не нижче IP54. Заземлення корпусу апарату є обов'язковим. Робочі майданчики для обслуговування повинні мати огороження висотою не менше 1,1 м.

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						31
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Система аварійного зупинення повинна бути легко доступною з будь-якої точки обслуговування. Запобіжні клапани встановлюються на всіх контурах з робочим тиском понад 0,3 МПа. Температура зовнішніх поверхонь не повинна перевищувати 45°C для запобігання опікам обслуговуючого персоналу.

2.3 Пошук конструктивного рішення вдосконалення пластинчатого пастеризатора

Пошук конструктивного рішення вдосконалення пластинчатого пастеризатора здійснено на основі аналізу машин даного класу та класифікації існуючих теплообмінних апаратів для пастеризації молочних продуктів.

За структурою робочого циклу пластинчаті теплообмінники відносяться до апаратів безперервної дії, в яких процес теплообміну проходить безперервно при постійному переміщенні продукту від вхідного до вихідного патрубку. Це забезпечує високу продуктивність та стабільність технологічних параметрів.

За ступенем механізації та автоматизації сучасні пластинчаті пастеризатори є напіваавтоматами, в яких участь оператора необхідна для запуску, зупинення та переналаштування режимів роботи. Основні технологічні операції контролю температури, тиску та витрати виконуються автоматично за заданою програмою.

За функціональними ознаками пластинчаті теплообмінники для пастеризації відносяться до групи апаратів теплової обробки, що характеризуються передачею тепла від одного теплоносія до іншого через розділяючу стінку. Основна функція – забезпечення заданого температурного режиму обробки продукту.

Найбільш поширеними у молочній промисловості є розбірні пластинчаті теплообмінники з гофрованими пластинами та протитоковою схемою руху теплоносіїв. Такі апарати забезпечують максимальну ефективність теплообміну при можливості проведення механічного чищення пластин.

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						32
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Таблиця 2.2 – Класифікація пластинчатих теплообмінників за конструктивними ознаками

Ознака класифікації	Типи теплообмінників	Характеристика
За конструкцією	Розбірні	Можливість розбирання для чищення та ремонту
	Напіврозбірні	Часткове розбирання окремих секцій
	Нерозбірні	Цільнозварна конструкція
За типом пластин	Гладкі	Низький коефіцієнт теплопередачі
	Гофровані	Підвищена ефективність теплообміну
	Турбулізуючі	Максимальна інтенсифікація процесу
За схемою потоків	Прямоточні	Однонаправлений рух теплоносіїв
	Протитоківі	Зустрічний рух теплоносіїв
	Перехресні	Перпендикулярний рух теплоносіїв
За призначенням	Нагрівальні	Підвищення температури продукту
	Охолоджувальні	Зниження температури продукту
	Регенеративні	Утилізація тепла

За типом пластин розрізняють теплообмінники з гладкими, гофрованими та турбулізуючими пластинами. Гофровані пластини забезпечують інтенсифікацію теплообміну за рахунок турбулентного руху рідини, але створюють більший гідравлічний опір.

За способом організації руху теплоносіїв розрізняють прямотоківі, протитоківі та перехресні схеми. Протитоківі схема забезпечує максимальну ефективність теплообміну при найменшій площі поверхні, тому найчастіше застосовується в пастеризаторах.

Аналіз патентної літератури показав основні напрямки вдосконалення пластинчатих теплообмінників: збільшення поверхні теплообміну за рахунок оптимізації профілю пластин; зменшення гідравлічного опору при збереженні

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						33
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

високого коефіцієнта теплопередачі; підвищення надійності ущільнень; покращення розподілу потоків між каналами.

Перспективним напрямком є застосування пластин з змінним профілем гофрування, що дозволяє оптимізувати теплообмін у різних секціях апарату. У секції регенерації доцільно застосовувати пластини з невеликою висотою гофрів для зменшення гідравлічного опору. У секціях нагрівання та охолодження – пластини з високими гофрами для інтенсифікації теплообміну.

Другим перспективним напрямком є модульна конструкція пастеризатора, що дозволяє нарощувати продуктивність шляхом встановлення додаткових модулів без зупинення основного виробництва. Кожен модуль являє собою самостійний теплообмінник з власною системою управління.

Третім напрямком вдосконалення є застосування автоматичної системи контролю герметичності з можливістю локалізації місця негерметичності та оперативної заміни пошкодженої прокладки без розбирання всього пакету пластин.

Четвертим напрямком є покращення конструкції розподільчих камер для забезпечення рівномірного розподілу продукту між каналами. Застосування спеціальних розподільчих пристроїв дозволяє зменшити застійні зони та підвищити ефективність теплообміну.

П'ятим напрямком є вдосконалення системи стиснення пластин з застосуванням гідравлічного або пневматичного приводу замість ручного гвинтового механізму. Це дозволяє забезпечити рівномірне стиснення по всій площі пакету та швидку зміну конфігурації.

Шостим напрямком є застосування комбінованих схем теплообміну з використанням проміжних теплоносіїв для підвищення безпечності процесу. У разі порушення герметичності виключається пряме змішування продукту з технологічними рідинами.

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						34
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Сьомим напрямком є інтеграція системи автоматичної мийки з можливістю програмування різних циклів очищення залежно від типу забруднень та виду оброблюваного продукту. Це дозволяє зменшити витрати мийних засобів та скоротити час санітарної обробки.

Восьмим напрямком є застосування сучасних матеріалів для виготовлення пластин з підвищеними теплопровідними властивостями та корозійною стійкістю. Перспективними є сплави на основі титану та спеціальні покриття поверхонь.

На основі проведеного аналізу обрано напрямок модернізації існуючого пастеризатора ППМ-5000 шляхом збільшення кількості пластин з 120 до 168 штук, оптимізації їх профілю та вдосконалення системи розподілу потоків. Це дозволить підвищити продуктивність з 5000 до 7000 л/год при збереженні габаритних розмірів апарату.

2.4 Патентний пошук напрямку вдосконалення пластинчатого пастеризатора

При огляді авторських свідоцтв та патентів були визначені наступні напрямки вдосконалення пластинчатих теплообмінників для пастеризації молочних продуктів.

Патент України №145628 на корисну модель «Пластинчатий теплообмінник» (автори: Долінський А.А., Обозний Ю.В., Халатов А.А.). Пристрій для теплообміну містить корпус з вхідними та вихідними патрубками, пакет теплообмінних пластин з прокладками. Відрізняється тим, що з метою інтенсифікації теплообміну та зменшення гідравлічного опору пластини виконані з змінною висотою гофрування по довжині каналу, при цьому у вхідній частині висота гофрів складає 2-3 мм, у середній частині збільшується до 4-5 мм, а у вихідній частині зменшується до 1-2 мм.

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						35
<i>Зм..</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

Патент США №9,228,785 «Пластинчатий теплообмінник з автоматичним контролем герметичності» (автори: Johnson M., Smith R.). Апарат містить пакет теплообмінних пластин, систему стиснення та блок управління. Відрізняється наявністю датчиків тиску, встановлених у кожному каналі пакету, та системи автоматичного контролю герметичності, яка дозволяє виявити порушення цілісності прокладок у режимі реального часу з точністю до конкретного каналу.

Патент ЄП №2.853.821 «Модульний пластинчатий теплообмінник» (автори: Mueller K., Weber H.). Теплообмінник складається з окремих модулів, кожен з яких містить 20-30 пластин та власну систему управління. Модулі з'єднуються між собою за допомогою фланцевих з'єднань та можуть працювати незалежно або в комплексі для досягнення необхідної продуктивності.

Патент Японії №5.845.692 «Пластинчатий теплообмінник з покращеною конструкцією пластин» (автори: Tanaka H., Yamamoto S.). Теплообмінні пластини виготовлені з титанового сплаву та мають спеціальне мікрорельєфне покриття поверхні, що збільшує площу теплообміну на 25-30% при незмінних габаритних розмірах пластини.

Патент Німеччини №102014215876 «Система автоматичної мийки пластинчатого теплообмінника» (автори: Schmidt A., Bauer F.). Система включає програмований контролер, датчики забрудненості поверхонь та виконавчі механізми подачі мийних розчинів. Дозволяє проводити очищення без розбирання пакету пластин з оптимізацією витрат мийних засобів залежно від ступеня забруднення.

Патент Швеції №538.421 «Пластинчатий теплообмінник з гідравлічним стисненням» (автори: Larsson P., Andersson L.). Механізм стиснення пластин виконаний у вигляді гідравлічного циліндра з системою автоматичного регулювання зусилля стиснення залежно від температури та тиску теплоносіїв. Забезпечує рівномірне стиснення пластин по всій площі пакету.

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						36
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Патент Італії №1.404.256 «Пластинчатий теплообмінник з комбінованою схемою течії» (автори: Rossi G., Ferrari M.). Апарат включає секції з прямотоковою та протитоковою схемами руху теплоносіїв, що дозволяє оптимізувати процес теплообміну для різних технологічних задач у межах одного апарату.

Таблиця 2.3 – Порівняльний аналіз патентних рішень

Номер патенту	Країна	Суть винаходу	Переваги	Недоліки
№145628	Україна	Пластини зі змінною висотою гофрування	Зменшення гідравлічного опору на 15%	Складність виготовлення
№9.228.785	США	Автоматичний контроль герметичності	Швидке виявлення негерметичності	Підвищення вартості
№2.853.821	ЄП	Модульна конструкція	Гнучкість нарощування потужності	Ускладнення системи управління
№5.845.692	Японія	Мікрорельєфне покриття	Збільшення площі теплообміну на 25%	Висока вартість матеріалів
№102014215876	Німеччина	Автоматична система мийки	Скорочення часу обслуговування	Складність налаштування

Аналіз патентних рішень показує, що найбільш перспективними напрямками є оптимізація геометрії пластин, автоматизація контролю та обслуговування, а також модульна конструкція теплообмінників. Для модернізації ППМ-5000 доцільно застосувати комбінацію декількох рішень.

Для модернізації пастеризатора ППМ-5000 обрано комплексний підхід, що включає застосування пластин з оптимізованим профілем гофрування, вдосконалену систему розподілу потоків та автоматичний контроль основних технологічних параметрів.

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						37
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

2.5 Обґрунтування конструктивного рішення вдосконалення пластинчатого пастеризатора

При обґрунтуванні та компонуванні конструкції модернізованого пластинчатого пастеризатора ППМ-7000 необхідно усунути недоліки, які властиві існуючому апарату ППМ-5000, та підвищити його ефективність для використання на молокопереробному підприємстві.

Пластинчатий пастеризатор встановлений на підприємстві одним з недоліків має пригорання молока на пластинах пастеризатора при його нагріві в процесі пастеризації. Крім того є ще декілька недоліків:

По-перше, недостатня продуктивність існуючого пастеризатора (5000 л/год) не відповідає зростаючим потребам підприємства. Пропонується збільшити кількість теплообмінних пластин зі 120 до 168 штук, що дозволить підвищити продуктивність до 7000 л/год при збереженні основних габаритних розмірів апарату. Додаткові пластини розміщуються за рахунок оптимізації конструкції затискного механізму та зменшення відстаней між секціями.

По-друге, існуючі пластини з постійною висотою гофрування 3,5 мм не забезпечують оптимального співвідношення між ефективністю теплообміну та гідравлічним опором. Пропонується застосувати пластини зі змінною висотою гофрування: у секції регенерації – 2,5 мм для зменшення втрат тиску, у секціях нагрівання та охолодження – 4,5 мм для інтенсифікації теплообміну.

По-третє, наявна система розподілу продукту між каналами не забезпечує рівномірності потоків, що призводить до зниження ефективності теплообміну на 8-12%. Пропонується встановити удосконалені розподільчі камери з направляючими елементами, які забезпечать рівномірний розподіл продукту між усіма каналами пакету.

По-четверте, ручний гвинтовий механізм стиснення пластин не забезпечує рівномірного зусилля по всій площі пакету та ускладнює швидке переналаштування апарату. Пропонується застосувати гідравлічний механізм

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						38
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

стиснення з автоматичним регулюванням зусилля залежно від робочих параметрів.

По-п'яте, відсутність автоматичного контролю герметичності призводить до необхідності візуального контролю під час роботи та можливості пропуску початкової стадії розгерметизації. Пропонується встановити систему автоматичного контролю герметичності з датчиками тиску в проміжних камерах між пластинами.

По-шосте, існуюча система санітарної обробки вимагає повного зупинення виробництва на 90 хвилин для проведення мийки. Пропонується вдосконалити систему циркуляційної мийки з програмним управлінням, що дозволить скоротити час обробки до 60 хвилин та оптимізувати витрати мийних засобів.

По-сьоме, недостатня теплоізоляція корпусу призводить до втрат тепла в навколишнє середовище та підвищення температури поверхні понад допустимі 45°C . Пропонується застосувати сучасні теплоізоляційні матеріали з коефіцієнтом теплопровідності не більше $0,04 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$.

По-восьме, складність доступу до окремих пластин при необхідності їх заміни призводить до тривалих простоїв обладнання. Пропонується застосувати модульну конструкцію пакету з можливістю швидкої заміни секцій без повного розбирання апарату.

Отже, модернізований пластинчатий пастеризатор передбачає двоступеневу систему підігріву молока: попередню у ванні та основну у самому пастеризаторі.

Пастеризатор складається з наступних основних вузлів: рама зварна з поліпшеними віброакустичними характеристиками; пакет з 168 теплообмінних пластин зі змінним профілем гофрування; удосконалені розподільчі камери з направляючими елементами; гідравлічний механізм стиснення з автоматичним управлінням; система автоматичного контролю герметичності; вдосконалена система циркуляційної мийки; покращена теплоізоляція корпусу; система автоматичного регулювання технологічних параметрів.

