

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розроблення конструкції та заходів з технічного обслуговування

стерилізатора сусли об'ємом 1.8 м³

Виконав(ла): студент(ка) IV курсу, групи МО-41

спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва спеціальності)

	(підпис)	Мартинів Ю.В. (прізвище та ініціали)
Керівник	(підпис)	Вітенько Т.М. (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	(підпис)	Кравець О.І. (прізвище та ініціали)
Т.В.О Завідувач кафедри	(підпис)	Пилипець О.М. (прізвище та ініціали)
Рецензент	(підпис)	(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)
Кафедра Обладнання харчових технологій
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Т.В.О Завідувач кафедри
Пилипець О.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)
« 03 » лютого 2026 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)
за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва спеціальності)
студенту Мартиніву Юрію Віталійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення конструкції та заходів з технічного обслуговування стерилізатора сусла об'ємом 1,8 м³

Керівник роботи доктор технічних наук, професор кафедри ОХ Вітенько Тетяна Миколаївна
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 02 » лютого 2026 року № 4/9-93

2. Термін подання студентом завершеної роботи « 19 » червня 2026 року

3. Вихідні дані до роботи Паспорт та інструкція з експлуатації стерилізатора сусла об'ємом 1,8 м³

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1) Загально-технічна частина

2) Технологічна частина

3) Конструкторська частина

4) Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1) Стерилізатор сусла об'ємом 1,8 м³. Вигляд загальний (1 л. ф. А1)

2) Технологічна схема складання-розбирання стерилізатора сусла (1 л. ф. А1)

3) Графік планово попереджувальних ремонтів (1 л. ф. А1)

4) Машинно-апаратурна схема виробництва сусла (1 л. ф. А1)

5) Графічне представлення технологічного процесу механічної обробки деталі втулка (1 л. ф. А1)

6) Графічний результат чисельного розрахунку елементів стерилізатора сусла (1 л. ф. А1)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Загально-технічна частина	д.т.н. Вітенько Т.М.		
Технологічна частина	д.т.н. Вітенько Т.М.		
Охорона праці	к.т.н. Кравець О.І.		
Нормоконтроль	к.т.н. Кравець О.І.		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ. Загально-технічна частина	03.02.2026-19.02.2026	
2	Технологічна частина	20.02.2026-20.04.2026	
3	Конструкторська частина	21.04.2026-20.05.2026	
4	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	21.05.2026-05.06.2026	
5	Висновки. Список літератури	08.06.2026-19.06.2026	
	Графічна частина		
1	Стерилізатор суслу об'ємом 1,8м ³ .Вигляд загальний (1 л. ф. А1)	03.02.2026-19.02.2026	
2	Технологічна схема складання-розбирання стерилізатора суслу (1 л. ф. А1)	20.02.2026-18.03.2026	
3	Графік планово попереджувальних ремонтів (1 л. ф. А1)	19.03.2026-20.04.2026	
4	Машинно-апаратурна схема виробництва суслу (1 л. ф. А1)	21.04.2026-08.05.2026	
5	Графічне представлення технологічного процесу механічної обробки деталі втулка (1 л. ф. А1)	11.05.2026-05.06.2026	
6	Графічний результат чисельного розрахунку елементів стерилізатора суслу	05.06.2026-19.06.2026	

Студент

(підпис)

МАРТИНІВ Ю.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

ВІТЕНЬКО Т.М.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Автор кваліфікаційної роботи – Мартинів Юрій Віталійович.

Тема роботи: Розроблення конструкції та заходів з технічного обслуговування стерилізатора сусли об'ємом 1.8 м³.

Кваліфікаційну роботу виконано в Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя в 2026 році.

Робота складається з пояснювальної записки обсягом 58 сторінок (7 рисунків) та графічної частини 6 плакатів формату А1.

Метою кваліфікаційної роботи є розроблення технологічного процесу виготовлення деталей, раціональної технології складання та обґрунтування комплексу заходів із технічного обслуговування і ремонту стерилізатора сусли робочим об'ємом 1,8 м³.

Для досягнення поставленої мети вирішено комплекс технічних задач. Розглянуто конструктивні особливості та принцип роботи стерилізатора сусли, визначено основні експлуатаційні дефекти апарата та методи їх усунення. Розроблено технологічний процес виготовлення прямої втулки вала мішалки, який включає вибір вихідної заготовки, розрахунок припусків, режимів різання та нормування технологічних операцій. Опрацьовано послідовність монтажу і складання вузлів апарата, а також розроблено систему планово-попереджувальних ремонтів (ППР). Виконано розрахунок необхідної товщини ізоляційного шару. Сформовано вимоги щодо охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском.

Ключові слова: стерилізатор сусли, технологія виготовлення, технічне обслуговування, система ППР, тепла ізоляція, мінеральна вата.

					КРБ 22-068.00.00.000 ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	АНОТАЦІЯ			Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Мартинів Ю.В.								
Перевір.		Вітенько Т.М.							3	58
								ТНТУ гр. МО-41		
Н. Контр.		Кравець О.І.								
Затверд.		Пилипець О.М.								

ABSTRACT

The author of the qualification work – Yurii Martyniv.

Topic of the work: Development of the design and maintenance measures for a 1.8 m³ wort sterilizer.

The qualification work was carried out at the Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University in 2026.

The work consists of an explanatory note of 58 pages (7 figures) and a graphical part of 6 A1 format posters.

The aim of the qualification work is to develop a technological process for manufacturing parts, a rational assembly technology, and to substantiate a comprehensive set of measures for the maintenance and repair of a 1.8 m³ wort sterilizer.

To achieve the set aim, a complex of technical tasks has been solved. The design features and operating principle of the wort sterilizer were reviewed; the main operational defects of the apparatus and methods for their elimination were determined. The technological process for manufacturing the agitator shaft guide bushing was developed, which includes the selection of the initial workpiece, calculation of machining allowances, cutting conditions, and time and rate setting of technological operations. The sequence of installation and assembly of the apparatus units was elaborated, and a system of planned preventive maintenance (PPM) was developed. The calculation of the required thickness of the thermal insulation layer was performed. Occupational safety requirements during the operation of pressure equipment were established.

Keywords: wort sterilizer, manufacturing technology, maintenance, ppm system, thermal insulation, mineral wool.

					КРБ 22-068.00.00.000 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Мартинів Ю.В.			АНОТАЦІЯ			Літ.	Арк.	Акрушів	
Перевір.		Вітенько Т.М.								3	58
								ТНТУ гр. МО-41			
Н. Контр.		Кравець О.І.									
Затверд.		Пилипець О.М.									

ЗМІСТ

ЗМІСТ	4
ВСТУП.....	6
1. ЗАГАЛЬНО ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА	8
1.1 Аналіз вихідних даних для кваліфікаційної роботи. Будова та принцип роботи стерилізатора сусли об'ємом 1.8м ³	8
1.2 Методи і засоби проведення ремонтних робіт	12
1.3 Мета і задачі кваліфікаційної роботи.....	13
2. ТЕХНОЛГІЧНА ЧАСТИНА	15
2.1 Особливості експлуатації стерилізатора сусли об'ємом 1.8 м ³	15
2.2 Розробка технологічного процесу механічної обробки втулки вала мішалки	17
2.2.1 Опис призначення та конструкції втулки вала мішалки. Аналіз технічних умов	17
2.2.2 Вибір технологічних баз.....	17
2.2.3 Визначення типу виробництва.....	18
2.2.4 Аналіз технологічності деталі.....	19
2.2.5 Вибір виду вихідної заготовки й методу її виготовлення.....	20
2.2.6 Вибір методів і кількості необхідних переходів обробки.....	21
2.2.7 Розрахунок припусків і операційних розмірів	24
2.2.8 Розрахунок режимів різання	28
2.2.9 Нормування технологічного процесу	31
2.3 Монтаж і підготовка до експлуатації стерилізатора сусли об'ємом 1.8м ³ . Розробка технології складання стерилізатора сусли	33
2.3.2 Розробка технології монтажу і підготовки до експлуатації стерилізатора сусли	33

					КРБ 22-068.00.00.000 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЗМІСТ			Літ.	Арк.	Акрушів	
Розроб.		Мартинів Ю.В.									
Перевір.		Вітенько Т.М.								4	58
								ТНТУ гр. МО-41			
Н. Контр.		Кравець О.І.									
Затверд.		Пилипець О.М.									