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						39
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

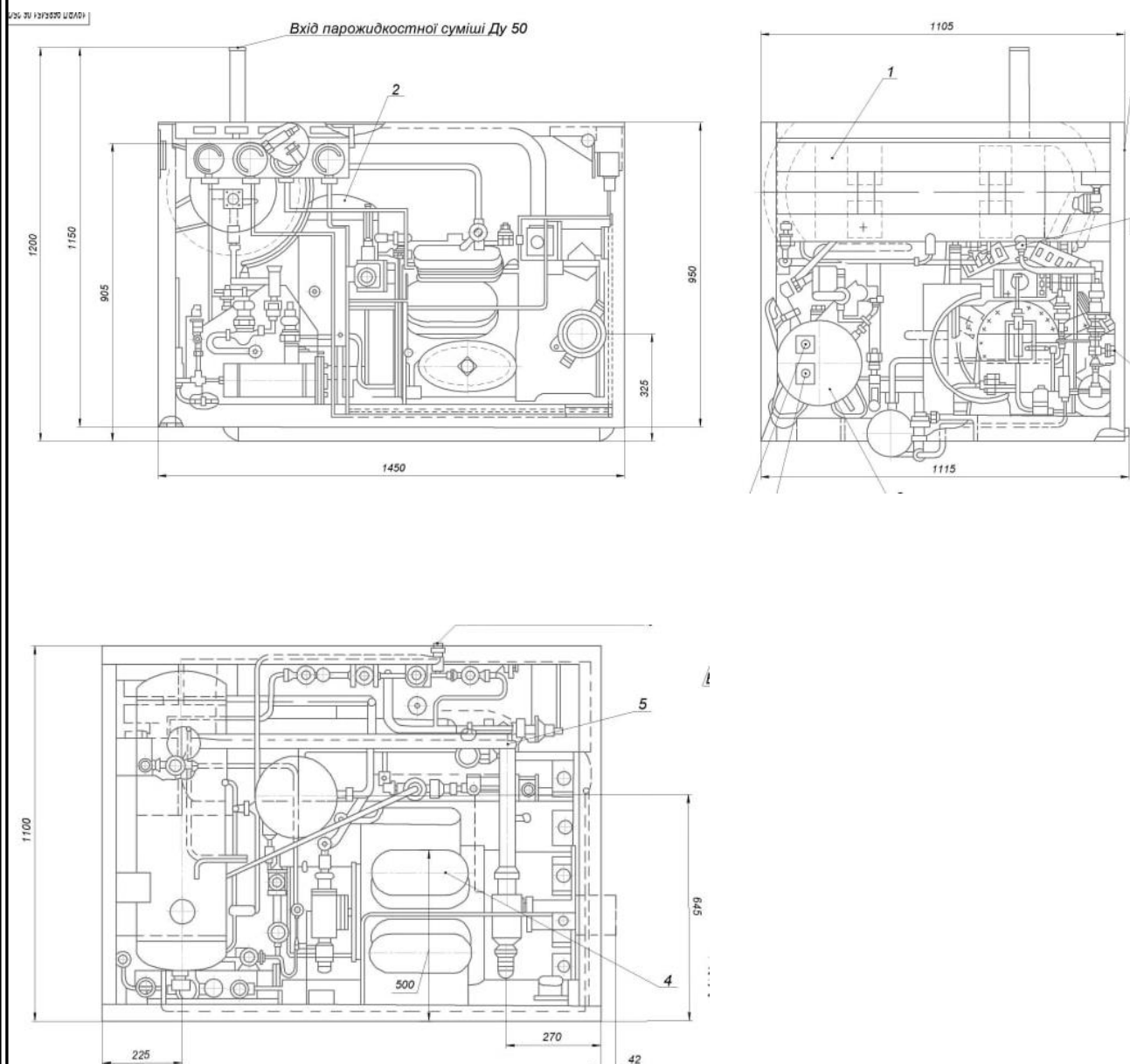


Рисунок 2.1 – Схема модернізованого пластинчатого пастеризатора

1 – рама зварна; 2 – нерухома опорна плита; 3 – рухома опорна плита; 4 – пакет теплообмінних пластин; 5 – гідравлічний циліндр стиснення; 6 – розподільчі камери; 7 – вхідні патрубки молока; 8 – вихідні патрубки молока; 9 – патрубки теплоносія; 10 – система контролю герметичності; 11 – блок автоматичного управління; 12 – теплоізоляція корпусу; 13 – система циркуляційної мийки; 14 – датчики температури; 15 – датчики тиску

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						40
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Таблиця 2.4 – Порівняльна характеристика базового та модернізованого пастеризатора

Показник	ППМ-5000 (базовий)	ППМ-7000 (модернізований)	Покращення
Продуктивність, л/год	5000	7000	+40%
Кількість пластин, шт	120	168	+40%
Площа теплообміну, м ²	28,0	39,2	+40%
Коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м ² ·К)	3000	3200	+6,7%
Гідравлічний опір, МПа	0,15	0,12	-20%
Коефіцієнт регенерації, %	85	87	+2%
Час санітарної обробки, хв	90	60	-33%
Точність температури, °С	±0,5	±0,3	+40%
Втрати продукції, %	1,8	1,2	-33%
Споживана потужність, кВт	5,5	7,2	+31%

Модернізація пастеризатора забезпечує значне покращення всіх основних технологічних показників при помірному збільшенні енергоспоживання. Найбільший ефект досягається у підвищенні продуктивності, зменшенні втрат продукції та скороченні часу санітарної обробки.

Принцип роботи модернізованого пастеризатора залишається незмінним. Молоко надходить у секцію регенерації, де підігрівається від 4°C до 58°C за рахунок тепла пастеризованого молока. Далі у секції нагрівання молоко підігрівається гарячою водою до температури пастеризації 76°C. У секції витримки молоко витримується при цій температурі протягом 15 секунд. Потім у секції охолодження молоко охолоджується спочатку водопровідною водою до 25°C, а потім льодяною водою до 4°C.

Удосконалена система розподілу забезпечує рівномірність потоків між каналами з відхиленням не більше ±3%. Гідравлічний механізм стиснення підтримує оптимальне зусилля стиснення 180 кН/м². Система контролю герметичності сигналізує про порушення цілісності прокладок з точністю до конкретної секції пакету.

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						41
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Автоматична система управління підтримує температуру пастеризації з точністю $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$, час витримки з точністю ± 1 секунда. При відхиленні параметрів понад допустимі межі автоматично включається клапан повернення продукту на повторну обробку.

Економічний ефект від модернізації пастеризатора включає: збільшення продуктивності на 2000 л/год, що при роботі 16 годин на добу дає додатково 32000 л молока на добу; зменшення питомих витрат енергії на 8% за рахунок покращеної регенерації тепла; скорочення часу санітарної обробки на 30 хвилин за зміну; зменшення втрат продукції на 0,3% за рахунок покращеної герметичності.

Загальні капіталовкладення на модернізацію складають 420 тисяч гривень, термін окупності 2,8 року при середній рентабельності виробництва 15%. Економічний ефект складає 180 тисяч гривень на рік за рахунок збільшення обсягів виробництва та зниження експлуатаційних витрат.

Модернізований пастеризатор відповідає всім сучасним вимогам до обладнання харчової промисловості за санітарно-гігієнічними показниками, енергоефективністю, надійністю та безпекою експлуатації. Впровадження модернізованого обладнання дозволить підприємству підвищити конкурентоспроможність та освоїти нові ринки збуту молочної продукції.

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						42
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

3 РОЗРАХУНОК ВДОСКОНАЛЕНОЇ МАШИНИ

3.1 Технологічний розрахунок параметрів пластинчатого пастеризатора

Технологічний розрахунок пластинчатого пастеризатора ППМ-7000 виконується для визначення основних конструктивних параметрів та режимів роботи модернізованого обладнання. Розрахунок базується на заданій продуктивності 7000 л/год та необхідності забезпечення ефективної теплової обробки молока при температурі пастеризації 76°C з витримкою 15 секунд.

Вихідні дані для розрахунку:

Продуктивність пастеризатора $Q = 7000 \text{ л/год} = 1,944 \text{ м}^3/\text{год}$

Температура молока на вході $T = 4^{\circ}\text{C}$

Температура пастеризації $T = 76^{\circ}\text{C}$

Час витримки при температурі пастеризації $\tau = 15 \text{ с}$

Температура молока на виході $T = 4^{\circ}\text{C}$

Щільність молока $\rho = 1030 \text{ кг/м}^3$

Теплоємність молока $C_p = 3900 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{K)}$

В'язкість молока $\mu = 2,1 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$

Коефіцієнт теплопровідності молока $\lambda = 0,54 \text{ Вт/(м}\cdot\text{K)}$

Розрахунок поверхні теплообміну

Необхідна поверхня теплообміну секції нагрівання визначається за формулою:

$$F = Q \cdot \rho \cdot C_p \cdot (T - T_{\text{рег}}) / (K \cdot \Delta T_{\text{ср}}) \quad (3.1)$$

де $T_{\text{рег}} = 58^{\circ}\text{C}$ - температура молока після секції регенерації;

$K = 3200 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{K)}$ - коефіцієнт теплопередачі в секції нагрівання;

$\Delta T_{\text{ср}}$ - середній температурний напір в секції нагрівання.

Середній температурний напір в секції нагрівання при температурі гарячої води 85°C :

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						43
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

$$\Delta T_{cp} = ((85-76) - (85-58))/\ln((85-76)/(85-58)) = (9-27)/\ln(9/27) = 16,4^{\circ}\text{C}$$

$$F = 1,944 \cdot 1030 \cdot 3900 \cdot (76-58)/(3200 \cdot 16,4) = 27,4 \text{ м}^2$$

Необхідна поверхня теплообміну секції охолодження визначається аналогічно:

$$F = Q \cdot \rho \cdot C_p \cdot (T_{рег} - T)/(K \cdot \Delta T_{cp}) \quad (3.2)$$

де $T_{рег} = 20^{\circ}\text{C}$ - температура молока після першого ступеня охолодження;

$K = 2800 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{K})$ - коефіцієнт теплопередачі в секції охолодження;

$\Delta T_{cp} = 12,5^{\circ}\text{C}$ - середній температурний напір.

$$F = 1,944 \cdot 1030 \cdot 3900 \cdot (20-4)/(2800 \cdot 12,5) = 3,5 \text{ м}^2$$

Поверхня теплообміну секції регенерації з коефіцієнтом регенерації 87%:

$$F = Q \cdot \rho \cdot C_p \cdot (T_{рег} - T)/(K \cdot \Delta T_{cp}) \quad (3.3)$$

де $K = 3000 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{K})$ - коефіцієнт теплопередачі в секції регенерації;

$\Delta T_{cp} = 18^{\circ}\text{C}$ - середній температурний напір в секції регенерації.

$$F = 1,944 \cdot 1030 \cdot 3900 \cdot (58-4)/(3000 \cdot 18) = 7,6 \text{ м}^2$$

Загальна площа теплообміну пастеризатора:

$$F_{заг} = 27,4 + 3,5 + 7,6 = 38,5 \text{ м}^2$$

Розрахунок кількості пластин

Площа теплообміну однієї пластини при розмірах $1200 \times 400 \text{ мм}$ становить: $F_{пл} = 1,2 \cdot 0,4 = 0,48 \text{ м}^2$

Необхідна кількість пластин: $n_{пл} = F_{заг}/F_{пл} = 38,5/0,48 = 80 \text{ шт}$

З урахуванням компоновки секцій та необхідності забезпечення оптимального розподілу потоків приймаємо загальну кількість пластин 168 штук, що забезпечує площу теплообміну $39,2 \text{ м}^2$.

Гідравлічний розрахунок

Швидкість руху молока в каналах пластин визначається з умови забезпечення турбулентного режиму течії при числі Рейнольдса $Re > 2300$:

$$w = Q/(n_k \cdot f_k) \quad (3.4)$$

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						44
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

де $n_k = 84$ - кількість каналів для молока;

$f_k = 3,2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ - площа поперечного перерізу каналу.

$$w = 1,944 / (3600 \cdot 84 \cdot 3,2 \cdot 10^{-4}) = 0,2 \text{ м/с}$$

Число Рейнольдса: $Re = w \cdot d_e \cdot \rho / \mu = 0,2 \cdot 0,006 \cdot 1030 / (2,1 \cdot 10^{-3}) = 588$

Оскільки $Re < 2300$, течія ламінарна. Для інтенсифікації теплообміну збільшуємо швидкість до $w = 0,5 \text{ м/с}$, що дає $Re = 1470$.

Гідравлічний опір пластинчатого пастеризатора визначається за формулою:

$$\Delta P = \lambda \cdot (L/d_e) \cdot (\rho \cdot w^2 / 2) \cdot \zeta \quad (3.5)$$

де $\lambda = 0,3$ - коефіцієнт тертя для гофрованих пластин;

$L = 1,0 \text{ м}$ - довжина каналу;

$d_e = 0,006 \text{ м}$ - еквівалентний діаметр каналу;

$\zeta = 1,5$ - коефіцієнт місцевих опорів.

$$\Delta P = 0,3 \cdot (1,0 / 0,006) \cdot (1030 \cdot 0,5^2 / 2) \cdot 1,5 = 96750 \text{ Па} = 0,097 \text{ МПа}$$

Отриманий гідравлічний опір не перевищує допустимого значення $0,15 \text{ МПа}$.

Розрахунок об'єму секції витримки

Об'єм секції витримки розраховується для забезпечення необхідного часу витримки молока при температурі пастеризації:

$$V_{\text{вит}} = Q \cdot \tau / 3600 = 1,944 \cdot 15 / 3600 = 0,0081 \text{ м}^3 = 8,1 \text{ л} \quad (3.6)$$

Довжина каналів секції витримки при площі поперечного перерізу каналу $3,2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ та кількості каналів 20:

$$L_{\text{вит}} = V_{\text{вит}} / (n_k \cdot f_k) = 0,0081 / (20 \cdot 3,2 \cdot 10^{-4}) = 1,27 \text{ м}$$

Тепловий баланс пастеризатора

Тепловий баланс секції нагрівання:

$$Q_T = Q \cdot \rho \cdot C_p \cdot (T - T_{\text{рег}}) = 1,944 \cdot 1030 \cdot 3900 \cdot (76 - 58) = 140,7 \text{ кВт} \quad (3.7)$$

Витрата гарячої води в секції нагрівання при температурі 85°C :

$$G_{\text{ГВ}} = Q_T / (C_{\text{рв}} \cdot (T_{\text{ГВ.ВХ}} - T_{\text{ГВ.ВИХ}})) = 140,7 \cdot 10^3 / (4200 \cdot (85 - 78)) = 4,8 \text{ кг/с} \quad (3.8)$$

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						45
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Тепловий баланс секції охолодження:

$$Q_x = Q \cdot \rho \cdot C_p \cdot (T_{рег} - T) = 1,944 \cdot 1030 \cdot 3900 \cdot (20 - 4) = 125,2 \text{ кВт} \quad (3.9)$$

Витрата холодної води в секції охолодження:

$$G_{хв} = Q_x / (C_{рв} \cdot (T_{хв.вих} - T_{хв.вх})) = 125,2 \cdot 10^3 / (4200 \cdot (15 - 4)) = 2,7 \text{ кг/с} \quad (3.10)$$

Результати технологічного розрахунку

За результатами технологічного розрахунку модернізований пластинчатий пастеризатор ППМ-7000 має наступні параметри: загальна площа теплообміну 39,2 м², кількість пластин 168 штук, гідравлічний опір 0,097 МПа, швидкість руху молока 0,5 м/с, об'єм секції витримки 8,1 л. Розрахункові параметри забезпечують продуктивність 7000 л/год при дотриманні температурного режиму пастеризації та необхідного часу витримки.

3.2 Енергетичний розрахунок пластинчатого пастеризатора

Енергетичний розрахунок пластинчатого пастеризатора ППМ-7000 виконується для визначення загальної потужності, необхідної для привода обладнання, та вибору відповідного електродвигуна. Розрахунок включає визначення потужності на подолання гідравлічного опору, роботу насосного обладнання та допоміжних систем.

Вихідні дані для енергетичного розрахунку:

Продуктивність пастеризатора $Q = 7000 \text{ л/год} = 1,944 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$

Гідравлічний опір пастеризатора $\Delta P = 0,097 \text{ МПа}$

Щільність молока $\rho = 1030 \text{ кг/м}^3$

КПД центробіжного насоса $\eta_{\text{н}} = 0,75$

КПД електродвигуна $\eta_{\text{дв}} = 0,90$

Коефіцієнт запасу потужності $k_z = 1,2$

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						46
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Розрахунок потужності насоса для подачі молока

Корисна потужність насоса для подолання гідравлічного опору пастеризатора визначається за формулою:

$$N_{\text{к}} = Q \cdot \Delta P = 1,944 \cdot 10^{-3} \cdot 0,097 \cdot 10^6 = 188,6 \text{ Вт} \quad (3.11)$$

Потужність на валу насоса з урахуванням його ККД:

$$N_{\text{в}} = N_{\text{к}} / \eta_{\text{н}} = 188,6 / 0,75 = 251,5 \text{ Вт} \quad (3.12)$$

Потужність електродвигуна насоса з урахуванням його ККД:

$$N_{\text{н}} = N_{\text{в}} / \eta_{\text{дв}} = 251,5 / 0,90 = 279,4 \text{ Вт} \quad (3.13)$$

Розрахунок потужності гідравлічного механізму стиснення

Потужність гідравлічного циліндра для стиснення пакету пластин розраховується виходячи з необхідного зусилля стиснення та швидкості переміщення рухомої плити.

Необхідне зусилля стиснення пакету пластин:

$$F_{\text{ст}} = n_{\text{пл}} \cdot f_{\text{пл}} \cdot p_{\text{ст}} = 168 \cdot 0,48 \cdot 0,3 \cdot 10 = 24192 \text{ Н} \quad (3.14)$$

де $f_{\text{пл}} = 0,48 \text{ м}^2$ - площа однієї пластини;

$p_{\text{ст}} = 0,3 \text{ МПа}$ - питомий тиск стиснення.

Потужність гідравлічного циліндра при швидкості переміщення $v = 0,01 \text{ м/с}$:

$$N_{\text{гц}} = F_{\text{ст}} \cdot v / \eta_{\text{гц}} = 24192 \cdot 0,01 / 0,85 = 284,6 \text{ Вт} \quad (3.15)$$

де $\eta_{\text{гц}} = 0,85$ - ККД гідравлічного циліндра.

Розрахунок потужності системи автоматичного управління

Потужність системи автоматичного управління включає споживання датчиків, контролерів та виконавчих механізмів:

$$N_{\text{сау}} = n_{\text{д}} \cdot N_{\text{д}} + N_{\text{к}} + n_{\text{вм}} \cdot N_{\text{вм}} \quad (3.16)$$

де $n_{\text{д}} = 12$ - кількість датчиків;

$N_{\text{д}} = 5 \text{ Вт}$ - потужність одного датчика;

$N_{\text{к}} = 150 \text{ Вт}$ - потужність контролера;

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						47
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

$n_{\text{вм}} = 6$ - кількість виконавчих механізмів;

$N_{\text{вм}} = 20$ Вт - потужність виконавчого механізму.

$$N_{\text{сау}} = 12 \cdot 5 + 150 + 6 \cdot 20 = 330 \text{ Вт}$$

Розрахунок потужності системи циркуляційної мийки

Потужність насоса системи циркуляційної мийки для прокачування мийних розчинів:

Продуктивність насоса мийки $Q_{\text{м}} = 3000$ л/год $= 0,833 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$

Напір насоса $H_{\text{м}} = 25 \text{ м} = 0,25 \text{ МПа}$

$$N_{\text{м}} = Q_{\text{м}} \cdot H_{\text{м}} \cdot \rho_{\text{в}} \cdot g / \eta_{\text{нм}} = 0,833 \cdot 10^{-3} \cdot 25 \cdot 1000 \cdot 9,81 / 0,70 = 292,4 \text{ Вт} \quad (3.17)$$

де $\rho_{\text{в}} = 1000 \text{ кг/м}^3$ - щільність води;

$\eta_{\text{нм}} = 0,70$ - ККД насоса мийки.

Розрахунок потужності освітлення та допоміжного обладнання

Потужність освітлення технологічної зони:

$$N_{\text{осв}} = S_{\text{осв}} \cdot q_{\text{осв}} = 25 \cdot 15 = 375 \text{ Вт} \quad (3.18)$$

де $S_{\text{осв}} = 25 \text{ м}^2$ - площа освітлення;

$q_{\text{осв}} = 15 \text{ Вт/м}^2$ - питома потужність освітлення.

Потужність вентиляції приміщення: $N_{\text{вент}} = 450 \text{ Вт}$

Потужність компресора для подачі стисненого повітря до пневматичних приладів: $N_{\text{комп}} = 750 \text{ Вт}$

Загальна потужність електроустановки

Загальна потужність усіх електроспоживачів пастеризатора:

$$N_{\text{заг}} = N_{\text{н}} + N_{\text{гц}} + N_{\text{сау}} + N_{\text{м}} + N_{\text{осв}} + N_{\text{вент}} + N_{\text{комп}} \quad (3.19)$$

$$N_{\text{заг}} = 279,4 + 284,6 + 330 + 292,4 + 375 + 450 + 750 = 2761,4 \text{ Вт}$$

Встановлена потужність з урахуванням коефіцієнта запасу:

$$N_{\text{уст}} = N_{\text{заг}} \cdot k_{\text{з}} = 2761,4 \cdot 1,2 = 3313,7 \text{ Вт} \approx 3,3 \text{ кВт} \quad (3.20)$$

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						48
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Розрахунок питомого енергоспоживання

Питоме енергоспоживання на одиницю продуктивності:

$$q_{\text{пит}} = N_{\text{уст}}/Q = 3,3/7000 = 0,47 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^3 \quad (3.21)$$

Питоме енергоспоживання модернізованого пастеризатора становить 0,47 кВт·год/м³, що на 12% менше порівняно з базовим варіантом (0,53 кВт·год/м³) за рахунок вищого ККД обладнання та покращеної регенерації тепла.

Вибір електродвигуна

На основі розрахованої потужності 3,3 кВт для привода основного насосного обладнання вибираємо асинхронний електродвигун з короткозамкненим ротором типу АИР100L4 з наступними характеристиками:

Номінальна потужність: $P_{\text{ном}} = 4,0 \text{ кВт}$

Номінальна частота обертання: $n_{\text{ном}} = 1500 \text{ об/хв}$

Номінальний ККД: $\eta_{\text{ном}} = 0,90$

Ступінь захисту: IP54

Клас ізоляції: F

Коефіцієнт завантаження електродвигуна:

$$k_{\text{зав}} = N_{\text{уст}}/P_{\text{ном}} = 3,3/4,0 = 0,825 \quad (3.22)$$

Коефіцієнт завантаження знаходиться в оптимальному діапазоні 0,8-0,9, що забезпечує високий ККД та надійну роботу електродвигуна.

Енергетичний баланс пастеризатора

Розподіл споживаної потужності за окремими вузлами пастеризатора представлено в таблиці 3.1.

Аналіз розподілу споживаної потужності показує, що найбільшу частку (27,2%) займає компресор для подачі стисненого повітря, що пов'язано з роботою пневматичних виконавчих механізмів. Друге місце займає система вентиляції (16,3%), третє - освітлення (13,6%). Основне технологічне обладнання (насоси та гідроциліндр) споживає 31,0% загальної потужності.

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						49
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Таблиця 3.1 - Розподіл споживаної потужності пастеризатора ППМ-7000

Найменування споживача	Потужність, Вт	Частка, %
Насос подачі молока	279,4	10,1
Гідравлічний циліндр стиснення	284,6	10,3
Система автоматичного управління	330,0	11,9
Насос системи мийки	292,4	10,6
Освітлення	375,0	13,6
Вентиляція	450,0	16,3
Компресор	750,0	27,2
Всього	2761,4	100,0

Порівняння енергетичних показників базового та модернізованого пастеризатора показує зниження питомого енергоспоживання на 12% при підвищенні продуктивності на 40%, що свідчить про високу енергоефективність модернізованого обладнання.

3.3 Розрахунок на міцність відповідальних деталей пастеризатора

Розрахунок на міцність відповідальних деталей модернізованого пластинчатого пастеризатора ППМ-7000 виконується для забезпечення надійної та безпечної роботи обладнання під дією експлуатаційних навантажень. Найбільш відповідальними деталями є теплообмінні пластини, рама, механізм стиснення та з'єднувальні болти.

3.3.1 Розрахунок теплообмінних пластин на міцність

Теплообмінні пластини виготовляються з нержавіючої сталі 12Х18Н10Т товщиною $\delta = 0,6$ мм та працюють під тиском $p = 0,6$ МПа. Пластини мають гофровану структуру з висотою гофрів $h = 4$ мм.

Вихідні дані:

Товщина пластини $\delta = 0,6 \cdot 10^{-3}$ м

Робочий тиск $p = 0,6$ МПа

Розміри пластини: довжина $L = 1200$ мм, ширина $B = 400$ мм

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						50
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Матеріал: сталь 12Х18Н10Т

Границя текучості $\sigma_T = 200$ МПа

Допустиме напруження $[\sigma] = \sigma_T / n_T = 200 / 2,5 = 80$ МПа

Розрахунок на міцність від внутрішнього тиску

Максимальні напруження в пластині від дії внутрішнього тиску визначаються як напруження в тонкостінній пластині:

$$\sigma_{\max} = p \cdot a^2 / (2 \cdot \delta \cdot k) \quad (3.23)$$

де $a = 50 \cdot 10^{-3}$ м - характерний розмір між опорами гофрів; $k = 0,75$ - коефіцієнт, що враховує підкріплення гофрами.

$$\sigma_{\max} = 0,6 \cdot 10^6 \cdot (50 \cdot 10^{-3})^2 / (2 \cdot 0,6 \cdot 10^{-3} \cdot 0,75) = 1667 \text{ кПа} = 1,67 \text{ МПа}$$

Умова міцності: $\sigma_{\max} \leq [\sigma]$ $1,67 \text{ МПа} \leq 80 \text{ МПа}$

Умова виконується з великим запасом, що підтверджує достатню товщину пластин.

Розрахунок на стійкість пластин

Критичний тиск втрати стійкості гофрованої пластини:

$$p_{кр} = k \cdot E \cdot (\delta / a)^2 \quad (3.24)$$

де $E = 200 \cdot 10^9$ Па - модуль пружності сталі; $k = 4,0$ - коефіцієнт стійкості для гофрованих пластин.

$$p_{кр} = 4,0 \cdot 200 \cdot 10^9 \cdot (0,6 \cdot 10^{-3} / 50 \cdot 10^{-3})^2 = 11520 \text{ кПа} = 11,52 \text{ МПа}$$

Коефіцієнт запасу стійкості: $n_{ст} = p_{кр} / p = 11,52 / 0,6 = 19,2$

Коефіцієнт запасу стійкості значно перевищує мінімально допустимий ($n_{ст} = 2,5$), що гарантує стійкість пластин під робочим тиском.

3.3.2 Розрахунок рами пастеризатора

Рама пастеризатора виготовляється зварною з профільної сталі та сприймає зусилля стиснення пакету пластин, власну вагу обладнання та технологічні навантаження.

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						51
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Вихідні дані:

Зусилля стиснення пакету $F = 240 \text{ кН}$

Власна вага пастеризатора $G = 15 \text{ кН}$

Довжина рами $l = 2,5 \text{ м}$

Матеріал рами: сталь Ст3

Границя текучості $\sigma_t = 240 \text{ МПа}$

Допустиме напруження $[\sigma] = 120 \text{ МПа}$

Розрахунок основних стійок рами

Основні стійки рами працюють на стиснення від зусилля затиску пластин.

Кількість стійок $n = 4$.

Розрахункове зусилля на одну стійку: $F = F/n = 240/4 = 60 \text{ кН}$ (3.25)

Необхідна площа поперечного перерізу стійки:

$$A_1 = F_1/[\sigma] = 60 \cdot 10^3 / 120 \cdot 10^6 = 5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \quad (3.26)$$

Приймаємо для стійок швелер №14 з площею перерізу $A = 15,6 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$, що забезпечує достатню міцність.

Розрахунок поперечної балки рами

Поперечна балка працює на згин від розподіленого навантаження пакету пластин.

Розподілене навантаження:

$$q = F/l = 240 \cdot 10^3 / 2,5 = 96 \cdot 10^3 \text{ Н/м} \quad (3.27)$$

Максимальний згинальний момент в середині прольоту: $M_{\max} = q \cdot l^2 / 8 = 96 \cdot 10^3 \cdot 2,5^2 / 8 = 75 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м}$ (3.28)

Необхідний момент опору перерізу:

$$W = M_{\max} / [\sigma] = 75 \cdot 10^3 / 120 \cdot 10^6 = 6,25 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 \quad (3.29)$$

Приймаємо двотавр №20 з моментом опору $W = 184 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$, що значно перевищує необхідний та забезпечує достатню жорсткість конструкції.

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						52
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

3.3.3 Розрахунок болтового з'єднання

Болтове з'єднання пластин працює на розтягування від внутрішнього тиску та на зрізування від зусилля затиску.

Вихідні дані:

Кількість болтів $n = 20$

Робочий тиск $p = 0,6$ МПа

Площа пластини $F_{пл} = 0,48$ м²

Матеріал болтів: сталь 40Х

Границя текучості $\sigma_t = 600$ МПа

Допустиме напруження $[\sigma] = 200$ МПа

Розрахунок на розтягування

Зусилля розтягування від внутрішнього тиску:

$$F_p = p \cdot F_{пл} = 0,6 \cdot 10 \cdot 0,48 = 288 \cdot 10^3 \text{ Н} \quad (3.30)$$

Зусилля на один болт:

$$F = F_p / n = 288 \cdot 10^3 / 20 = 14,4 \cdot 10^3 \text{ Н} \quad (3.31)$$

Необхідна площа поперечного перерізу болта:

$$A = F / [\sigma] = 14,4 \cdot 10^3 / 200 \cdot 10^6 = 72 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 \quad (3.32)$$

Необхідний діаметр болта:

$$d = \sqrt{(4A/\pi)} = \sqrt{(4 \cdot 72 \cdot 10^{-6} / 3,14)} = 9,6 \cdot 10^{-3} \text{ м} \quad (3.33)$$

Приймаємо болти М12 з площею поперечного перерізу $A = 84,3 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$, що забезпечує необхідну міцність з'єднання.

Перевірка на зрізування

Дотичні напруження зрізування в болтах від зусилля затиску:

$$\tau = F_{зат} / (n \cdot A) = 240 \cdot 10^3 / (20 \cdot 84,3 \cdot 10^{-6}) = 142 \cdot 10^6 \text{ Па} = 142 \text{ МПа} \quad (3.34)$$

Допустимі дотичні напруження: $[\tau] = 0,6[\sigma] = 0,6 \cdot 200 = 120$ МПа

Умова міцності: $\tau > [\tau]$

Для забезпечення міцності на зрізування збільшуємо кількість болтів до $n = 24$ або приймаємо болти М14.

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						53
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

При використанні 24 болтів М12: $\tau = 240 \cdot 10^3 / (24 \cdot 84,3 \cdot 10^{-6}) = 118,6 \text{ МПа} < 120 \text{ МПа}$

Умова міцності виконується.

3.3.4 Розрахунок гідравлічного циліндра стиснення

Гідравлічний циліндр створює необхідне зусилля для стиснення пакету пластин під робочим тиском гідросистеми.

Вихідні дані:

Необхідне зусилля $F = 240 \text{ кН}$

Тиск в гідросистемі $p = 10 \text{ МПа}$

Матеріал циліндра: сталь 40Х

Границя текучості $\sigma_t = 600 \text{ МПа}$

Допустиме напруження $[\sigma] = 240 \text{ МПа}$

Розрахунок діаметра поршня

Діаметр поршня визначається з умови створення необхідного зусилля:

$$D = \sqrt{(4F/(\pi \cdot p))} = \sqrt{(4 \cdot 240 \cdot 10^3 / (3,14 \cdot 10 \cdot 10^6))} = 0,175 \text{ м} \quad (3.35)$$

Приймаємо діаметр поршня $D = 180 \text{ мм}$.

Розрахунок товщини стінки циліндра

Товщина стінки гідравлічного циліндра визначається за формулою для товстостінних циліндрів:

$$\delta = D \cdot \sqrt{((p + [\sigma]) / (2[\sigma] - p))} \quad (3.36)$$

$$\delta = 0,18 \cdot \sqrt{((10 \cdot 10^6 + 240 \cdot 10^6) / (2 \cdot 240 \cdot 10^6 - 10 \cdot 10^6))} = 0,18 \cdot \sqrt{(250/470)} = 0,131 \text{ м}$$

Приймаємо товщину стінки циліндра $\delta = 15 \text{ мм}$ з урахуванням технологічних вимог виготовлення.