2.3.2 Розробка технології складання стерилізатора сусла	38
2.4 Аналіз можливих несправностей. Розробка технології ремонту та системи планово-попереджувальних ремонтів	40
2.4.1 Основні експлуатаційні дефекти та причини їх виникнення	40
2.4.2 Методи усунення основних несправностей	41
2.4.3 Розробка системи планово попереджувальних ремонтів.....	42
3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	46
3.1 Призначення теплоізоляційної сорочки.....	46
3.2 Вибір матеріалу теплоізоляції.....	47
3.3 Розрахунок товщини теплоізоляційного матеріалу.....	48
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	52
4.1 Правила експлуатації обладнання що працює під тиском.....	52
4.2 Дії персоналу у випадку надзвичайних ситуацій	54
ВИСНОВОК.....	55
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	57

ВСТУП

Сучасне галузеве машинобудування, зокрема у сфері розроблення обладнання для харчових технологій, є однією з ключових ланок забезпечення стабільного виробництва та економічного розвитку. Динамічний розвиток галузі визначається постійним зростанням вимог до якості продукції, зниженням енергоємності виробничих процесів та жорсткими екологічними стандартами. Перспективи розвитку цього напрямку нерозривно пов'язані з переходом підприємств на високотехнологічне виробництво, здатне забезпечити конкурентоспроможність на ринку.

Визначальним фактором досягнення високих техніко-економічних показників є безперервна автоматизація та механізація технологічних процесів. Сучасне виробництво вимагає мінімізації впливу людського фактора, що дозволяє стабілізувати режими роботи обладнання, зменшити відсоток браку та оптимізувати витрати сировини. Перехід до автоматизованих ліній зумовлює необхідність створення машин і апаратів нового покоління, які можуть легко інтегруватися в єдині системи управління підприємством.

В умовах інтенсифікації виробництва критичного значення набуває надійність та ефективність технологічного обладнання. Будь-яка непередбачувана зупинка чи відмова техніки призводить до значних фінансових втрат, псування сировини та порушення всього виробничого циклу. Надійність закладається безпосередньо на етапі конструювання шляхом обґрунтованого вибору конструкційних матеріалів, точних розрахунків на міцність і жорсткість, а також забезпечення оптимальних робочих режимів. Ефективне обладнання повинно гарантувати максимальну продуктивність за умови мінімальних питомих витрат енергоресурсів.

					КРБ 22-068.00.00.001 ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ВСТУП			Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Мартинів Ю.В.								
Перевір.		Вітенько Т.М.							6	58
								ТНТУ гр. МО-41		
Н. Контр.		Кравець О.І.								
Затверд.		Пилипець О.М.								

Створення такого обладнання неможливе без грамотного проектування із застосуванням сучасних систем автоматизованого проектування (САПР). Використання передових програмних комплексів для 3D-моделювання дозволяє ще на стадії розробки створити точну просторову модель виробу, провести складні інженерні розрахунки та оптимізувати металоємність. Невід'ємною складовою цього процесу є підготовка якісної конструкторської документації відповідно до чинних стандартів. Точність креслень, специфікацій та схем є гарантією успішного виготовлення, безпомилкового монтажу та подальшої безпроблемної експлуатації агрегатів.

Відповідно до концепції управління життєвим циклом технологічного обладнання, етап експлуатації є найтривалішим і найбільш визначальним економічно. Для забезпечення безперебійної роботи машини розробляються детальні інструкції з експлуатації. Технічний персонал повинен мати чіткі регламенти щодо режимів пуску, налаштування параметрів, штатної роботи та зупинки, а також неухильно дотримуватися правил техніки безпеки.

Основою підтримки працездатності обладнання на заданому рівні є впровадження системи планово-попереджувальних ремонтів (ППР). Заходи з технічного обслуговування, що включають щозмінний контроль, періодичне обслуговування, технічну діагностику, а також своєчасне проведення планових поточних і капітальних ремонтів, зводять до мінімуму ризик аварійних відмов. Грамотно спроектований цикл експлуатації дозволяє суттєво подовжити загальний ресурс обладнання, значно зменшити витрати на його відновлення та забезпечити абсолютну стабільність технологічного процесу.

					КРБ 22-068.00.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ЗАГАЛЬНО ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз вихідних даних для кваліфікаційної роботи. Будова та принцип роботи стерилізатора суслу об'ємом 1.8м³

Стерилізатор суслу робочим об'ємом 1,8 м³ (рисунок 1.1) є спеціалізованим технологічним апаратом, призначеним для термічної обробки (стерилізації) пивного сусла, яке в подальшому використовується як поживне середовище для розведення чистої культури дріжджів.

Основою конструкції апарата є вертикальний зварений корпус, який складається з циліндричної обичайки 2, привареного до неї торосферичного днища 3 та торосферичної кришки 1. У кришці 1 передбачено технологічний отвір із привареним фланцем, до якого за допомогою гвинтового з'єднання кріпиться знімна кришка люка 4. На цій кришці змонтовано кріплення 5 для встановлення приводу мішалки, яке конструктивно також виконує функцію вузла підведення мийної рідини.

Герметизація внутрішнього об'єму апарата забезпечується системою ущільнень. Для фланцевого з'єднання між корпусом ємності та знімною кришкою 4 використовується кільцевий ущільнювач круглого перерізу (O-ring), виготовлений з термостійкого еластомеру, придатного для контакту з харчовими продуктами. У місці з'єднання кришки 4 та кріплення редуктора 5 встановлено плоску прокладку з біконіту. Використання зазначених ущільнювальних матеріалів гарантує надійну герметичність системи та дозволяє апарату безпечно працювати під надлишковим тиском понад 0,2 МПа (2 бар).

					КРБ 22-068.00.00.001 ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЗАГАЛЬНО ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА			Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Мартинів Ю.В.								
Перевір.		Вітенько Т.М.							8	58
								ТНТУ гр. МО-41		
Н. Контр.		Кравець О.І.								
Затверд.		Пилипець О.М.								