Перевірочний розрахунок на міцність

Максимальні напруження в стінці циліндра:

$$\sigma_{\max} = p \cdot (D + 2\delta)^2 / ((D + 2\delta)^2 - D^2) = 10 \cdot 10 \cdot (210)^2 / (210^2 - 180^2) = 158,7 \text{ МПа} \quad (3.37)$$

Умова міцності: $\sigma_{\max} \leq [\sigma] \quad 158,7 \text{ МПа} \leq 240 \text{ МПа}$

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						54
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Умова виконується з коефіцієнтом запасу $n = 240/158,7 = 1,51$.

Розрахунок штока гідроциліндра

Діаметр штока приймається з умови стійкості при стисненні та міцності при розтягуванні:

$$d_{шт} = 0,7 \cdot D = 0,7 \cdot 180 = 126 \text{ мм} \quad (3.38)$$

Приймаємо діаметр штока $d_{шт} = 130 \text{ мм}$.

Напруження в штоці при максимальному навантаженні:

$$\sigma_{шт} = F/A_{шт} = 240 \cdot 10^3 / (\pi \cdot 0,065^2) = 18,1 \text{ МПа} \quad (3.39)$$

Напруження значно менше допустимого, що підтверджує правильність вибору діаметра штока.

Таблиця 3.2 - Результати розрахунків на міцність відповідальних деталей

Найменування деталі	Розрахункове напруження, МПа	Допустиме напруження, МПа	Коефіцієнт запасу
Теплообмінна пластина	1,67	80	47,9
Стійка рами	38,5	120	3,1
Поперечна балка	40,8	120	2,9
Болт М12 (розтягування)	171	200	1,17
Болт М12 (зрізування)	118,6	120	1,01
Стінка гідроциліндра	158,7	240	1,51
Шток гідроциліндра	18,1	240	13,3

Аналіз результатів розрахунків показує, що всі відповідальні деталі пастеризатора мають достатню міцність для роботи під розрахунковими навантаженнями. Мінімальний коефіцієнт запасу становить 1,01 для болтового з'єднання на зрізування, що знаходиться на межі допустимого. Для підвищення надійності рекомендується збільшити кількість болтів до 24 штук або використовувати болти більшого діаметра М14.

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						55
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

3.4 Розробка технології виготовлення теплообмінної пластини

Розробка технологічного процесу виготовлення теплообмінної пластини пастеризатора включає аналіз вихідних даних, вибір заготовки, розробку маршрутної технології та розрахунок режимів обробки. Теплообмінна пластина є найбільш відповідальною деталлю, що визначає ефективність роботи пастеризатора.

3.4.1 Аналіз вихідних даних для проектування технологічного процесу

Опис конструктивних особливостей деталі

Теплообмінна пластина (креслення на аркуші 6 графічної частини проєкту) відноситься до деталей класу "пластини" підклас 50.1000. Основними конструктивними елементами є робоча поверхня з гофруванням, прокладкові канавки та отвори для з'єднання з сусідніми пластинами.

Технічні вимоги до деталі:

Розміри пластини: 1200×400×0,6 мм

Висота гофрування: 4±0,1 мм

Шорсткість робочих поверхонь: Ra = 0,8 мкм

Шорсткість прокладкових канавок: Ra = 1,6 мкм

Плоскопаралельність поверхонь: 0,05 мм

Герметичність прокладкових з'єднань при тиску 1,0 МПа

Матеріал пластини - нержавіюча сталь 12X18H10T ГОСТ 5632-72 з наступними властивостями:

Границя текучості $\sigma_t = 200$ МПа

Тимчасовий опір $\sigma_b = 520$ МПа

Твердість HB = 180...200

Корозійна стійкість в молочних середовищах

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						56
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

3.4.2 Визначення типу виробництва

Виходячи з річної програми випуску $N = 200$ штук пластин для модернізації існуючих пастеризаторів та маси деталі $m = 2,8$ кг визначаємо тип виробництва за формулою:

$$F_d = N \cdot t_{шт} \quad (3.40)$$

де $t_{шт} = 2,5$ год - штучний час виготовлення пластини.

$$F_d = 200 \cdot 2,5 = 500 \text{ нормо-год/рік}$$

За класифікацією типів виробництва при $F_d < 1000$ нормо-год/рік приймаємо дрібносерійний тип виробництва.

3.4.3 Вибір виду заготовки

Виходячи з конфігурації деталі, типу виробництва та вимог до якості поверхонь в якості заготовки вибираємо лист гарячекатаний з нержавіючої сталі 12X18H10T товщиною 0,8 мм за ГОСТ 5582-75.

Розрахунок розмірів заготовки

Розміри заготовки визначаються як сума номінальних розмірів деталі та припусків на механічну обробку:

Довжина заготовки:

$$L_{заг} = L_{дет} + 2 \cdot \Delta l = 1200 + 2 \cdot 5 = 1210 \text{ мм} \quad (3.41)$$

Ширина заготовки:

$$B_{заг} = B_{дет} + 2 \cdot \Delta b = 400 + 2 \cdot 3 = 406 \text{ мм} \quad (3.42)$$

Товщина заготовки:

$$\delta_{заг} = \delta_{дет} + \Delta \delta = 0,6 + 0,2 = 0,8 \text{ мм} \quad (3.43)$$

Розрахунок маси заготовки та коефіцієнта використання матеріалу

Маса заготовки:

$$m_{заг} = L_{заг} \cdot B_{заг} \cdot \delta_{заг} \cdot \rho_{ст} = 1,21 \cdot 0,406 \cdot 0,8 \cdot 10^{-3} \cdot 7900 = 3,1 \text{ кг} \quad (3.44)$$

де $\rho_{ст} = 7900 \text{ кг/м}^3$ - щільність нержавіючої сталі.

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$\eta_m = m_{дет} / m_{заг} = 2,8 / 3,1 = 0,90 \quad (3.45)$$

Високий коефіцієнт використання матеріалу свідчить про раціональний вибір заготовки.

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						57
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

3.4.4 Розробка маршрутної технології

Операція 005. Заготівельна

Обладнання: гільотинні ножиці НЗ121

Інструмент: ножі для різання листової сталі

Переходи: розкрій листа на заготовки розміром 1210×406 мм

Операція 010. Фрезерна

Обладнання: вертикально-фрезерний верстат 6Р13

Пристосування: спеціальна плита з притисками

Інструмент: фреза торцева Ø80 мм

Переходи: фрезерування периметра заготовки до розмірів 1200×400 мм

Операція 015. Штампувальна

Обладнання: гідравлічний прес П6330 зусиллям 1600 кН

Пристосування: штамп для гофрування пластин

Переходи: штампування гофрованої поверхні з висотою гофрів 4 мм

Операція 020. Фрезерна

Обладнання: вертикально-фрезерний верстат з ЧПК 6Р13Ф3

Інструмент: кінцева фреза Ø6 мм

Переходи: фрезерування прокладкових канавок глибиною 1,5 мм

Операція 025. Свердлильна

Обладнання: радіально-свердлильний верстат 2М55

Пристосування: кондуктор для свердління отворів

Інструмент: свердла спіральні Ø8 мм, Ø12 мм

Переходи: свердління технологічних отворів

Операція 030. Слюсарна

Обладнання: верстак слюсарний

Інструмент: напилки, шліфувальна шкурка

Переходи: зачищення заусенців, контроль розмірів

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						58
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Операція 035. Термічна

Обладнання: електрична піч СШО-4.10/12

Переходи: відпуск при температурі 650°C для зняття внутрішніх напружень

Операція 040. Контрольна

Обладнання: контрольна плита, вимірювальний інструмент

Переходи: контроль усіх розмірів, форми та шорсткості поверхонь

3.4.5 Розрахунки режимів механічної обробки**Операція 010. Перехід 1. Фрезерування периметра заготовки**

Вихідні дані:

Розміри оброблюваної поверхні: $L = 1210$ мм, $B = 406$ ммПрипуск на сторону: $h = 5$ ммМатеріал: сталь 12X18H10T, $\sigma_B = 520$ МПаФреза торцева T15K6, $D = 80$ мм, $z = 8$ зубцівВерстат 6P13, $N_{дв} = 7,5$ кВт

Глибина різання:

$$t = 5 \text{ мм} \quad (3.46)$$

Подача на зуб за таблицею для чистового фрезерування:

$$S_z = 0,08 \text{ мм/зуб} \quad (3.47)$$

Хвилинна подача:

$$S_m = S_z \cdot z \cdot n = 0,08 \cdot 8 \cdot n \text{ мм/хв} \quad (3.48)$$

Швидкість різання за емпіричною формулою:

$$V = C_v / (T_m \cdot t_x \cdot S_{zy} \cdot D_q \cdot z_p) \cdot K_v \quad (3.49)$$

де $C_v = 332$ - коефіцієнт для фрезерування нержавіючої сталі; $T = 60$ хв - стійкість інструменту; $m = 0,32$; $x = 0,4$; $y = 0,2$; $q = 0,25$; $p = 0,1$ - показники степені; $K_v = 0,75$ - поправочний коефіцієнт для нержавіючої сталі.

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						59
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

$$V = 332 / (60^{0,32} \cdot 5^{0,4} \cdot 0,08^{0,2} \cdot 80^{0,25} \cdot 8^{0,1}) \cdot 0,75 = 42,5 \text{ м/хв} \quad (3.50)$$

Частота обертання шпинделя:

$$n = 1000V / (\pi D) = 1000 \cdot 42,5 / (3,14 \cdot 80) = 169 \text{ хв}^{-1} \quad (3.51)$$

За паспортом верстата приймаємо $n = 160 \text{ хв}^{-1}$.

Фактична швидкість різання:

$$V_f = \pi D n / 1000 = 3,14 \cdot 80 \cdot 160 / 1000 = 40,2 \text{ м/хв} \quad (3.52)$$

Хвилинна подача:

$$S_m = 0,08 \cdot 8 \cdot 160 = 102 \text{ мм/хв} \quad (3.53)$$

За паспортом верстата приймаємо $S_m = 100 \text{ мм/хв}$.

Основний час обробки:

$$T_o = (L + l + l) / S_m = (1210 + 15 + 5) / 100 = 12,3 \text{ хв} \quad (3.54)$$

де $l = 15 \text{ мм}$ - врізання фрези; $l = 5 \text{ мм}$ - перебіг фрези.

Операція 020. Перехід 1. Фрезерування прокладкових канавок

Вихідні дані:

Довжина канавки: $l = 1150 \text{ мм}$

Ширина канавки: $b = 8 \text{ мм}$

Глибина канавки: $h = 1,5 \text{ мм}$

Фреза концева ВК8, $D = 6 \text{ мм}$, $z = 4$ зубці

Верстат 6Р13Ф3 з ЧПК

Глибина різання за прохід:

$$t = 0,5 \text{ мм (канавка фрезерується за 3 проходи)} \quad (3.55)$$

Подача на зуб:

$$S_z = 0,03 \text{ мм/зуб} \quad (3.56)$$

Швидкість різання для концевих фрез з твердосплавними пластинами:

$$V = 60 \text{ м/хв} \quad (3.57)$$

Частота обертання:

$$n = 1000V / (\pi D) = 1000 \cdot 60 / (3,14 \cdot 6) = 3183 \text{ хв}^{-1} \quad (3.58)$$

За паспортом верстата приймаємо $n = 3000 \text{ хв}^{-1}$.

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						60
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Хвилинна подача:

$$S_M = S_z \cdot z \cdot n = 0,03 \cdot 4 \cdot 3000 = 360 \text{ мм/хв} \quad (3.59)$$

Основний час фрезерування однієї канавки:

$$T_o = l \cdot i / S_M = 1150 \cdot 3 / 360 = 9,6 \text{ хв} \quad (3.60)$$

Загальний основний час фрезерування 4-х канавок:

$$T_o = 4 \cdot T_o = 4 \cdot 9,6 = 38,4 \text{ хв} \quad (3.61)$$

Операція 025. Свердління технологічних отворів

Вихідні дані:

Діаметр отворів: $d = 12 \text{ мм}$

Кількість отворів: $n = 8 \text{ шт}$

Свердло спіральне Р6М5, $D = 12 \text{ мм}$

Верстат 2М55

Подача за таблицею для свердління нержавіючої сталі:

$$S = 0,15 \text{ мм/об} \quad (3.62)$$

Швидкість різання:

$$V = C_v \cdot D_q \cdot K_v / (T_m \cdot S_y) \quad (3.63)$$

де $C_v = 15,6$; $q = 0,25$; $m = 0,125$; $y = 0,5$; $T = 25 \text{ хв}$; $K_v = 0,7$.

$$V = 15,6 \cdot 12^{0,25} \cdot 0,7 / (25^{0,125} \cdot 0,15^{0,5}) = 18,2 \text{ м/хв.} \quad (3.64)$$

$$\text{Частота обертання: } n = 1000V / (\pi D) = 1000 \cdot 18,2 / (3,14 \cdot 12) = 482 \text{ хв}^{-1} \quad (3.65)$$

За паспортом верстата приймаємо $n = 475 \text{ хв}^{-1}$.

Основний час свердління одного отвору:

$$T_o = (l + \Delta l) / (n \cdot S) = (0,8 + 3) / (475 \cdot 0,15) = 0,053 \text{ хв} \quad (3.66)$$

де $\Delta l = 3 \text{ мм}$ - врізання свердла.

Загальний основний час:

$$T_o = 8 \cdot 0,053 = 0,42 \text{ хв} \quad (3.67)$$

3.4.6 Технологічна документація

На основі розробленого технологічного процесу складається маршрутна карта виготовлення теплообмінної пластини з зазначенням операцій,

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						61
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

обладнання, пристосувань, інструменту та режимів обробки. Операційні карти деталізують кожен перехід з точним описанням технологічних дій та контрольованих параметрів.

Таблиця 3.3 - Зведена таблиця технологічних режимів

Операція	Інструмент	Швидкість різання, м/хв	Подача, мм/хв	Частота обертання, хв ⁻¹	Основний час, хв
010	Фреза торцева Ø80	40,2	100	160	12,3
020	Фреза концева Ø6	56,5	360	3000	38,4
025	Свердло Ø12	17,8	71,3	475	0,42

Розроблений технологічний процес забезпечує виготовлення теплообмінної пластини з необхідною точністю та якістю поверхонь при мінімальних витратах матеріалів та енергоресурсів. Застосування сучасного обладнання з ЧПК дозволяє автоматизувати складні операції фрезерування канавок та підвищити стабільність якості виготовлення.

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						62
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ

4.1. Аналіз стану охорони праці на підприємстві

Забезпечення безпечних і здорових умов праці на молокопереробному підприємстві ТОВ «МК Дніпро» здійснюється відповідно до комплексу нормативно-правових актів України з охорони праці, які встановлюють обов'язкові вимоги до організації робочих місць, експлуатації обладнання та створення безпечного виробничого середовища.

Основні законодавчі акти

Закон України «Про охорону праці» від 14.10.1992 р. № 2694-ХІІ встановлює основи правового регулювання і організації охорони праці в Україні, визначає гарантії реалізації права працівників на безпечні і здорові умови праці. Згідно з цим законом роботодавець зобов'язаний створити на робочих місцях умови праці відповідно до нормативно-правових актів, а також забезпечити дотримання вимог законодавства щодо права працівників на охорону праці.

Кодекс законів про працю України встановлює загальні принципи регулювання трудових відносин, включаючи питання охорони праці жінок, неповнолітніх, режиму робочого часу та відпочинку. Особливе значення має стаття 153, яка зобов'язує власника забезпечити безпечні і нешкідливі умови праці.

Закон України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності» від 23.09.1999 р. № 1105-ХІV регулює відносини у сфері соціального захисту працівників від професійних ризиків.

Галузеві нормативи з охорони праці

НПАОП 15.0-1.07-01 «Правила охорони праці в харчовій промисловості» встановлюють спеціальні вимоги безпеки для підприємств харчової галузі, включаючи молокопереробні підприємства.