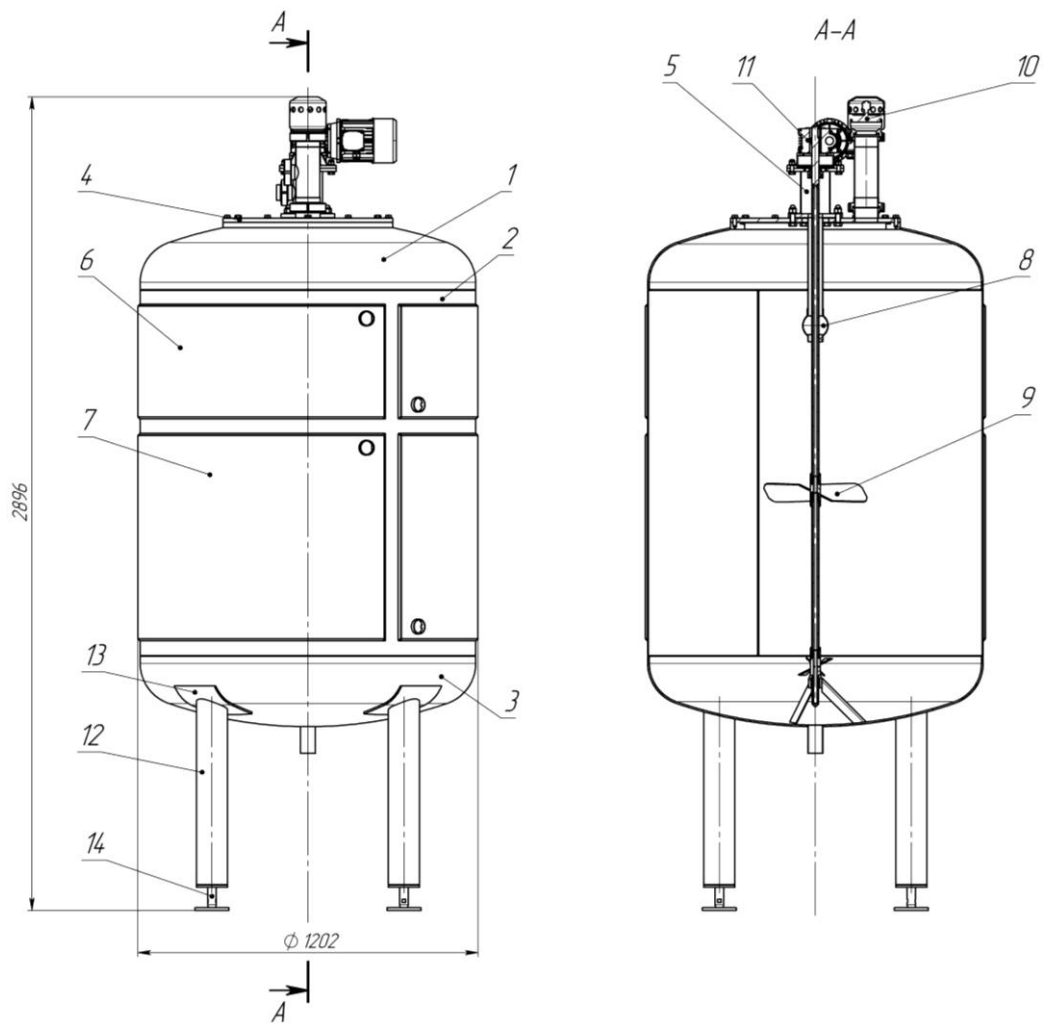


Рисунок 1.1 – Стерилізатора суслу об'ємом 1,8 м³:

1 – торосферична кришка; 2 – циліндрична обичайка; 3 – торосферичне днище;
 4 – фланцева кришка; 5 – кріплення приводу; 6 – сорочка охолодження; 7 –
 сорочка обігріву; 8 – мийна головка; 9 – мішалка; 10 – вакуумний клапан; 11 –
 мотор-редуктор черв'ячного типу; 12 – опорна стійка; 13 – підсилювальна
 накладка; 14 – гвинтова регульована опора.

Температурна обробка суслу здійснюється за допомогою теплообмінних сорочок, розташованих на зовнішній поверхні обичайки 2. Апарат оснащений сорочкою охолодження 6 (рис1.2) та сорочкою обігріву 7. Таке розміщення теплообмінних зон інтенсифікує природну конвекцію у робочому середовищі, що сприяє підвищенню коефіцієнта теплопередачі та більш рівномірному розподілу температурних полів у всьому об'ємі продукту.

					КРБ 22-068.00.00.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

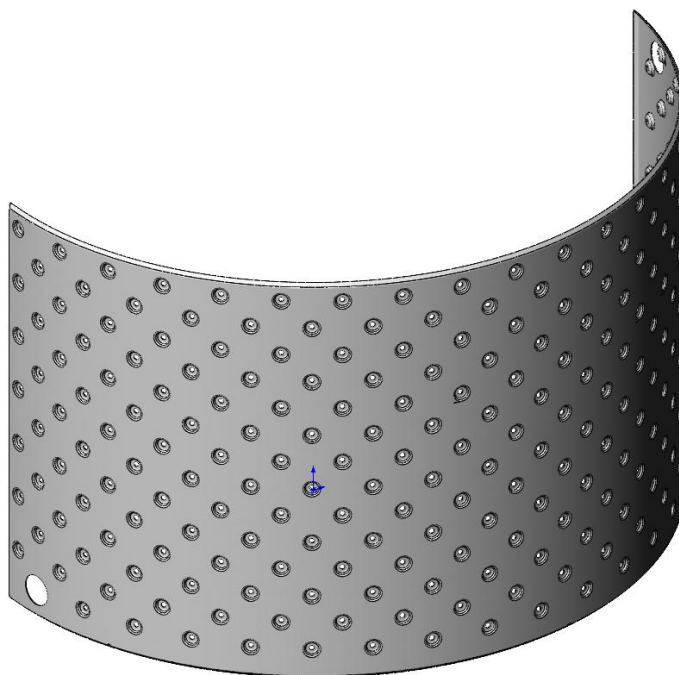


Рисунок 1.2 – 3D модель сорочки підігріву Dimple Jacket

Монтаж стерилізатора на несучі конструкції фундаменту здійснюється за допомогою опорного вузла. До торосферичного днища 3 через спеціальні підсилювальні накладки 13 приварені опорні стійки 12. Для компенсації нерівностей підлоги та точного виставлення апарата у вертикальній площині на кінцях стійок передбачені регульовані опори 14.

З метою інтенсифікації процесів теплообміну та запобігання пригоранню сусла на внутрішніх стінках апарата під час стерилізації, всередині ємності встановлено мішалку 9. Обертний момент на вал передається від черв'ячного мотор-редуктора 11. Конструктивною особливістю пристрою є використання пустотілого вала мішалки. Таке технічне рішення дозволяє подавати мийні розчини безпосередньо через порожнину вала, що забезпечує ефективне очищення всіх важкодоступних поверхонь всередині ємності.

Для забезпечення безпечної експлуатації апарата та запобігання утворенню всередині корпусу розрідження (вакууму), яке може призвести до втрати стійкості (деформації чи зминання) тонкостінної обичайки, на верхній кришці встановлено вакуумний клапан 10.

					КРБ 22-068.00.00.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Принцип роботи стерилізатора сусла полягає у циклічному виконанні послідовних технологічних операцій. На першому етапі через патрубки у робочий об'єм апарата подається необхідна порція сусла. Після заповнення ємності вмикається мотор-редуктор 11, який приводить в обертання мішалку 9. Одночасно в сорочку обігріву 7 подається теплоносія. Завдяки постійному перемішуванню забезпечується швидке та рівномірне нагрівання продукту до температури стерилізації без ризику його локального перегріву.

Після досягнення заданої температури подача теплоносія припиняється, і апарат витримується у такому стані протягом часу, необхідного для повної загибелі мікрофлори. Робочий надлишковий тиск всередині герметичної ємності дозволяє нагрівати сусло вище температури кипіння при атмосферному тиску, не допускаючи його бурхливого закипання та спінювання.

Наступним етапом є охолодження продукту до температури внесення дріжджів. Для цього в сорочку охолодження 6 подається холодоагент. Під час різкого зниження температури всередині апарата автоматично спрацьовує вакуумний клапан 10, вирівнюючи тиск і захищаючи корпус від руйнування. Охолоджене стерильне сусло перекачується до пропагатора.