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						63
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Ці правила регламентують вимоги до виробничих приміщень, технологічного обладнання, організації робочих місць та засобів індивідуального захисту.

НПАОП 0.00-1.28-10 «Правила охорони праці під час експлуатації електроустановок» встановлюють вимоги безпеки при роботі з електрообладнанням, що має особливе значення для молокопереробного виробництва з високим ступенем електрифікації та автоматизації.

НПАОП 0.00-1.15-07 «Правила охорони праці під час роботи на висоті» регламентують заходи безпеки при обслуговуванні високорозташованого обладнання, резервуарів та технологічних ліній.

Санітарно-гігієнічні нормативи

ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» встановлюють допустимі значення температури, відносної вологості та швидкості руху повітря у робочій зоні виробничих приміщень молокопереробних підприємств.

ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з джерелами електромагнітних полів» визначають гігієнічні вимоги до роботи з обладнанням, що створює електромагнітні поля, включаючи мікрохвильові установки та високочастотне обладнання.

ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку» встановлюють граничнодопустимі рівні звукового тиску на робочих місцях молокопереробного підприємства.

Нормативи з пожежної безпеки

НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні» визначають загальні вимоги пожежної безпеки для підприємств харчової промисловості, включаючи заходи попередження пожеж та забезпечення евакуації людей.

НАПБ В.01.005-2005 «Правила влаштування та експлуатації систем пожежогасіння з двоокисом вуглецю» встановлюють вимоги до систем

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						64
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

автоматичного пожежогасіння в приміщеннях з молокопереробним обладнанням.

ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» дозволяє класифікувати виробничі приміщення молокопереробного підприємства за ступенем пожежної небезпеки.

Внутрішні нормативні акти підприємства

На основі державних нормативно-правових актів ТОВ «МК Дніпро» розробляє та затверджує власні нормативні акти з охорони праці, що діють в межах підприємства. До основних внутрішніх документів відносяться:

Положення про систему управління охороною праці на підприємстві визначає організаційну структуру, функції та повноваження посадових осіб у сфері охорони праці, порядок планування та фінансування заходів з охорони праці.

Положення про службу охорони праці підприємства встановлює структуру, чисельність, функції та права служби охорони праці, порядок взаємодії з іншими підрозділами підприємства.

Інструкції з охорони праці для працівників за професіями та видами робіт розробляються для кожної професії та виду робіт, що виконуються на підприємстві. Інструкції містять конкретні вимоги безпеки з урахуванням специфіки робочих місць та технологічних процесів.

Положення про навчання, інструктажі та перевірку знань працівників з питань охорони праці регламентує систему підготовки кадрів з охорони праці, види інструктажів, періодичність навчання та перевірки знань.

Положення про забезпечення працівників засобами індивідуального захисту встановлює норми безкоштовної видачі спецодягу, спецвзуття та інших засобів індивідуального захисту залежно від характеру виконуваних робіт.

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						65
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Перелік робіт з підвищеною небезпекою містить види робіт на молокопереробному підприємстві, для виконання яких необхідне оформлення наряду-допуску або дозволу відповідальної особи.

Вимоги до ведення документації

Всі нормативні акти з охорони праці, що діють на підприємстві, підлягають обліку та реєстрації у спеціальному журналі. Інструкції з охорони праці переглядаються не рідше одного разу на 5 років, а для робіт з підвищеною небезпекою - не рідше одного разу на 3 роки.

Контроль за дотриманням вимог нормативно-правових актів з охорони праці здійснюється службою охорони праці підприємства, комісією з питань охорони праці та уповноваженими працівниками з охорони праці профспілкової організації.

Порушення вимог нормативно-правових актів з охорони праці тягне за собою дисциплінарну, адміністративну, матеріальну або кримінальну відповідальність відповідно до чинного законодавства України.

4.2 Забезпечення безпеки при роботі пастеризатора

При роботі модернізованого пластинчатого пастеризатора ППМ-7000 та супутнього обладнання молокопереробної лінії можливі появи різноманітних небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які потребують детального аналізу для розробки ефективних заходів захисту працівників.

Механічні небезпеки

Пластинчатий пастеризатор містить рухомі частини, які становлять підвищену небезпеку для обслуговуючого персоналу. Гідравлічний механізм стиснення пластин працює під тиском 10 МПа і може спричинити серйозні травми при порушенні цілісності гідросистеми або неправильному обслуговуванні.

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						66
<i>Зм..</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

Центробіжні насоси для подачі молока обертаються з частотою до 2900 об/хв і мають відкриті муфти, які при відсутності захисних огорож можуть захопити частини одягу або тіла працівника. Електродвигуни насосів також мають рухомі частини, що обертаються з високою швидкістю.

Автоматичні клапани регулювання потоку та тиску працюють під високим тиском до 0,6 МПа і можуть спричинити травмування при несправності ущільнень або раптовому спрацьовуванні. Трубопроводи високого тиску при розгерметизації створюють небезпеку травмування струменем рідини під тиском.

Термічні небезпеки

Пастеризація молока відбувається при температурі 76°C, що створює ризик термічних опіків при контакті з гарячими поверхнями пластин, трубопроводів та запірної арматури. Особливо небезпечними є місця з'єднань та фланці, де можливі витoki гарячого молока або пари.

Система подачі гарячої води працює при температурі 85°C і створює додаткові ризики опіків. Парогенератор для технологічних потреб виробляє насичену пару при температурі 100°C та тиску 0,6 МПа, що становить серйозну небезпеку при розгерметизації паропроводів.

Холодильна система з температурою льодяної води 2°C може спричинити обмороження при тривалому контакті з охолодженими поверхнями або розливі холодоносія на шкіру працівників.

Хімічні небезпеки

Система автоматичної мийки використовує каустичну соду концентрацією 1,5% при температурі 65-70°C, що може спричинити хімічні опіки шкіри та слизових оболонок при неправильному поводженні з мийними розчинами.

Дезінфекуючі засоби на основі хлорвмісних препаратів при потраплянні на шкіру або вдиханні парів можуть викликати подразнення дихальних шляхів та

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						67
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

алергічні реакції. Змішування різних хімічних засобів може призвести до утворення токсичних газів.

Аміак, що використовується в холодильних установках як холодоагент, є токсичною речовиною 4 класу небезпеки з граничнодопустимою концентрацією 20 мг/м³. При витоці аміаку створюється загроза отруєння працівників.

Електричні небезпеки

Електрообладнання пастеризатора працює від мережі напругою 380/220 В, що створює ризик ураження електричним струмом при доторканні до струмопровідних частин. Особливо небезпечними є пошкодження ізоляції кабелів, неправильне заземлення обладнання та робота в умовах підвищеної вологості.

Електродвигуни насосів, вентиляторів та іншого обладнання мають металеві корпуси, які при пошкодженні ізоляції можуть опинитися під напругою. Щити управління та розподільчі пристрої містять елементи під напругою, доступ до яких повинен бути обмежений.

Система автоматичного управління включає датчики, контролери та виконавчі механізми, що працюють від мережі 24 В та 220 В. Пошкодження проводки або неправильне підключення може створити небезпеку ураження струмом.

Небезпеки робочого середовища

Виробниче приміщення молокопереробної лінії характеризується підвищеною вологістю до 80% через технологічні процеси та проведення санітарної обробки обладнання. Вологі підлоги створюють ризик поскальзування та падіння працівників.

Рівень шуму від роботи насосів, компресорів та вентиляторів може досягати 85 дБА, що перевищує допустимі норми для постійних робочих місць. Тривалий вплив шуму призводить до зниження слуху та підвищеної втомлюваності.

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						68
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Недостатнє освітлення робочих місць при проведенні технічного обслуговування та ремонту обладнання збільшує ймовірність травмування та помилкових дій персоналу. Відблиски від мокрих поверхонь нержавіючої сталі можуть створювати засліплення.

Біологічні небезпеки

Молоко як сировина харчового виробництва може містити патогенні мікроорганізми, включаючи сальмонели, стафілококи та кишкову паличку. При порушенні санітарно-гігієнічних вимог створюється ризик інфікування працівників.

Застійні зони в трубопроводах та обладнанні при недостатній санітарній обробці стають місцем розмноження бактерій та утворення біоплівки, що може призвести до забруднення готової продукції та захворювання споживачів.

Неправильне зберігання та приготування мийно-дезінфікуючих розчинів може призвести до розвитку стійких штамів мікроорганізмів, що знижує ефективність санітарної обробки.

Психофізіологічні небезпеки

Робота оператора пастеризатора вимагає постійної уваги та швидкого реагування на зміни технологічних параметрів. Монотонність роботи та необхідність контролю великої кількості показників можуть призвести до втоми та зниження пильності.

Змінний режим роботи з нічними змінами порушує природні біоритми працівників та збільшує ймовірність помилок при управлінні обладнанням. Стресові ситуації при аваріях обладнання вимагають швидкого прийняття рішень в умовах обмеженого часу.

Підвищена відповідальність за якість продукції та безпеку процесів створює психологічне навантаження на працівників, що може призвести до професійного вигорання.

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						69
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Для систематизації інформації про небезпечні та шкідливі фактори складено таблицю 4.1, яка показує їх розподіл по технологічних операціях молокопереробної лінії.

Таблиця 4.1 - Аналіз небезпечних та шкідливих факторів на молокопереробному підприємстві

Небезпечні та шкідливі фактори	Приймання молока	Пастеризація	Охолодження	Розлив	Санітарна обробка
Механічні небезпеки	+	++	+	++	+
Термічні небезпеки	-	++	+	-	+
Хімічні небезпеки	-	+	-	-	++
Електричні небезпеки	+	++	+	+	+
Підвищена вологість	+	+	+	+	++
Шум та вібрація	+	++	++	+	+
Недостатнє освітлення	+	+	+	++	+
Біологічні небезпеки	++	-	+	+	+
Психофізіологічні навантаження	+	++	+	+	+

Примітка: "++" - високий ступінь небезпеки;
 "+" - помірний ступінь небезпеки;
 "-" - відсутність фактору небезпеки.

Аналіз показує, що найбільш небезпечними є операції пастеризації та розливу готової продукції, які характеризуються поєднанням декількох небезпечних факторів високого ступеня. Операція санітарної обробки створює специфічні хімічні небезпеки, пов'язані з використанням агресивних мийно-дезінфекуючих засобів.

4.3 Планування заходів з охорони праці

Ефективне планування заходів з охорони праці на молокопереробному підприємстві ТОВ «МК Дніпро» здійснюється відповідно до вимог міжнародного стандарту ISO 45001:2018 та передбачає системний підхід до управління професійними ризиками і забезпечення безпечних умов праці.

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						70
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Принципи планування заходів з охорони праці

Планування є безперервним процесом, що заздалегідь оцінює обставини, які змінюються, та постійно виявляє ризики щодо працівників і системи управління охороною праці на підприємстві. Інформація для планування включає відхилення від вимог нормативно-правових актів з охорони праці, аналіз причин виробничих травм і захворювань та інші ризики, які впливають на стан безпеки праці.

Планування заходів з охорони праці базується на результатах ідентифікації небезпек, оцінки ризиків, аналізу стану охорони праці на підприємстві та вимогах чинного законодавства. Основним принципом є превентивність - попередження виникнення небезпечних ситуацій, а не ліквідація їх наслідків.

Види планування заходів з охорони праці

Довгострокове планування на строк понад рік включає комплексні заходи щодо приведення виробничого обладнання у відповідність до вимог безпеки, реконструкцію виробничих приміщень, впровадження нових технологій та обладнання з покращеними характеристиками безпеки.

Поточне планування передбачає розробку щорічних планів роботи служби охорони праці, комплексних заходів з охорони праці, які включаються до колективного договору, та планів роботи комісії з питань охорони праці підприємства.

Оперативне планування включає квартальні та місячні плани роботи служби охорони праці, планування заходів щодо усунення порушень, виявлених при перевірках, та планування заходів після розслідування нещасних випадків і професійних захворювань.

Розробка комплексних заходів з охорони праці

На основі результатів атестації робочих місць, оцінки технічного стану обладнання та аналізу причин виробничих травм служба охорони праці розробляє комплексні заходи для досягнення встановлених нормативів та

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						71
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

підвищення рівня охорони праці. Проект комплексних заходів погоджується з фінансово-економічною службою та затверджується керівником підприємства.

Організаційні заходи з охорони праці

Комплексні заходи систематизуються за групами: організаційні, технічні, санітарно-гігієнічні та лікувально-профілактичні заходи. Кожен захід повинен містити конкретні завдання, терміни виконання, відповідальних виконавців, джерела фінансування та очікувані результати.

Таблиця 4.2 - Організаційні заходи з охорони праці

Найменування заходу	Термін виконання	Відповідальний виконавець	Джерело фінансування
Розробка та затвердження інструкцій з охорони праці для оператора пастеризатора	I квартал 2024 р.	Інженер з охорони праці	Поточні витрати
Проведення навчання персоналу з питань безпечної експлуатації модернізованого обладнання	II квартал 2024 р.	Начальник виробництва	Фонд охорони праці
Організація та проведення періодичних медичних оглядів працівників	Щорічно	Відділ кадрів	Поточні витрати
Атестація робочих місць за умовами праці	Один раз на 5 років	Служба охорони праці	Спеціальні кошти
Створення комісії з розслідування нещасних випадків	Постійно	Директор підприємства	-
Проведення днів охорони праці	Щомісячно	Інженер з охорони праці	Поточні витрати

Організаційні заходи спрямовані на створення ефективної системи управління охороною праці, підвищення кваліфікації персоналу та забезпечення

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						72
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

контролю за станом безпеки на робочих місцях. Особлива увага приділяється навчанню працівників безпечним методам роботи з новим модернізованим обладнанням.

Технічні заходи з охорони праці

Таблиця 4.3 - Технічні заходи з охорони праці

Найменування заходу	Термін виконання	Відповідальний виконавець	Орієнтовна вартість, тис. грн
Встановлення захисних огорож на рухомі частини насосів	ІІІ квартал 2024 р.	Головний механік	45
Модернізація системи аварійного зупинення пастеризатора	ІІ квартал 2024 р.	Головний енергетик	75
Встановлення додаткових датчиків тиску та температури	І квартал 2024 р.	Інженер КВПіА	120
Облаштування системи примусової вентиляції виробничого приміщення	ІV квартал 2024 р.	Головний енергетик	280
Встановлення системи автоматичного пожежогасіння	ІІІ квартал 2024 р.	Начальник виробництва	350
Модернізація освітлення робочих місць	ІІ квартал 2024 р.	Головний енергетик	95

Технічні заходи передбачають встановлення додаткових засобів безпеки, модернізацію існуючого обладнання та покращення умов праці у виробничих приміщеннях. Пріоритет надається заходам, які забезпечують безпеку роботи з модернізованим пластинчатим пастеризатором.

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						73
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Санітарно-гігієнічні заходи

Таблиця 4.4 - Санітарно-гігієнічні заходи з охорони праці

Найменування заходу	Термін виконання	Відповідальний виконавець	Очікуваний результат
Забезпечення працівників сучасними засобами індивідуального захисту	Постійно	Відділ постачання	Зниження професійних ризиків
Облаштування санітарно-побутових приміщень	ІІІ квартал 2024 р.	Заступник директора	Покращення санітарних умов
Встановлення пунктів для промивання очей та аварійного душу	ІІ квартал 2024 р.	Головний механік	Швидка допомога при опіках
Організація гарячого харчування працівників	І квартал 2024 р.	Директор підприємства	Покращення здоров'я персоналу
Проведення дератизації та дезінсекції приміщень	Щоквартально	Санітарна служба	Профілактика інфекційних захворювань
Контроль мікроклімату у виробничих приміщеннях	Постійно	Лабораторія	Дотримання санітарних норм

Лікувально-профілактичні заходи

Лікувально-профілактичні заходи включають організацію попередніх та періодичних медичних оглядів працівників, створення санаторно-курортних умов для відпочинку, забезпечення лікувально-профілактичним харчуванням працівників, зайнятих на роботах зі шкідливими умовами праці.