Завершальним етапом робочого циклу є безрозбірне санітарне оброблення (CIP-мийка). Мийні розчини під тиском подаються в пустотілий вал мішалки і до мийної головки 8, яка рівномірно розпилює їх по всіх внутрішніх поверхнях апарата, готуючи його до наступного виробничого циклу. Основні фізичні параметри стерилізатора сусла наведені в таблиці 1.1

					КРБ 22-068.00.00.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Таблиця 1.1 – Основні фізичні параметри стерилізатора сусли

Найменування	Рекомендований робочий об'єм, л	Загальний об'єм, л	Номинальний діаметр (DN) трубопроводів		Площа сорочки охолодження, м ²	Матеріал ємкості і опор	Маса ємкості, кг
			Закачки	CIP+			
КРБ.22-068.00.00.000	1500	1840	50	50	3,9	AISI 304	500

1.2 Методи і засоби проведення ремонтних робіт

Ефективність та надійність експлуатації технологічного обладнання харчових виробництв безпосередньо залежить від раціонально обраних методів проведення монтажних та ремонтних робіт. Ці роботи являють собою комплекс регламентованих технологічних операцій, спрямованих на встановлення обладнання в проектне положення, підтримання його працездатності, а також відновлення втрачених експлуатаційних характеристик і геометричної точності деталей у процесі використання.

У сучасному галузевому машинобудуванні вибір методу ремонту визначається конструктивною складністю агрегату, типом виробництва та вимогами до мінімізації часу простою. За технологічною сутністю розрізняють два основні методи проведення ремонтних робіт: індивідуальний та вузловий (агрегатний).

Індивідуальний метод характеризується тим, що зношені деталі та вузли знімаються з машини, відновлюються і встановлюються на ті ж самі місця. Цей метод забезпечує збереження початкового припрацювання спряжених деталей, проте його суттєвим недоліком є значна тривалість простою обладнання,

					КРБ 22-068.00.00.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

оскільки машина не може експлуатуватися до повного завершення ремонту її компонентів.

Вузловий (агрегатний) метод базується на заміні зношених складальних одиниць, механізмів або цілих агрегатів на заздалегідь відремонтовані або нові. Для безперервних харчових виробництв цей метод є найбільш раціональним, оскільки він дозволяє скоротити час простою обладнання у кілька разів, переносючи основний обсяг відновлювальних робіт на спеціалізовані ремонтні дільниці.

Виконання технологічних процесів монтажу та ремонту вимагає застосування відповідних засобів механізації та технологічного оснащення. До основних засобів належать вантажопідйомне та транспортне обладнання (талі, домкрати, кран-балки), необхідне для безпечного демонтажу важкогабаритних елементів, таких як мотор-редуктори, кришки чи вали мішалок.

Крім того, якісне виконання робіт неможливе без застосування спеціалізованого слюсарно-монтажного інструменту, контрольно-вимірювальних приладів для проведення дефектування (мікрометри, нутроміри, щупи), а також спеціальних пристосувань (знімачі, центрувальні пристрої), які забезпечують точність базування вузлів під час складання.

Вибір конкретного методу ремонту та відповідного матеріально-технічного забезпечення безпосередньо впливає на організаційну структуру ремонтних служб підприємства, що вимагає детального розгляду існуючих форм організації ремонтних робіт.

1.3 Мета і задачі кваліфікаційної роботи

Головною метою кваліфікаційної роботи є розроблення конструкції та заходів з технічного обслуговування стерилізатора сусли робочим об'ємом 1,8 м³.

					КРБ 22-068.00.00.001 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для досягнення поставленої мети необхідно забезпечити вирішення такого комплексу інженерних та технічних задач:

- розглянути конструктивні особливості стерилізатора сусли, визначити ймовірні несправності елементів обладнання, а також з'ясувати причини та наслідки їх виникнення;
- виконати розрахунок товщини шару зовнішньої теплової ізоляції апарата з обґрунтуванням вибору теплоізоляційного матеріалу;
- розробити технологію монтажу і підготовки до роботи апарата;
- розробити технологічну послідовність складання основних вузлів та конструктивних елементів апарата;
- сформулювати комплекс заходів щодо ремонту обладнання та систему його планово-попереджувальних ремонтів;
- опрацювати правила безпечної експлуатації стерилізатора під тиском та визначити чіткий алгоритм дій обслуговуючого персоналу у випадку виникнення надзвичайних ситуацій.

					КРБ 22-068.00.00.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

2. ТЕХНОЛГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Особливості експлуатації стерилізатора суслу об'ємом 1.8 м³

Технічне обслуговування Стерилізатора суслу відбувається експлуатаційним і обслуговуючим персоналом у відповідності з типовою виробничою інструкцією.

До обслуговування ємності допускаються:

- 1) повнолітні працівники, які не мають медичних протипоказань, пройшли медичний огляд і визнані придатними до виконання цього виду робіт;
- 2) які пройшли спеціальне навчання безпечним методам і прийомам праці, цільові інструктажі з охорони праці і допущені до роботи з посудинами, які працюють під тиском;
- 3) зварювальні роботи повинні виконуватися кваліфікованими працівниками, які пройшли відповідне навчання і мають допуск для робіт з посудинами, які працюють під тиском.

Організація процесів підготовки та атестації персоналу, як і сама експлуатація стерилізатора, суворо регламентуються вимогами НПАОП 0.00-1.81-18 «Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском». На базі цього нормативного документа підприємство-користувач розробляє власні внутрішні робочі інструкції, що враховують специфіку конкретного виробництва та конструктивні особливості даного апарата. Безпосередній пуск стерилізатора в роботу та виведення його на робочі параметри здійснюються виключно згідно із затвердженим технологічним регламентом процесу термічної обробки суслу.

З метою забезпечення безперебійної та безпечної роботи обладнання на

					КРБ 22-068.00.00.002 ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТЕХНОЛГІЧНА ЧАСТИНА			Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Мартинів Ю.В.								
Перевір.		Вітенько Т.М.							15	58
								ТНТУ гр. МО-41		
Н. Контр.		Кравець О.І.								
Затверд.		Пилипець О.М.								

підприємстві впроваджується система періодичних технічних оглядів. Відповідний графік перевірок розробляється інженерною службою підприємства з урахуванням нормативних вимог та рекомендацій експлуатаційної документації. Комплексний зовнішній та внутрішній огляди стерилізатора проводяться не рідше одного разу на рік. До цього комплексу заходів входить ревізія стану запірної та запобіжної арматури, контроль справності контрольно-вимірювальних приладів, а також перевірка герметичності люків і рознімних з'єднань. Більш глибока перевірка цілісності корпусу та зварних швів шляхом проведення гідростатичних випробувань здійснюється з періодичністю один раз на вісім років.

Суворе дотримання графіка оглядів є критично важливим для обладнання, що працює під надлишковим тиском. У разі виникнення виробничих обставин, які унеможливають проведення планового технічного огляду у встановлені терміни, керівництво підприємства зобов'язане організувати його дострокове проведення. Якщо ж це неможливо, подальша експлуатація апарата має бути негайно припинена до моменту фактичного виконання всіх перевірочних процедур. Усі результати проведених оглядів, випробувань та поточних ремонтних робіт в обов'язковому порядку заносяться до експлуатаційного паспорта стерилізатора суцільно, що дозволяє вести безперервний моніторинг його технічного стану протягом усього життєвого циклу.

					КРБ 22-068.00.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

2.2 Розробка технологічного процесу механічної обробки втулки вала мішалки

2.2.1 Опис призначення та конструкції втулки вала мішалки. Аналіз технічних умов

Втулка призначена для з'єднання проміжного вала мішалки з крильчаткою. Втулка являє собою циліндричне тіло обертання з отвором всередині. Втулка запресовується на вал мішалки, для обмеження глибини посадки в центральному отворі зроблена проточка на необхідну глибину посадки. Для кріплення крильчатки в втулці нарізана наскрізна різьба. На торці втулки направленому в сторону крильчатки мішалки зроблена проточка для встановлення ущільнюючого кільця.

Креслення деталі містить всю необхідну інформацію необхідну для виготовлення деталі.

2.2.2 Вибір технологічних баз

Зовнішній діаметр $\varnothing 35$ не підлягає механічній обробці, а його розмір задається заготовкою. Тому він може використовуватись як технологічна база. Під час обробки заготовка базується на зовнішній циліндричній поверхні А. Це дозволяє виконати підрізання торця В та чорнове формування посадкових діаметрів, а також канавки Г і фаски З. Після обробки торця Б проводиться розточування поверхні Ж до розміру $\varnothing 25$. Фінальною операцією є точіння фаски Д.

Після формування чорнового отвору проводиться обробка основних точних поверхонь. Встановлено, що найбільш жорсткі вимоги пов'язані з

					КРБ 22-068.00.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

забезпеченням співвісності різьби М24 з зовнішнім діаметром $\varnothing 35$ та перпендикулярності цих поверхонь до торців Б і В. Тому основною напрямною технологічною базою на чистових операціях приймається зовнішня поверхня А. У такому положенні забезпечується отримання правильної геометричної форми деталі та відповідність вимогам креслення щодо співвісності всіх елементів.

Таке базування дозволяє одержати необхідну точність взаємного розташування поверхонь, зберегти співвісність та мінімізувати похибки, що відповідає вимогам креслення.

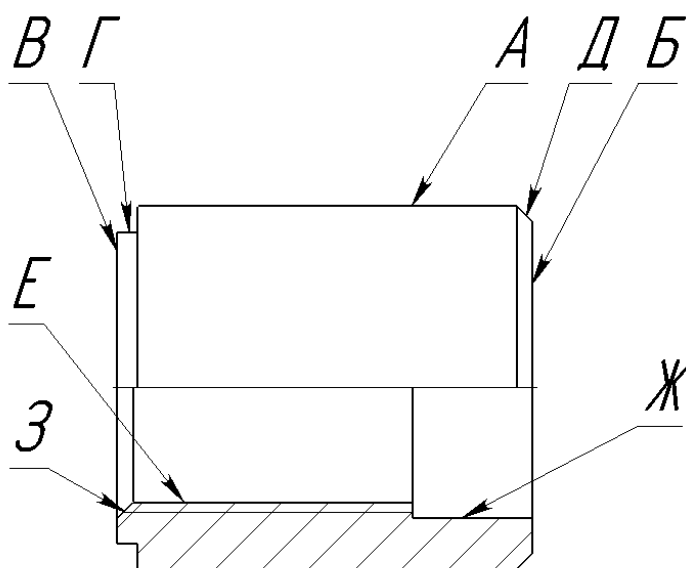


Рисунок 2.1 – Позначення поверхонь втулки ДП.22-068.04.01.003

2.2.3 Визначення типу виробництва

Завдяки розробці деталі в програмі для автоматизованого проектування маса деталі визначається автоматично з об'єму деталі та параметрів матеріалу заданого для даної деталі. Згідно з розрахунком вага деталі 0,16кг а річний обсяг не перевищує 10шт, в такому випадку визначаємо, що тип виробництва – одиночний.

					КРБ 22-068.00.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

2.2.4 Аналіз технологічності деталі

Конструкція втулки повинна відповідати основним вимогам технологічності, що передбачають можливість використання стандартних конструктивних елементів, застосування раціональних заготовок, оптимальних допусків та шорсткостей, а також забезпечення оброблюваності доступними та продуктивними методами. Деталь являє собою тіло обертання з простою геометрією, що робить її універсальною для класичного токарного обладнання.

Базування деталі на зовнішньому діаметрі $\varnothing 35$ є зручним та відповідає прийнятим технологічним схемам. Ці поверхні мають достатню жорсткість і не викликають деформацій при закріпленні.

Всі поверхні, які потребують обробки, мають достатній доступ для інструмента: різців, та контрольних засобів. Складних заглиблень чи важкодоступних порожнин немає.

Центральний отвір наскрізний, що підвищує технологічність, оскільки усуває потребу в інструменті з короткою забірною частиною та забезпечує повне видалення стружки.

Встановлені значення шорсткості та допусків є технологічно обґрунтованими та відповідають можливостям токарної обробки без застосування високоточних або спеціалізованих верстатів.

Матеріалом за кресленням є нержавіюча сталь AISI 304, яка добре обробляється тиском і широко застосовується для виготовлення заготовок методом гарячої прокатки. Умови дрібносерійного виробництва також сприяють вибору саме прокату, оскільки він забезпечує мінімальну собівартість заготовки та не потребує додаткових операцій формоутворення. В таблиці 2.1 наведено хімічний склад сталі AISI 304

					КРБ 22-068.00.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі AISI 304, %

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Fe
<0,08	<1,0	<2,0	8,0-10,5	<0,03	<0,045	18,0-20,0	~66

Сталь AISI 304 характеризується високою корозійною стійкістю в більшості агресивних середовищ, зокрема у воді, парі та слабких кислотах. Густина сталі становить приблизно 7850 кг/м³, модуль пружності – близько 193 ГПа. Матеріал має добру пластичність і в'язкість, відносно подовження після розриву сягає 40%, що забезпечує високу стійкість до ударних навантажень. Сталь AISI 304 немагнітна в відпаленому стані та добре піддається холодній деформації. Робочий діапазон температур дозволяє використовувати її як при низьких, так і при підвищених температурах без втрати основних експлуатаційних властивостей.

2.2.5 Вибір виду вихідної заготовки й методу її виготовлення

Вид вихідної заготовки для деталі «Втулка» визначається на підставі її конструктивних особливостей, геометричних розмірів, характеру роботи та матеріалу. Деталь являє собою тіло обертання з простою циліндричною формою, без складних фасонних поверхонь, різких перепадів діаметрів або внутрішніх порожнин, що робить її максимально придатною до виготовлення із сортового прокату.

Застосування кованки в даному випадку є недоцільним, оскільки конструкція втулки не містить значної різниці поперечних перерізів, не потребує підвищеної міцності, характерної для деталей, що працюють на згин або крутіння, а також не містить виступів чи складних форм, які б виправдовували використання кування. Крім того, нержавіюча сталь AISI 304 має задовільні властивості для прокатки, але є складнішою в куванні, що підвищує собівартість

					КРБ 22-068.00.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

та трудомісткість виготовлення заготовок у дрібносерійних умовах. Варіант виготовлення заготовки у вигляді литва також відпадає, оскільки сталь AISI 304 має низькі ливарні властивості, а сама деталь не містить складних зовнішніх контурів, які б виправдовували застосування лиття. Виливки зазвичай використовуються для корпусних фасонних деталей зі складною геометрією та великими габаритами.

Отже, виходячи з конструктивних параметрів деталі, її матеріалу, необхідності мінімізувати припуски й забезпечити економічно вигідне виготовлення заготовки в умовах дрібносерійного виробництва, найбільш раціональним видом вихідної заготовки є круглий прокат підвищеної точності (Б) діаметром 35 мм із нержавіючої сталі AISI 304 згідно вимог креслення. Така заготовка забезпечує достатню точність, мінімальні витрати матеріалу, високу технологічність подальшої механічної обробки та найнижчу собівартість у порівнянні з кованими чи литими заготовками.