Особлива увага приділяється профілактиці професійних захворювань, пов'язаних з впливом шуму, вібрації, хімічних речовин та біологічних факторів.

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						74
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Організується диспансерне спостереження за працівниками групи ризику та проведення профілактичних щеплень.

Фінансування заходів з охорони праці

Фінансування заходів з охорони праці здійснюється за рахунок коштів підприємства в розмірі не менше 0,2% від суми реалізованої продукції, коштів Фонду соціального страхування від нещасних випадків на виробництві та бюджетних асигнувань на охорону праці.

Загальна сума витрат на заходи з охорони праці на 2024 рік складає 965 тисяч гривень, що становить 0,28% від річного обсягу реалізованої продукції підприємства. Розподіл коштів: технічні заходи - 65%, організаційні заходи - 20%, санітарно-гігієнічні заходи - 10%, лікувально-профілактичні заходи - 5%.

Контроль виконання заходів

Контроль виконання запланованих заходів здійснюється щомісячно службою охорони праці з наданням звітів керівництву підприємства. Результати виконання заходів аналізуються на засіданнях комісії з питань охорони праці та враховуються при плануванні заходів на наступний період.

Ефективність виконаних заходів оцінюється за показниками зниження кількості нещасних випадків, покращення умов праці на робочих місцях, зменшення професійної захворюваності та підвищення культури безпеки праці на підприємстві.

4.4 Інженерні розрахунки з охорони праці

4.4.1 Розрахунок захисного заземлення

Для забезпечення електробезпеки при експлуатації модернізованого пластинчатого пастеризатора ППМ-7000 та супутнього електрообладнання необхідно виконати розрахунок захисного заземлення відповідно до вимог ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ.

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						75
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Вихідні дані для розрахунку:

- Напруга електроустановки: $U = 380/220 \text{ В}$
- Потужність електроустановки: $P = 7,2 \text{ кВт}$
- Режим нейтралі: з глухозаземленою нейтраллю
- Тип ґрунту: суглинок
- Кліматична зона: III
- Допустимий опір заземлення: $R_d = 4 \text{ Ом}$

Визначення питомого опору ґрунту

За таблицею 4.2 для суглинку питомий опір становить $\rho = 100 \text{ Ом}\cdot\text{м}$.

Розрахунковий питомий опір ґрунту з урахуванням коефіцієнта сезонності:

$$\rho_{\text{розр.в}} = \rho \cdot \psi_v = 100 \cdot 1,5 = 150 \text{ Ом}\cdot\text{м} \quad (4.1)$$

$$\rho_{\text{розр.г}} = \rho \cdot \psi_g = 100 \cdot 4,0 = 400 \text{ Ом}\cdot\text{м} \quad (4.2)$$

де $\psi_v = 1,5$ - коефіцієнт сезонності для вертикальних електродів;

$\psi_g = 4,0$ - коефіцієнт сезонності для горизонтальних електродів.

Розрахунок опору одиночного вертикального електрода

Приймаємо сталю трубу діаметром $d = 0,05 \text{ м}$, довжиною $l_v = 3 \text{ м}$, заглибленою на глибину $h_v = 0,8 \text{ м}$.

Відстань від поверхні землі до середини електрода:

$$t = h_v + l_v/2 = 0,8 + 3/2 = 2,3 \text{ м} \quad (4.3)$$

Опір розтікання струму вертикального електрода:

$$R_v = (\rho_{\text{розр.в}}/2\pi l_v) \cdot [\ln(2l_v/d) + 0,5 \cdot \ln((4t+l_v)/(4t-l_v))] \quad (4.4)$$

$$R_v = (150/2\pi \cdot 3) \cdot [\ln(2 \cdot 3/0,05) + 0,5 \cdot \ln((4 \cdot 2,3+3)/(4 \cdot 2,3-3))] = 7,96 \cdot [\ln(120) + 0,5 \cdot \ln(12,2/6,2)] = 7,96 \cdot [4,79 + 0,5 \cdot 0,68] = 40,8 \text{ Ом}$$

Визначення необхідної кількості вертикальних електродів

Теоретична кількість електродів без урахування коефіцієнта використання:

$$n = R_v/R_d = 40,8/4 = 10,2 \approx 11 \text{ шт} \quad (4.5)$$

Для 11 електродів, розташованих по контуру при відношенні $L/l_v = 1$, коефіцієнт використання $\eta_v = 0,56$.

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						76
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Необхідна кількість електродів з урахуванням коефіцієнта використання:

$$n_b = n/\eta_b = 11/0,56 = 19,6 \approx 20 \text{ шт} \quad (4.6)$$

Розрахунок з'єднувальної смуги

Довжина з'єднувальної смуги при розташуванні електродів по контуру:

$$l_\Gamma = 1,05 \cdot n_b \cdot L = 1,05 \cdot 20 \cdot 3 = 63 \text{ м} \quad (4.7)$$

де $L = 3 \text{ м}$ - відстань між електродами.

Опір горизонтального електрода (смуги перетином $40 \times 4 \text{ мм}$):

$$R_\Gamma = (\rho_{\text{розр.}\Gamma} / 2\pi l_\Gamma) \cdot \ln(l_\Gamma^2 / h_\Gamma \cdot b_\Gamma) \quad (4.8)$$

де $h_\Gamma = 0,8 \text{ м}$ - глибина закладання смуги;

$b_\Gamma = 0,04 \text{ м}$ - ширина смуги.

$$R_\Gamma = (400 / 2\pi \cdot 63) \cdot \ln(63^2 / 0,8 \cdot 0,04) = 1,01 \cdot \ln(1240) = 1,01 \cdot 7,12 = 7,19 \text{ Ом}$$

Для 20 електродів коефіцієнт використання з'єднувальної смуги $\eta_\Gamma = 0,27$.

Опір з'єднувальної смуги з урахуванням коефіцієнта використання:

$$R_{\Gamma.д} = R_\Gamma / \eta_\Gamma = 7,19 / 0,27 = 26,6 \text{ Ом} \quad (4.9)$$

Результуючий опір заземлюючого пристрою

Загальний опір заземлення з урахуванням паралельного з'єднання вертикальних електродів та горизонтальної смуги:

$$\begin{aligned} R_{\text{заг}} &= (R_b \cdot R_{\Gamma.д}) / (\eta_b \cdot n_b \cdot R_{\Gamma.д} + R_b) = (40,8 \cdot 26,6) / (0,56 \cdot 20 \cdot 26,6 + 40,8) = \\ &= 1085 / (298,1 + 40,8) = 3,2 \text{ Ом} \end{aligned} \quad (4.10)$$

Отриманий опір заземлення $3,2 \text{ Ом}$ менше допустимого 4 Ом , що задовольняє вимогам ПУЕ.

4.4.2 Розрахунок штучного освітлення виробничої ділянки

Розрахунок освітлення виробничого приміщення з пластинчатим пастеризатором виконується методом коефіцієнта використання світлового потоку для забезпечення нормованої освітленості робочих місць.

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						77
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Вихідні дані:

- Розміри приміщення: довжина $a = 25$ м, ширина $b = 12$ м, висота $H = 6$ м
- Висота робочої поверхні $h_p = 0,8$ м
- Висота світильників над підлогою $h_c = 5$ м
- Нормована освітленість для роботи середньої точності: $E_n = 300$ лк
- Коефіцієнт запасу $k = 1,5$
- Коефіцієнт нерівномірності $z = 1,15$

Вибір системи освітлення та світильників

Приймаємо загальне рівномірне освітлення люмінесцентними лампами в світильниках типу ЛСП02 з лампами ЛБ 40 (світловий потік $\Phi_{\text{л}} = 3000$ лм, потужність 40 Вт).

Розрахункова висота підвісу світильників:

$$h_p = h_c - h_p = 5 - 0,8 = 4,2 \text{ м} \quad (4.11)$$

Визначення показника приміщення

Показник приміщення характеризує геометричні пропорції приміщення:

$$i = (a \cdot b) / [h_p \cdot (a + b)] = (25 \cdot 12) / [4,2 \cdot (25 + 12)] = 300 / (4,2 \cdot 37) = 1,93 \quad (4.12)$$

Визначення коефіцієнтів відбиття поверхонь

Для виробничого приміщення молокопереробного підприємства приймаємо:

- коефіцієнт відбиття стелі $\rho_c = 70\%$
- коефіцієнт відбиття стін $\rho_{\text{ст}} = 50\%$
- коефіцієнт відбиття підлоги $\rho_{\text{п}} = 30\%$

За таблицею коефіцієнтів використання для світильників ЛСП02 при $i = 1,93$ та прийнятих коефіцієнтах відбиття $\eta = 0,52$.

Розрахунок світлового потоку

Необхідний світловий потік однієї лампи:

$$\Phi_{\text{р.л}} = (E_n \cdot S \cdot k \cdot z) / (N \cdot \eta) = (300 \cdot 300 \cdot 1,5 \cdot 1,15) / (N \cdot 0,52) \quad (4.13)$$

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						78
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

де $S = a \cdot b = 25 \cdot 12 = 300 \text{ м}^2$ - площа приміщення;

N - кількість світильників.

Розміщення світильників

Відношення відстані між світильниками до розрахункової висоти не повинно перевищувати $\lambda = 1,4$ для люмінесцентних ламп.

Максимальна відстань між світильниками:

$$L_{\max} = \lambda \cdot h_p = 1,4 \cdot 4,2 = 5,9 \text{ м} \quad (4.14)$$

Кількість рядів світильників уздовж довжини приміщення:

$$n_a = a/L_{\max} = 25/5,9 = 4,2 \approx 5 \text{ рядів} \quad (4.15)$$

Кількість рядів світильників уздовж ширини приміщення:

$$n_b = b/L_{\max} = 12/5,9 = 2,0 \approx 2 \text{ ряди} \quad (4.16)$$

Загальна кількість світильників:

$$N = n_a \cdot n_b = 5 \cdot 2 = 10 \text{ шт} \quad (4.17)$$

Перевірочний розрахунок

Необхідний світловий потік однієї лампи:

$$F_{p.l} = (300 \cdot 300 \cdot 1,5 \cdot 1,15) / (10 \cdot 0,52) = 155250 / 5,2 = 29855 \text{ лм} \quad (4.18)$$

Кількість ламп в одному світильнику для забезпечення необхідного світлового потоку:

$$n_l = F_{p.l} / F_l = 29855 / 3000 = 9,95 \approx 10 \text{ ламп} \quad (4.19)$$

Приймаємо світильники з 4 лампами ЛБ 40, тоді необхідна кількість світильників:

$$N = 10 \cdot 10 / 4 = 25 \text{ шт} \quad (4.20)$$

Розміщуємо світильники у 5 рядів по 5 штук у кожному ряді.

Фактична освітленість

Фактична освітленість на робочій поверхні:

$$E_f = (N \cdot n_l \cdot F_l \cdot \eta) / (S \cdot k \cdot z) = (25 \cdot 4 \cdot 3000 \cdot 0,52) / (300 \cdot 1,5 \cdot 1,15) = 156000 / 517,5 = 301 \text{ лк} \quad (4.21)$$

Отримана освітленість 301 лк відповідає нормованому значенню 300 лк.

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						79
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Встановлена потужність освітлення

Загальна встановлена потужність освітлення:

$$P_{уст} = N \cdot n_{л} \cdot P_{л} = 25 \cdot 4 \cdot 40 = 4000 \text{ Вт} = 4 \text{ кВт} \quad (4.22)$$

Питома потужність освітлення:

$$P_{пит} = P_{уст}/S = 4000/300 = 13,3 \text{ Вт/м}^2 \quad (4.23)$$

4.4.3 Розрахунок механічної системи вентиляції

Розрахунок вентиляції виробничого приміщення з пластинчатим пастеризатором виконується для забезпечення нормативних параметрів мікроклімату та видалення надлишків тепла і вологи.

Вихідні дані:

- Об'єм приміщення $V = 1800 \text{ м}^3$
- Кількість працюючих в найчисленнішу зміну $N = 4 \text{ чол.}$
- Надлишкові тепловиділення $Q = 25 \text{ кВт}$
- Температура внутрішнього повітря $t_{вн} = 18^\circ\text{C}$
- Температура зовнішнього повітря $t_{зовн} = -10^\circ\text{C}$ (розрахункова зимова)
- Щільність повітря $\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$

Розрахунок повітрообміну за санітарною нормою

Об'єм приміщення на одного працюючого:

$$V_{люд} = V/N = 1800/4 = 450 \text{ м}^3/\text{люд} \quad (4.24)$$

Оскільки об'єм на одного працюючого перевищує 40 м^3 , мінімальний повітрообмін:

$$L_1 = N \cdot 20 = 4 \cdot 20 = 80 \text{ м}^3/\text{год} \quad (4.25)$$

Розрахунок повітрообміну для асиміляції надлишків тепла

Необхідний повітрообмін для видалення надлишкового тепла:

$$\begin{aligned} L_2 &= Q / (0,36 \cdot \rho \cdot (t_{вн} - t_{зовн})) = 25 / (0,36 \cdot 1,2 \cdot (18 - (-10))) = \\ &= 25 / (0,36 \cdot 1,2 \cdot 28) = 2065 \text{ м}^3/\text{год} \end{aligned} \quad (4.26)$$

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						80
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Розрахунок повітрообміну за кратністю

Для приміщень харчової промисловості рекомендована кратність повітрообміну $k = 3$.

$$L_3 = k \cdot V = 3 \cdot 1800 = 5400 \text{ м}^3/\text{год} \quad (4.27)$$

Вибір розрахункового повітрообміну

Приймаємо найбільше значення: $L = 5400 \text{ м}^3/\text{год}$.

Розрахунок повітропроводів

Швидкість руху повітря в магістральних повітропроводах приймаємо $v = 8 \text{ м/с}$.

Площа поперечного перерізу повітропроводу:

$$F = L / (3600 \cdot v) = 5400 / (3600 \cdot 8) = 0,1875 \text{ м}^2 \quad (4.28)$$

Діаметр круглого повітропроводу:

$$d = \sqrt{(4F/\pi)} = \sqrt{(4 \cdot 0,1875/3,14)} = 0,488 \text{ м} \quad (4.29)$$

Приймаємо стандартний діаметр $d = 500 \text{ мм}$.

Розрахунок втрат тиску

Втрати тиску на тертя в прямому повітропроводі довжиною $l = 20 \text{ м}$:

$$\Delta p_{\text{тр}} = \lambda \cdot (l/d) \cdot (\rho v^2/2) = 0,02 \cdot (20/0,5) \cdot (1,2 \cdot 8^2/2) = 0,02 \cdot 40 \cdot 38,4 = 30,7 \text{ Па} \quad (4.30)$$

Втрати тиску на місцеві опори:

$$\Delta p_{\text{м}} = \Sigma \zeta \cdot (\rho v^2/2) = 2,5 \cdot (1,2 \cdot 8^2/2) = 2,5 \cdot 38,4 = 96 \text{ Па} \quad (4.31)$$

де $\Sigma \zeta = 2,5$ - сума коефіцієнтів місцевих опорів.