Собівартість заготовки можна обчислити за формулою

$$S_{\text{заг}} = Q_1 * S - (Q_1 - q) * \frac{S_{\text{від}}}{1000} = 0,32 * 174 - (0,32 - 0,16) * 20 = 52,5 \text{ грн} (2.1)$$

2.2.6 Вибір методів і кількості необхідних переходів обробки

Визначимо кількість переходів і методи обробки торцевих поверхонь Б і В. Прийmemo що заготовку виконано за 13 квалітетом і шорсткістю $Ra=12,5$. Необхідну точність поверхні можна досягти наступними методами:

- 1) тонке точіння
- 2) шліфування
- 3) алмазне вигладжування

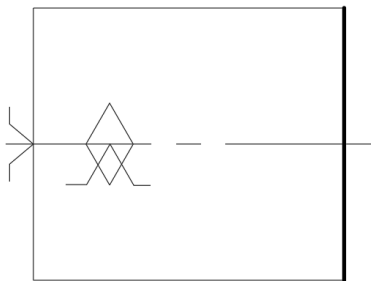
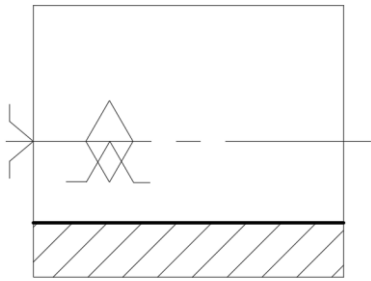
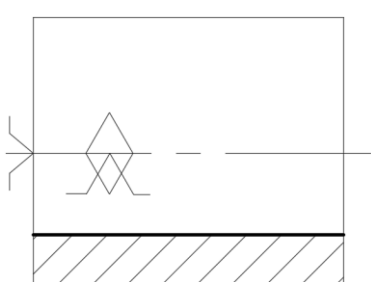
Найраціональнішим рішенням для досягнення кінцевої точності варто застосовувати тонке точіння оскільки таким чином можна провести всі переходи з одної установки деталі. Для досягнення необхідної точності потрібно провести

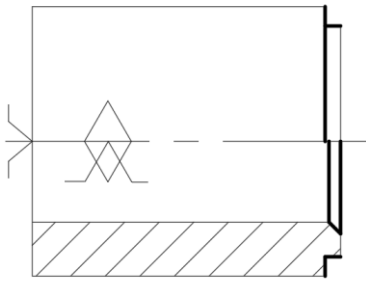
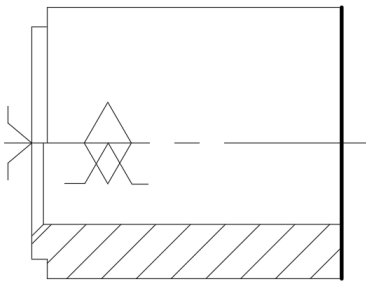
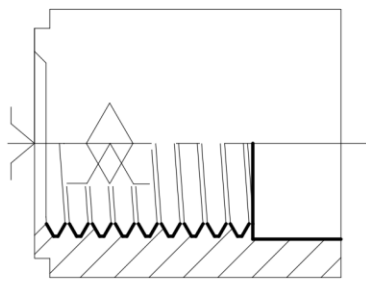
					КРБ 22-068.00.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

чорнове точіння яке забезпечує точність розмірів за 11 квалітетом та шорсткість $Ra=6,3$. Далі доцільно провести чистове точіння для досягнення 8 квалітету точності після чого можна проводити тонке точіння яке забезпечує необхідну точність і чистоту поверхні.

Методи і кількість необхідних переходів представлені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – методи обробки поверхонь

№ операції	Найменування й зміст операції	Ескіз і схема базування деталі	Устаткування
1	2	3	4
005	Токарна 1. Точити торець В попередньо в розмір 41,1 2. Точити торець В остаточно в розмір 40,9		Токарний 16K20
010	Свердлильна 1. Свердлити наскрізь в розмір $\varnothing 20,1$ попередньо		
015	Токарна 1. Розточувати отвір в розмір $\varnothing 20,6$ попередньо 2. Розточувати отвір в розмір $\varnothing 20,8$ К8 остаточно		

020	Токарна 1. Точити канавку Г в розмір $\varnothing 30$ 2. Точити фаску 3 в розмір $1,5 \times 45^\circ$		
025	Токарна 1. Точити торець Б попередньо в розмір 40,1 2. Точити торець Б остаточно в розмір $40 \pm 0,07$		
030	Токарна 1. Розточувати отвір в розмір $\varnothing 24,5$ попередньо 2. Розточувати отвір в розмір $\varnothing 25H7$ остаточно 3. Точити фаску Д в розмір $1,5 \times 45^\circ$ 4. Нарізати різь M24-7G		
035	Контрольна 1. Контролювати розміри		ЩЦ-I

Вибір ріжучого інструменту необхідного для кожного переходу наведений в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Вибір ріжучого інструменту

№ операції	№ переходу	Найменування й зміст переходу	Устаткування	Різальний інструмент	Матеріал ріжучої кромки
------------	------------	-------------------------------	--------------	----------------------	-------------------------

005	1,2	Точити торець	16K20	Прохідний різець	T15K6
010	1	Свердли отвір		Свердло	P6M5
015	1,2	Розточувати отвір		Розточний прохідний різець	T15K6
020	1	Точити канавку		Прохідний різець	
	2	Точити фаску			
025	1,2	Точити торець		Прохідний різець	T15K6
30	1,2	Розточувати отвір		Розточний підрізний різець	
	3	Точити фаску		Прохідний різець	
	4	Нарізати різь		Різьбонарізні й для внутрішньої різьби	

2.2.7 Розрахунок припусків і операційних розмірів

Проведемо розрахунок припусків на чорнову, чистову і тонку обробку поверхонь Б,В. Мінімальний припуск на обробку обчислюють за формулою^[2]:

$$Z_{min} = Rz_{i-1} + T_{i-1} + p_{i+1} + \varepsilon_i \quad (2.2)$$

Сумарне значення Rz і T для поверхні після різь складає 600мкм. Похибка закріплення деталі ε приймаємо 100мкм. Похибку закріплення ε враховуємо тільки для чорнової обробки, оскільки наступні операції проводяться лише з зміною режимів різання.

Просторове відхилення при обробці торців:

$$p = p_{кор} = \Delta_k * l = 1 * 40 = 40\text{мкм} \quad (2.3)$$

Тоді припуск на тонке точіння:

					КРБ 22-068.00.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

$$2Z_{min3} = 2 * (20 + 25 + 40) = 2 * 85 = 170\text{мкм}$$

Припуск на чистове точіння:

$$2Z_{min2} = 2 * (50 + 50 + 40) = 2 * 140 = 280\text{мкм}$$

Припуск на чорнове точіння:

$$2Z_{min1} = 2 * (600 + 40 + 100) = 2 * 740 = 1480\text{мкм}$$

Знайдемо проміжні значення розміру 40k7 для технологічних переходів шляхом додавання припусків:

$$l_{min3} = 40,002 + 0,170 = 40,172\text{мм}$$

$$l_{min2} = 40,172 + 0,296 = 40,468\text{мм}$$

$$l_{min1} = 40,468 + 1,496 = 41,964\text{мм}$$

Для кожного переходу визначаємо розмір допуску для обчислення Z_{max} :

- Для заготовки 390мкм;
- Для чорнового точіння 160мкм;
- Для чистового точіння 39мкм;
- Для тонкого точіння 25мкм.

Розрахуємо найбільші значення l_{max} додаючи розмір допуску до l_{min} :

$$l_{max1} = 41,964 + 0,390 = 42,354\text{мм}$$

$$l_{max2} = 40,468 + 0,160 = 40,628\text{мм}$$

$$l_{max3} = 40,172 + 0,039 = 40,211\text{мм}$$

$$l_{max4} = 40,002 + 0,025 = 40,027\text{мм}$$

Визначимо значення $2Z_{max}$ як різницю найменшого і найбільшого розмірів.

$$2Z_{max3} = 40,211 - 40,027 = 0,184\text{мм}$$

$$2Z_{max2} = 40,628 - 40,211 = 0,417\text{мм}$$

$$2Z_{max1} = 42,354 - 40,628 = 1,726\text{мм}$$

Розрахуємо номінальний припуск:

$$Z_{ном} = Z_{min} + H_3 - H_D \quad (2.4)$$

Де Z_{min} – мінімальний граничний припуск;

H_3 – верхнє відхилення розміру заготовки;

H_D – допуск на розмір деталі.

					КРБ 22-068.00.00.002 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Z_{\text{ном}} = 1962 + 390 - 25 = 2327 \text{ мкм}$$

Загальна довжина заготовки:

$$l_{\text{заг}} = 40,002 + 2,327 = 42,329 \text{ мм}$$

Графічна схема розташування припусків і допусків на обробку отвору торця Б представлена на рисунку 2.2.

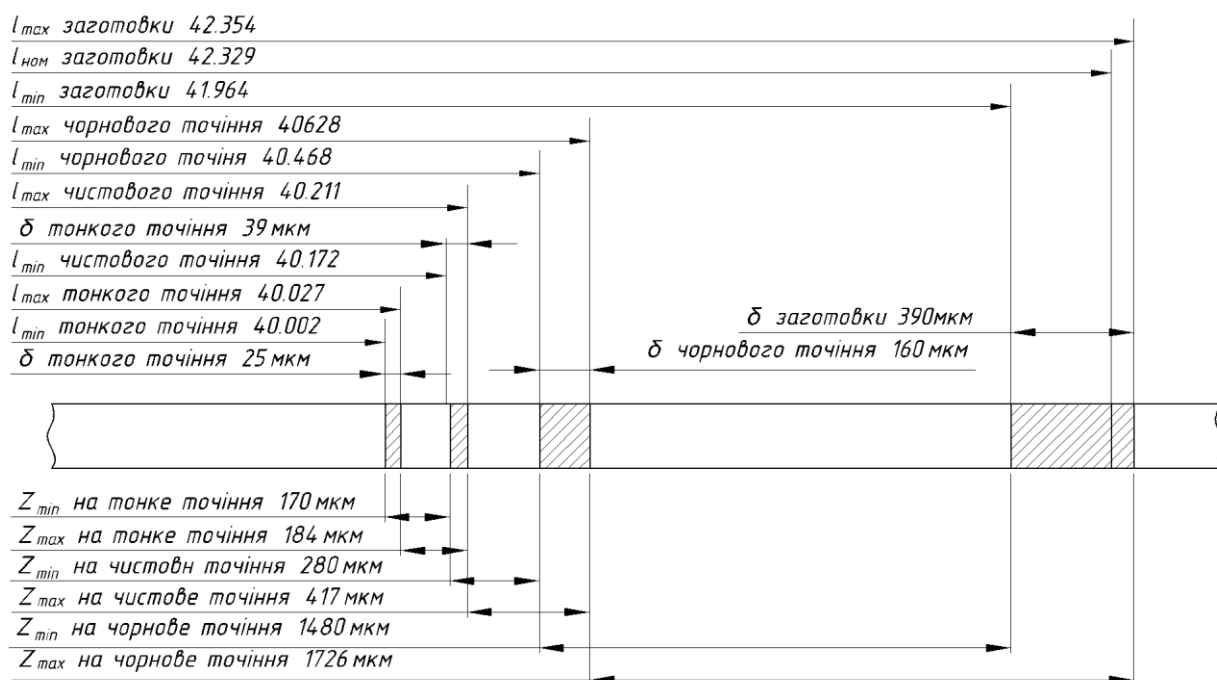


Рисунок 2.2 – Схема графічного розміщення припусків на обробку торців 40k7

Необхідні припуски і операційні розміри для поверхонь, що обробляться за декілька переходів наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Припуски й операційні розміри деталі

Перехід	Елементи припуску, мкм				Допуск δ мкм	Розрахунковий розмір l_p , мм	Граничний розмір, мм		Граничне значення припуску, мкм	
	Rz	T	p	ϵ			l_{min}	l_{max}	$2Z_{min}$	$2Z_{max}$
Поверхні Б,В 40k7										

Заготовка	300	300	40	100	390	41,964	41,964	42,354		
Чорнове точіння	50	50	40		160	40,468	40,468	40,628	1480	1726
Чистове точіння	20	25	40		39	40,172	40,172	40,211	280	417
Тонке точіння	10	15	40		25	40,002	40,002	40,027	170	184
Загалом									1962	2327

Поверхня Е $\varnothing 20,8K8$

						Розрахунковий розмір d_p , мм	d_{min}	d_{max}		
Свердлін ня	330	40		210	20,106	20,106	20,316			
Чистове точіння	84	40		52	20,634	20,634	20,686	370	366	
Чистове точіння	33	40		33	20,777	20,777	20,810	124	198	
Загалом									494	464

Поверхня Ж $\varnothing 25H7$

Чорнове точіння	130	40	100	130	24,519	24,519	24,649			
Напівчис тове точіння	52	40		52	24,877	24,877	24,929	280	358	
Тонке точіння	21	40		21	25,000	25,000	25,021	92	123	
Загалом									372	481

2.2.8 Розрахунок режимів різання

Розрахунок режимів різання на операцію 005 і 015:

Вихідні данні:

Оброблюваний матеріал – нержавіюча сталь AISI 304, $\sigma_B = 600$ МПа.

Верстат на якому проводиться обробка – токарний 16K20

Інструмент – прохідний відігнутий різець, з пластиною з твердого сплаву марки T15K6.

Швидкість різання визначаємо з а формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v \quad (2.5)$$

Де:

C_v – коефіцієнт, що враховує матеріал, приймаємо $C_v=350$;

T – стійкість інструменту, приймаємо $T=60$ хв;

t – глибина різання, приймаємо $t=0,8$ мм;

S – подача, приймаємо $S=0,9$ мм/об.

K_v – поправочний коефіцієнт на швидкість різання, приймаємо 1.

Тоді:

$$V = \frac{350}{60^{0,2} 0,8^{0,15} 0,9^{0,35}} * 1 = 164,5 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Розрахуємо частоту обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 * V}{\pi * D} = \frac{1000 * 165,5}{3,14 * 35} = 1600 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Приймаємо $n=1000$, згідно паспортними даними верстата і уточнюємо швидкість різання:

$$V = \frac{\pi * D * n}{1000} = \frac{3,14 * 35 * 1600}{1000} = 175,9 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Сили різання визначаємо за формулою:

$$P_{xyz} = 10 C_p t^x S^y v^n K_p = 10 * 300 * 0,8^1 * 0,9^{0,75} * 175,9^{-0,15} * 0,76 = 776.1 \text{ Н}$$

					КРБ 22-068.00.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Потужність різання:

$$N = \frac{P_z V}{1020 * 60} = \frac{776.1 * 175,9}{1020 * 60} = 2.23 \text{ кВт}$$

Згідно з паспортними даними верстата потужність на шпинделі:

$$N_B = N_d \eta = 10 * 0,75 = 7,5 \text{ кВт}$$

$$N < N_B$$

Отже, верстат не лімітує обраного режиму різання.