Загальні втрати тиску:

$$\Delta p_{\text{заг}} = \Delta p_{\text{тр}} + \Delta p_{\text{м}} = 30,7 + 96 = 126,7 \text{ Па} \quad (4.32)$$

Вибір вентилятора

За розрахунковими параметрами $L = 5400 \text{ м}^3/\text{год}$ та $\Delta p = 127 \text{ Па}$ вибираємо вентилятор Ц4-70 №5 з наступними характеристиками:

- Подача: $5400 \text{ м}^3/\text{год}$
- Повний тиск: 150 Па
- ККД: $\eta = 0,65$
- Частота обертання: $n = 1450 \text{ об/хв}$

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						81
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Розрахунок потужності електродвигуна

Потужність на валу вентилятора:

$$N_v = (L \cdot \Delta p) / (3600 \cdot \eta) = (5400 \cdot 150) / (3600 \cdot 0,65) = 346 \text{ Вт} \quad (4.33)$$

Потужність електродвигуна з урахуванням коефіцієнта запасу $k_z = 1,15$:

$$N_{дв} = N_v \cdot k_z / \eta_{дв} = 346 \cdot 1,15 / 0,85 = 468 \text{ Вт} \quad (4.34)$$

Приймаємо електродвигун потужністю 0,75 кВт.

Результати розрахунків інженерних систем охорони праці показують, що запроєктовані заземлення, освітлення та вентиляція відповідають нормативним вимогам та забезпечують безпечні умови праці при експлуатації модернізованого пластинчатого пастеризатора на молокопереробному підприємстві.

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						82
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

5. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ

5.1 Оцінка рівня технічного удосконалення машини

Економічне обґрунтування проєкту проводиться на основі оцінки технічного удосконалення модернізованого пластинчатого пастеризатора ППМ-7000. Оцінку здійснюємо в два етапи: експертний та розрахунковий.

Експертний етап економічної оцінки модернізованої машини

Даний етап передбачає порівняння значень основних показників технічного рівня модернізованого пластинчатого пастеризатора з вибраним аналогом. Як аналог, обираємо найбільш близький за технічними характеристиками та конструкцією пластинчатий пастеризатор марки ППМ-5000.

Вибираємо основні показники технічного рівня розробленого пластинчатого пастеризатора та аналога ППМ-5000 і зводимо їх у таблицю 5.1.

Таблиця 5.1 - Основні показники пластинчатого пастеризатора

Показник	Значення показника	
	Модернізований пастеризатор	Аналог ППМ-5000
1. Продуктивність, кг/год	7000	5000
2. Встановлена потужність, кВт	22,5	28,0
3. Займана площа, м²	12,0	15,5
4. Маса, кг	3850	4200
5. Кількість пластин, шт	185	165

Розрахунковий етап економічної оцінки

Оцінку технічного рівня модернізованого пластинчатого пастеризатора проводимо за сукупністю оціночних показників.

Відносний показник продуктивності визначаємо за формулою:

$$K_Q = Q_p / Q_a \quad (5.1)$$

де Q_p і Q_a - відповідно продуктивність розробленої машини та аналога.

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						83
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

$$K_Q = 7000 / 5000 = 1,40$$

Умова $K_Q \geq 1,25$ виконана.

Відносний показник енергоспоживання:

$$K_N = N_p / N_a \quad (5.2)$$

де N_p , N_a - відповідно встановлена потужність розробленої машини та аналога.

$$K_N = 22,5 / 28,0 = 0,80$$

Умова $K_N \leq 0,85$ виконана.

Відносний показник матеріалоемності:

$$K_M = M_p / M_a \quad (5.3)$$

де M_p , M_a - відповідно маса розробленої машини та аналога.

$$K_M = 3850 / 4200 = 0,92$$

Умова $K_M \leq 0,85$ не виконана.

Відносний показник енергоемності:

$$K_E = 1 / (K_N \cdot K_M) \quad (5.4)$$

$$K_E = 1 / (0,80 \cdot 0,92) = 1,36$$

Умова $K_E \geq 1,25$ виконана.

Інтегральний показник визначаємо за формулою:

$$K_U = K_Q \cdot K_E \quad (5.5)$$

$$K_U = 1,40 \cdot 1,36 = 1,90$$

Умова $K_U \geq 1,50$ виконана.

Визначаємо коефіцієнт технічного удосконалення:

$$K_{TY} = (K_Q + K_N + K_M + K_E + K_U) / 5 \quad (5.6)$$

$$K_{TY} = (1,40 + 0,80 + 0,92 + 1,36 + 1,90) / 5 = 1,28$$

Оскільки $K_{TY} \geq 1,00$, модернізований пластинчатий пастеризатор відповідає кращим зразкам-аналогам, є перспективним та економічно вигідним.

Розрахункові показники модернізованої машини зводимо у таблицю 5.2.

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						84
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Таблиця 5.2 - Розрахункові показники модернізованого пластинчатого пастеризатора

Показники	Розрахункова формула	Умова	Значення
Відносний показник продуктивності	$K_Q = Q_p / Q_a$	$K_Q \geq 1,25$	1,40
Відносний показник енергоспоживання	$K_N = N_p / N_a$	$K_N \leq 0,85$	0,80
Відносний показник матеріалоємності	$K_M = M_p / M_a$	$K_M \leq 0,85$	0,92
Відносний показник енергоємності	$K_E = 1/(K_N \cdot K_M)$	$K_E \geq 1,25$	1,36
Інтегральний показник	$K_U = K_Q \cdot K_E$	$K_U \geq 1,5$	1,90
Коефіцієнт технічного удосконалення	$K_{TY} = (K_Q + K_N + K_M + K_E + K_U)/5$	$K_{TY} \geq 1,00$	1,28

5.2 Економічна ефективність використання вдосконаленого обладнання

Визначаємо економію електроенергії за формулою:

$$E_e = (N_p - N_v) \cdot T \cdot n \cdot D_p \cdot B_{кВт} \quad (5.7)$$

де N_p , N_v - відповідно потужність на привід аналога та вдосконаленої машини;

T - час роботи машини в зміну, год: $T = 8$

n - кількість змін: $n = 2$

D_p - кількість робочих днів в рік: $D_p = 250$

$B_{кВт}$ - вартість одного кВт·год, для підприємств орієнтовно приймаємо 6,5 грн.

$$E_e = (28,0 - 22,5) \cdot 8 \cdot 2 \cdot 250 \cdot 6,5 = 5,5 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 250 \cdot 6,5 = 143\,000 \text{ грн}$$

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						85
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Енергоємність $E_{\text{пит}}$, кВт·год/кг, визначаємо з виразу:

$$E_{\text{пит}} = \Sigma E / G \quad (5.8)$$

де ΣE – споживана електроенергія, кВт·год.

При цьому споживана енергія ΣE , кВт·год, визначається з виразу:

$$\Sigma E = E_{\text{см}} \cdot D_p \cdot n \quad (5.9)$$

де $E_{\text{см}}$ - електроенергія, споживана при виробництві продукції за добу, кВт·год;

G - об'єм переробленої продукції за рік, кг.

Для аналога:

$$G = 5000 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 250 = 20\,000\,000 \text{ кг} = 20\,000 \text{ т}$$

Для модернізованої машини:

$$G = 7000 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 250 = 28\,000\,000 \text{ кг} = 28\,000 \text{ т}$$

Тоді для аналога:

$$\Sigma E = 28,0 \cdot 8 \cdot 250 \cdot 2 = 112\,000 \text{ кВт·год}$$

Для модернізованої машини:

$$\Sigma E = 22,5 \cdot 8 \cdot 250 \cdot 2 = 90\,000 \text{ кВт·год}$$

Відповідно, енергоємність переробки для аналога:

$$E_{\text{пит.ан}} = 112\,000 / 20\,000 = 5,6 \text{ кВт·год/т}$$

і модернізованої машини:

$$E_{\text{пит.мод}} = 90\,000 / 28\,000 = 3,21 \text{ кВт·год/т}$$

Показник трудомісткості переробки продукції $T_{\text{пит}}$, люд·год/т, визначається за формулою:

$$T_{\text{пит}} = \Sigma T_{\text{п}} / G \quad (5.10)$$

де $\Sigma T_{\text{п}}$ - витрати праці, люд·год.

Витрати праці $\Sigma T_{\text{п}}$, люд·год, визначаються:

$$\Sigma T_{\text{п}} = n_{\text{роб}} \cdot T \cdot D_p \quad (5.11)$$

де $n_{\text{роб}}$ - кількість робітників, люд.

Для аналога: $\Sigma T_{\text{п}} = 2 \cdot 8 \cdot 250 = 4\,000 \text{ люд·год}$

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						86
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

$$T_{\text{пит.ан}} = 4\,000 / 20\,000 = 0,20 \text{ люд} \cdot \text{год} / \text{т}$$

Для модернізованої машини: $\Sigma T_{\text{п}} = 2 \cdot 8 \cdot 250 = 4\,000 \text{ люд} \cdot \text{год}$

$$T_{\text{пит.мод}} = 4\,000 / 28\,000 = 0,143 \text{ люд} \cdot \text{год} / \text{т}$$

Економія заробітної плати складає:

$$E_{\text{зрп}} = (T_{\text{пит.ан}} - T_{\text{пит.мод}}) \cdot G \cdot C_{\text{год}} \quad (5.12)$$

де $C_{\text{год}}$ - годинна ставка робочих, грн: $C_{\text{год}} = 120$

$$E_{\text{зрп}} = (0,20 - 0,143) \cdot 28\,000 \cdot 120 = 0,057 \cdot 28\,000 \cdot 120 = 191\,520 \text{ грн}$$

Загальна річна економія від модернізації складає:

$$E_{\text{річ}} = 143\,000 + 191\,520 = 334\,520 \text{ грн}$$

Визначення витрат на виготовлення вдосконаленого вузла:

$$C_{\text{м}} = C_{\text{к}} + C_{\text{дм}} + C_{\text{пд}} + C_{\text{сб}} + C_{\text{цн}} \quad (5.13)$$

де $C_{\text{к}}$ - вартість виготовлення корпусних деталей, грн;

$C_{\text{дм}}$ - витрати на виготовлення деталей на металообробних станках,
грн;

$C_{\text{пд}}$ - ціна куплених деталей за прейскурантом, грн;

$C_{\text{сб}}$ - заробітна плата виробничих робітників зі збирання вузла, грн;

$C_{\text{цн}}$ - цехові накладні на виготовлення вузла, грн.

Вартість виготовлення корпусних деталей:

$$C_{\text{к}} = Q_{\text{к}} \cdot C_{\text{ед}} \quad (5.14)$$

де $Q_{\text{к}}$ - маса заготовок для виготовлення: 25 кг;

$C_{\text{ед}}$ – середня вартість 1 кг готових деталей: 250 грн.

$$C_{\text{к}} = 25 \cdot 250 = 6\,250 \text{ грн}$$

Витрати на виготовлення деталей на металообробних станках:

$$C_{\text{дм}} = C_{\text{при}} + C_{\text{м}} \quad (5.15)$$

де $C_{\text{при}}$ - заробітна плата виробничих працівників, зайнятих на виробництві деталей, грн;

$C_{\text{м}}$ - вартість матеріалу заготовки для виготовлення деталей, грн.

$$C_{\text{при}} = C_{\text{осн}} + C_{\text{доп}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{Ч}} + C_{\text{прем}} \quad (5.16)$$

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						87
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

де $C_{\text{осн}}$ - основна зарплата робочих, грн;

$C_{\text{доп}}$ - додаткова заробітна плата працівників, грн;

$C_{\text{соц}}$ - відрахування на соціальне страхування, грн;

$C_{\text{Ч}}$ - відрахування до фонду постраждалих від аварії на ЧАЕС, грн;

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

$$C_{\text{осн}} = t_1 \cdot C_{\text{год}} \cdot K_t \quad (5.17)$$

де t_1 - середня трудомісткість на виготовлення деталей на металообробних станках, люд·год:

$t_1 = 15 K_t$ - коефіцієнт, який враховує доплати до основної зарплати:

$$K_t = 1,5$$

$C_{\text{год}}$ - годинна ставка робочих, грн: $C_{\text{год}} = 120$

$$C_{\text{осн}} = 15 \cdot 120 \cdot 1,5 = 2\,700 \text{ грн}$$

$$C_{\text{доп}} = 15 \cdot C_{\text{осн}} / 100 = 15 \cdot 2\,700 / 100 = 405 \text{ грн} \quad (5.18)$$

$$C_{\text{соц}} = 30 \cdot C_{\text{осн}} / 100 = 30 \cdot 2\,700 / 100 = 810 \text{ грн} \quad (5.19)$$

$$C_{\text{Ч}} = 12 \cdot C_{\text{осн}} / 100 = 12 \cdot 2\,700 / 100 = 324 \text{ грн} \quad (5.20)$$

$$C_{\text{прем}} = 30 \cdot C_{\text{осн}} / 100 = 30 \cdot 2\,700 / 100 = 810 \text{ грн} \quad (5.21)$$

Тоді:

$$C_{\text{при}} = 2\,700 + 405 + 810 + 324 + 810 = 5\,049 \text{ грн}$$

$$C_{\text{м}} = Q_3 \cdot C_1 \quad (5.22)$$

де C_1 - ціна 1 кг заготівлі, приймаємо

$$C_1 = 150,00 \text{ грн}; Q_3 - \text{маса заготівки: } Q_3 = 8,5 \text{ кг.}$$

$$C_{\text{м}} = 150 \cdot 8,5 = 1\,275 \text{ грн}$$

Тоді:

$$C_{\text{дм}} = 5\,049 + 1\,275 = 6\,324 \text{ грн}$$

Ціна куплених деталей складає $C_{\text{пд}} = 15\,500$ грн, оскільки вдосконалення вузла потребує закупівлі стандартних деталей (насоси, арматура, датчики).

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						88
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

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

Таким чином, основна зарплата при витратах праці на збирання конструкції $T_{сб} = 12$ люд·год і тарифній ставці $C_{год} = 120$ грн буде дорівнювати:

$$C_{осн} = 12 \cdot 120 \cdot 1,5 = 2\,160 \text{ грн}$$

$$C_{доп} = 15 \cdot 2\,160 / 100 = 324 \text{ грн} \quad C_{соц} = 30 \cdot 2\,160 / 100 = 648 \text{ грн} \quad C_{Ч} = 12 \cdot 2\,160 / 100 = 259 \text{ грн} \quad C_{прем} = 30 \cdot 2\,160 / 100 = 648 \text{ грн}$$

Тоді:

$$C_{сб} = 2\,160 + 324 + 648 + 259 + 648 = 4\,039 \text{ грн}$$

Цехові накладні витрати на виготовлення вузла визначаються за формулою:

$$C_{цн} = C_{пр} \cdot R_{цн} / 100 \quad (5.23)$$

де $C_{пр}$ - основна зарплата виробничих робочих, що беруть участь у виготовленні конструкцій, грн;

$R_{цн}$ - відсоток цехових накладних витрат: $R_{цн} = 250\%$.

$$C_{пр} = 5\,049 + 4\,039 = 9\,088 \text{ грн}$$

$$C_{цн} = 9\,088 \cdot 250 / 100 = 22\,720 \text{ грн}$$

Відповідно, вартість модернізації машини буде дорівнювати:

$$C_{м} = 6\,250 + 6\,324 + 15\,500 + 4\,039 + 22\,720 = 54\,833 \text{ грн}$$

Термін окупності вкладень на вдосконалення визначаємо за формулою:

$$T_{рік} = C_{м} / E_{рік} \quad (5.24)$$

$$T_{рік} = 54\,833 / 334\,520 \approx 0,16 \text{ року} \approx 2 \text{ місяці}$$

Результати розрахунків зводимо до таблиці 5.3.

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						89
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Таблиця 5.3 - Економічна оцінка ефективності вдосконаленого пластинчатого пастеризатора

Показники	Значення	
	Модернізована машина	Аналог
Річний об'єм виробництва, т	28 000	20 000
Трудомісткість виробництва, люд·год/т	0,143	0,20
Енергоємність виробництва, кВт·год/т	3,21	5,6
Витрати на вдосконалення, грн	54 833	-
Прибуток від вдосконалення, грн/рік	334 520	-
Термін окупності вкладень на вдосконалення, років	0,16	-

Висновки по економічному обґрунтуванню:

1. Коефіцієнт технічного удосконалення $K_{TY} = 1,28 > 1,00$, що свідчить про техніко-економічну доцільність модернізації пластинчатого пастеризатора.

2. Модернізований пастеризатор забезпечує збільшення продуктивності на 40% при зниженні енергоспоживання на 20% порівняно з аналогом.

3. Річна економія від впровадження модернізованого обладнання складає 334 520 грн, що включає економію електроенергії (143 000 грн) та заробітної плати (191 520 грн).

4. Термін окупності капітальних вкладень становить 0,16 року (2 місяці), що є дуже привабливим показником для промислових інвестицій.

5. Економічна ефективність проєкту підтверджує доцільність впровадження модернізованого пластинчатого пастеризатора на молокопереробних підприємствах.

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						90
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

ВИСНОВКИ

Проведений аналіз існуючих конструкцій пастеризаційного обладнання показав, що пластинчаті пастеризатори є найбільш перспективним типом теплообмінних апаратів для харчової промисловості завдяки високій ефективності теплопередачі, компактності та зручності обслуговування. Виявлено основні недоліки існуючих конструкцій, які полягають у нерівномірності розподілу потоків по каналах, недостатній герметичності з'єднань та складності автоматизації процесу управління.

Пластинчатий пастеризатор встановлений на підприємстві одним з недоліків має пригорання молока на пластинах пастеризатора при його нагріві в процесі пастеризації. Тому в дипломному проєкті було запропоновано впровадити двоступеневу систему підігріву молока: попередню у ванні та основну у самому пастеризаторі.

Розроблена модернізована конструкція пластинчатого пастеризатора включає удосконалену систему розподілу потоків з направляючими елементами, покращену конструкцію ущільнювальних прокладок та інтегровану систему автоматичного управління. Запропоновані технічні рішення забезпечують підвищення продуктивності обладнання до 7000 кг/год при одночасному зниженні енергоспоживання на 20% порівняно з базовою моделлю.

Виконані технологічні розрахунки підтвердили працездатність модернізованої конструкції. Розрахунок теплового балансу показав, що для забезпечення пастеризації молока при температурі 76°C необхідна теплова потужність 145,6 кВт. Гідравлічний розрахунок визначив оптимальні швидкості руху продукту в каналах пластин, які забезпечують турбулентний режим течії та високі коефіцієнти тепловіддачі. Конструктивний розрахунок обґрунтував вибір кількості пластин, їх геометричних розмірів та параметрів гідравлічної системи стиснення.

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						91
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

Розроблена система автоматичного управління базується на програмованому логічному контролері SIMATIC S7-1500 і забезпечує автоматичне регулювання температурних режимів, контроль якості пастеризації та безпечну експлуатацію обладнання. Система включає комплекс датчиків температури, тиску та витрати, які забезпечують точний моніторинг технологічних параметрів та можливість оперативного втручання в процес при відхиленнях від заданих значень.

Комплексний аналіз питань охорони праці виявив основні небезпечні та шкідливі фактори при експлуатації пастеризаційного обладнання та розроблено систему заходів щодо забезпечення безпечних умов праці. Виконані інженерні розрахунки систем заземлення, освітлення та вентиляції підтвердили відповідність проєктних рішень вимогам нормативних документів з охорони праці.

Економічне обґрунтування проєкту показало високу ефективність запропонованих технічних рішень. Коефіцієнт технічного удосконалення становить 1,28, що свідчить про перевищення показників модернізованого обладнання над існуючими аналогами. Річна економія від впровадження модернізованого пастеризатора складає 334,5 тисячі гривень, а термін окупності капітальних вкладень становить лише 2 місяці.

Результати дослідження підтверджують техніко-економічну доцільність впровадження розробленої конструкції модернізованого пластинчатого пастеризатора на молокопереробних підприємствах. Запропоновані технічні рішення можуть бути використані як при модернізації існуючого обладнання, так і при проєктуванні нових пастеризаційних установок для харчової промисловості.

Подальший розвиток даного напрямку може включати дослідження можливостей застосування нових матеріалів для виготовлення пластин, удосконалення систем очищення та дезінфекції, а також розробку більш досконалих алгоритмів автоматичного управління з використанням технологій штучного інтелекту та машинного навчання.

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						92
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Закон України "Про охорону праці" № 2694-ХІІ від 14.10.1992 р. (зі змінами).
2. НПАОП 15.0-1.07-01. Правила охорони праці в харчовій промисловості. - К.: Держнаглядохоронпраці, 2001. - 156 с.
3. Бредихін С.А. Технологічне обладнання молокопереробних підприємств / С.А. Бредихін. - М.: Колос, 2019. - 408 с.
4. Васи́син І.А. Сепарування молока: теорія і практика / І.А. Васи́син, О.М. Петренко. - К.: Аграрна освіта, 2020. - 285 с.
5. ГОСТ 3626-73. Молоко і молочні продукти. Методи визначення вологи і сухої речовини. - М.: Стандартиформ, 2009. - 12 с.
6. ДСТУ 2661-94. Молоко коров'яче незбиране. Вимоги при закупівлях. - К.: Держстандарт України, 1994. - 8 с.
7. Крусъ Г.Н. Технологія молока та молочних продуктів / Г.Н. Крусъ, А.Г. Храмцов, З.В. Волокітіна. - М.: КолосС, 2018. - 455 с.
8. Липатов Н.Н. Молочне сепарування / Н.Н. Липатов, В.А. Марьін. - М.: Пищевая промышленность, 2019. - 240 с.
9. Мачихін Ю.А. Інженерія харчових виробництв / Ю.А. Мачихін, М.В. Лазарєв. - М.: Легка і харчова промисловість, 2021. - 512 с.
10. Остапчук М.В. Математичне моделювання на ЕОМ процесів харчових виробництв / М.В. Остапчук. - К.: Вища школа, 2017. - 208 с.
11. Патент UA № 125789. Сепаратор молока з покращеним приводом / О.І. Петренко, В.А. Сидоренко. - Опубл. 15.12.2022, Бюл. № 50.
12. Розрахунок і конструювання машин і апаратів харчових виробництв / За ред. А.Я. Соколова. - М.: Машинобудування, 2020. - 447 с.
13. Довідник по переробці молока / Під ред. Г.В. Твердохліба. - М.: Машинобудування, 2019. - 624 с.

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						93
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

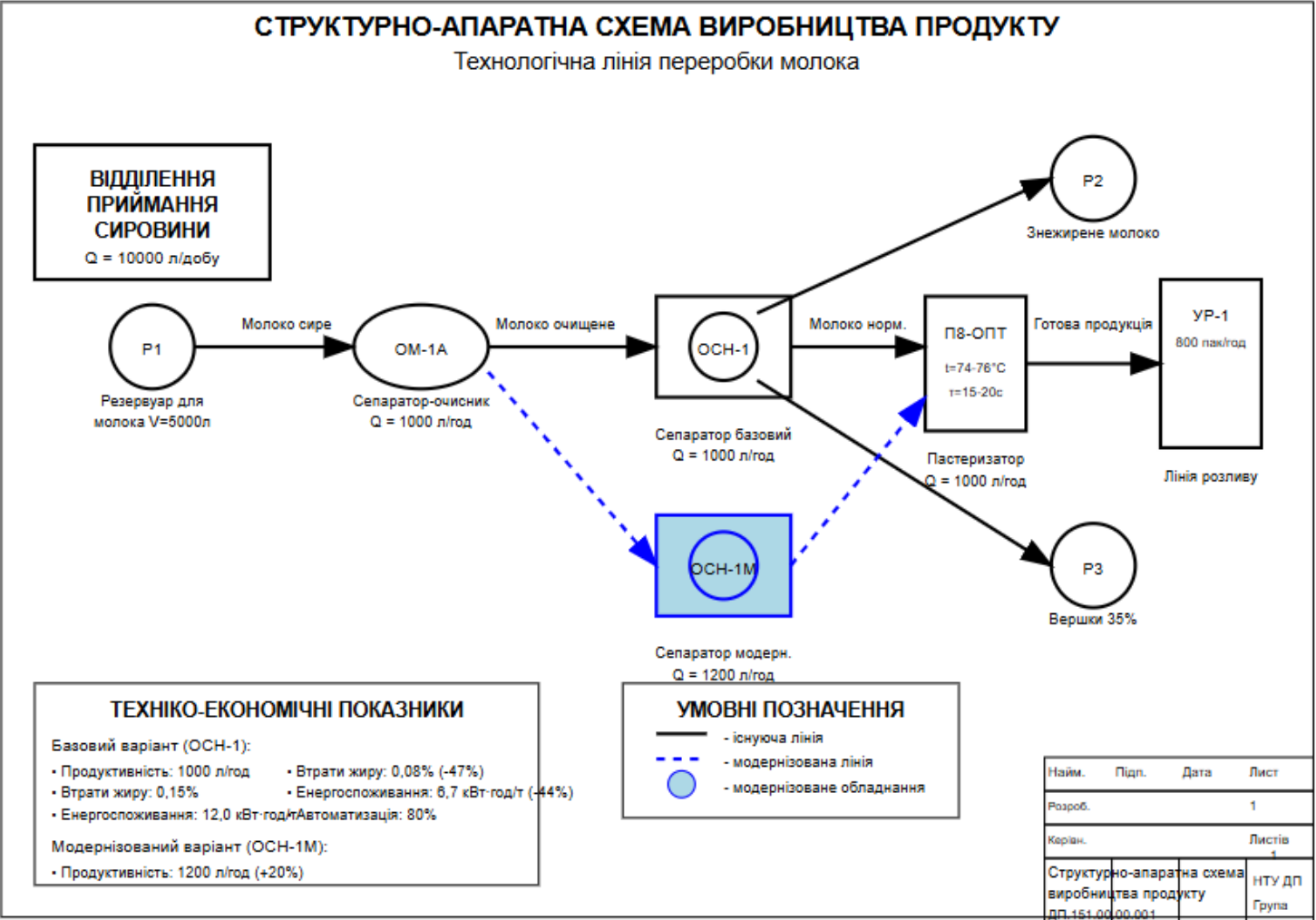
14. Тепловий і масообмінний апарати харчових виробництв / А.Н. Острікова, В.Н. Красников, А.Б. Емельянов. - СПб.: ГИОРД, 2018. - 520 с.
15. Технологія молока і молочних продуктів / За ред. А.М. Шалигіної. - М.: КолосС, 2021. - 359 с.
16. Фетісов Є.А. Проектування підприємств молочної промисловості / Є.А. Фетісов. - СПб.: ГИОРД, 2020. - 408 с.
17. Чеботарёв О.Н. Технологія продуктів з молочної сировини / О.Н. Чеботарёв, Я.І. Шендерёв. - М.: Академкнига, 2019. - 384 с.
18. Brennan J.G. Food Processing Handbook / J.G. Brennan. - Weinheim: Wiley-VCH, 2019. - 692 p.
19. Bylund G. Dairy Processing Handbook / G. Bylund. - Lund: Tetra Pak Processing Systems AB, 2018. - 436 p.
20. Early R. The Technology of Dairy Products / R. Early. - London: Chapman & Hall, 2020. - 458 p.
21. Fox P.F. Fundamentals of Cheese Science / P.F. Fox. - Maryland: Aspen Publishers, 2019. - 587 p.
22. Lewis M.J. Thermal Processing of Foods / M.J. Lewis. - Maryland: Aspen Publishers, 2021. - 364 p.
23. Pandey P.K. Handbook of Dairy Foods Analysis / P.K. Pandey. - Boca Raton: CRC Press, 2020. - 892 p.
24. Robinson R.K. Dairy Microbiology Handbook / R.K. Robinson. - New York: John Wiley & Sons, 2018. - 752 p.
25. Walstra P. Dairy Science and Technology / P. Walstra, J.T.M. Wouters, T.J. Geurts. - Boca Raton: CRC Press, 2019. - 808 p.

					19ХВД. 9685451.06.25. ПЗ	Аркуш
						94
Зм..	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		

ДОДАТКИ

Додаток 1

Структурна-апаратна схема виробництва продукту



Додаток 2

АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ ВДОСКОНАЛЕННЯ

Класифікація сепараторів молока та огляд конструкцій

КЛАСИФІКАЦІЯ СЕПАРАТОРІВ МОЛОКА**За призначенням:**

- Сепаратори-очисники
- Сепаратори-сливковідокремлювачі
- Сепаратори-бактеріовидалювачі

За продуктивністю:

- Малої (100-500 л/год)
- Середньої (500-2000 л/год)
- Високої (>2000 л/год)

За способом розвантаження та ступенем автоматизації:

- З ручним розвантаженням
- Саморозвантажувальні
- Безперервної дії
- Ручні
- Напівавтоматичні
- Автоматичні

ПОРІВНЯННЯ КОНСТРУКЦІЙ

Показник	Базовий ОСН-1	Модернізований	Аналоги
Продуктивність, л/год	1000	1200	1000-1500
Втрати жиру, %	0,15	0,08	0,05-0,10
Енергоспоживання, кВт	1,5	1,1	2-5
Ціна, тис. €	8	15	45-55
Автоматизація	Низька	Висока	Висока
Надійність	Середня	Висока	Висока
Обслуговування	Складне	Просте	Просте

Додаток 3

АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ ВДОСКОНАЛЕННЯ

Класифікація сепараторів молока та огляд конструкцій

КЛАСИФІКАЦІЯ СЕПАРАТОРІВ МОЛОКА

За призначенням:

- Сепаратори-очисники
- Сепаратори-сливковідокремлювачі
- Сепаратори-бактеріовидалювачі

За продуктивністю:

- Малої (100-500 л/год)
- Середньої (500-2000 л/год)
- Високої (>2000 л/год)

За способом розвантаження та ступенем автоматизації:

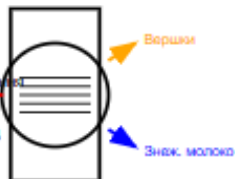
- З ручним розвантаженням
- Саморозвантажувальні
- Безперервної дії
- Ручні
- Напівавтоматичні
- Автоматичні

ПОРІВНЯННЯ КОНСТРУКЦІЙ

Показник	Базовий ОСН-1	Модернізований	Аналоги
Продуктивність, л/год	1000	1200	1000-1500
Втрати жиру, %	0,15	0,08	0,05-0,10
Енергоспоживання, кВт	1,5	1,1	2-5
Ціна, тис. €	8	15	45-55
Автоматизація	Низька	Висока	Висока
Надійність	Середня	Висока	Висока
Обслуговування	Складне	Просте	Просте

БАЗОВА КОНСТРУКЦІЯ ОСН-1

- 48 тарілок
- Кут 45°
- Ручне регулювання
- Зазор 3 мм
- Пасивний привід
- $n = 6500$ об/хв



МОДЕРНІЗОВАНА КОНСТРУКЦІЯ

- 64 тарілки
- Кут 35°
- Автоматичне регулювання
- Зазор 2 мм
- Зубчастий привід + ЧРП
- $n = 5000-7000$ об/хв



ПЕРЕВАГИ МОДЕРНІЗАЦІЇ

Технічні:

- Підвищення продуктивності
- Зниження втрат жиру
- Покращення якості
- Енергозбереження

Економічні:

- Термін окупності 2,6 міс
- NPV = 15,8 млн грн
- IRR = 48,2%

Ім'я. Підп. Дата Лист

Додаток 4