Режими різання для всіх необхідних переходів наведені в таблиці 2.5

Таблиця 2.5 – Зведена таблиця режимів різання

№о Операції	Найменування операції, переходу	Глибина різання t, мм	Довжина різання L, мм	Подача S, $\frac{\text{мм}}{\text{об}}$	Швидкість V, $\frac{\text{м}}{\text{хв}}$		Частота обертання n, хв^{-1}		Подача S, $\frac{\text{мм}}{\text{хв}}$
					Розрахункова	Прийнята	Розрахункова	Прийнята	
005	Токарна								
	1. Чорнове точіння торця В в розмір 41,1	0,8		0,8	106,1	109,9	965	1000	800
	2. Чистове точіння в розмір 41	0,15	17,5	0,25	162,8	175,9	1480	1600	400
	3. Тонке точіння в розмір 40,9	0,08		0,12	207,2	175,9	1884	1600	192
010	Свердлильна								
	1. Свердління наскрізне в розмір $\varnothing 20,1$	10	40	0,38	14,1	15,7	224	250	95

015	Токарна								
	1. Чистове точіння поверхні Г в розмір ø20,6	0,18	40	0,25	142,6	103,5	2161	1600	400
	2. Чистове точіння в розмір ø20,8K8	0,06		0,1	201,9	104,5	3090	1600	160
020	Токарна								
	1. Точіння канавки Г в розмір ø30	2	2,5	0,2	115,4	109,9	1050	1000	200
	2. Точіння фаски 3 1,5*45°			0,1	120,5	105,6	1827	1600	320
025	Токарна								
	1. Чорнове точіння торця Б в розмір 40,3	0,8		0,8	106,1	109,9	965	1000	800
	2. Чистове точіння в розмір 40,1	0,15	17,5	0,25	162,8	175,9	1480	1600	400
	3. Тонке точіння в розмір 40k7	0,08		0,12	207,2	175,9	1884	1600	192
030	Токарна								
	1. Чорнове точіння поверхні Ж в розмір ø24,6 на глибину 11,5	1,9	11,5	0,7	85,9	77,2	1112	1000	700
	2. Напів чистове точіння в розмір ø24,9	0,15	11,5	0,4	133,4	125,1	1705	1600	640
	3. Тонке точіння в розмір ø25H7	0,05	11,5	0,2	180,7	125,7	2300	1600	320
	4. Точіння фаски Д, 1,5*45°			0,1	138,4	137,4	1259	1250	125

5. Нарізання різи M24-G7	1,6	28,5	0,1	86,04	94,25	1141	1250	125
--------------------------	-----	------	-----	-------	-------	------	------	-----

2.2.9 Нормування технологічного процесу

Розрахуємо технічні норми часу в умовах масового виробництва для кожної технологічної операції. Розрахунок проводимо за формулою:

$$T_{\text{шт}} = T_o + T_d + T_{\text{об}} + T_{\text{відп}} \quad (2.6)$$

Де $T_{\text{шт}}$ – штучний час;

T_o – основний час;

T_d – допоміжний час;

$T_{\text{об}}$ – час на обслуговування робочого місця;

$T_{\text{відп}}$ – час на відпочинок і особисті потреби.

Основний час розраховуємо за формулою:

$$T_o = \frac{L}{n * S} * i \quad (2.7)$$

L - шлях інструмента в напрямку робочої подачі, мм, визначається за формулою:

$$L = l + y + \Delta \quad (2.8)$$

Де l – розмір оброблюваної поверхні в напрямку подачі;

y – величина врізання, мм;

Δ – величина перебігу, мм, $\Delta = 1-2$ мм.

Тоді:

$$L = 17,5 + 0,5 + 1,5 = 19,5 \text{ мм}$$

$$T_o = \frac{19,5}{0,8 * 1000} * 1 = 0,025 \text{ хв}$$

Допоміжний час складається з витрат часу на окремі дії:

$$T_d = 0,15 + 0,27 = 0,42 \text{ хв}$$

Час на обслуговування робочого місця $T_{об}$ складається з часу організаційне обслуговування $T_{орг}$ і часу на технічне обслуговування робочого місця:

$$T_{об} = T_{тех} + T_{орг} \quad (2.9)$$

Час на технічне обслуговування робочого місця визначається за формулою:

$$T_{тех} = \frac{2,5 * 0,025}{60} = 0.002 \text{ хв}$$

$$T_{об} = 1,01 * 10^{-3} + 0,006 = 0,008 \text{ хв}$$

Тоді:

$$T_{шт} = 0,046 + 0,42 + 0.008 + 0,028 = 0.5 \text{ хв}$$

В таблиці 2.6 наведені норми часу для всіх технологічних переходів необхідних для виготовлення деталі втулка.

Таблиця 2.6 – Зведена таблиця норм часу

№ операції	№ переходу	Найменування й зміст переходів	Основний час T_o	Допоміжний час		Додатковий час		Штучний час $T_{шт}$, хв
				На встановлення/зняття, закріплення/відкріплення $T_{вст}$, T_3	На керування і вимірювання T_k , $T_{вим}$	На обслуговування робочого місця $T_{об}$	На відпочинок і особисті потреби $T_{от}$	
005	Токарна							
	1	Чорнове точіння	0,046	0,15	0,27	0,008	0,028	0,5
	2	Чистове точіння	0,091	-	0,27	0,008	0,022	0,39
	3	Тонке точіння	0,19	-	0,27	0,013	0,028	0,5
Свердлильна								
010	1	Свердління наскрізне	0,5	-	0,29	0,039	0,048	0,88
Токарна								

015	1	Чистове точіння	0,1	-	0,27	0,018	0,023	0,42
	2	Чистове точіння	0,26	-	0,39	0,027	0,039	0,71
20	1	Точіння канавки	0,027	-	0,39	0,014	0,025	0,46
	2	Точіння фаски	0,025	-	0,23	0,013	0,016	0,29
25	1	Чорнове точіння	0,042	0,15	0,27	0,007	0,028	0,49
	2	Чистове точіння	0,091	-	0,39	0,01	0,029	0,52
	3	Тонке точіння	0,19	-	0,39	0,015	0,035	0,63
30	1	Чорнове точіння	0,035	-	0,27	0,005	0,018	0,33
	2	Напів чистове точіння	0,038	-	0,39	0,007	0,026	0,46
	3	Тонке точіння	0,077	-	0,39	0,009	0,028	0,5
	4	Точіння фаски	0,032	-	0,32	0,008	0,032	0,58
	5	Нарізання різі	0,25	0,15	0,36	0,019	0,045	0,82

2.3 Монтаж і підготовка до експлуатації стерилізатора сусли об'ємом 1.8м³.
Розробка технології складання стерилізатора сусли

2.3.2 Розробка технології монтажу і підготовки до експлуатації стерилізатора сусли

Монтаж і демонтаж стерилізатора сусли об'ємом 1,8 м³ повинен виконуватися у суворій відповідності з проектом виконання монтажних (демонтажних) робіт, розробленого з урахуванням вимог НПАОП 0.00-1.81-18 «Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском», НПАОП 0.00-1.75-15 «Правила охорони праці під час вантажно-розвантажувальних робіт», національних стандартів ДСТУ-Н Б А.3.1-27:2014, а також конкретних умов монтажного майданчика. Переміщення апарата в зону монтажу та всі супутні операції проводяться при суворому дотриманні правил

					КРБ 22-068.00.00.002 ПЗ			Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				33

техніки безпеки під час виконання такелажних робіт під безпосереднім керівництвом атестованого працівника з-поміж інженерно-технічного персоналу підприємства. Стропування стерилізатора суслу виконується з урахуванням загальної маси вантажу і динамічних зусиль, які виникають у період піднімання та переміщення, при цьому стропування за сполучну арматуру, штуцери чи патрубки сорочок охолодження та підігріву категорично забороняється. Відхилення встановленого стерилізатора від вертикальної осі по всій його висоті не повинно перевищувати 5 мм, а точне регулювання просторового положення ємності здійснюється за допомогою передбачених у конструкції регульованих опор (рис. 2.3) шляхом вкручування або викручування шпильок.

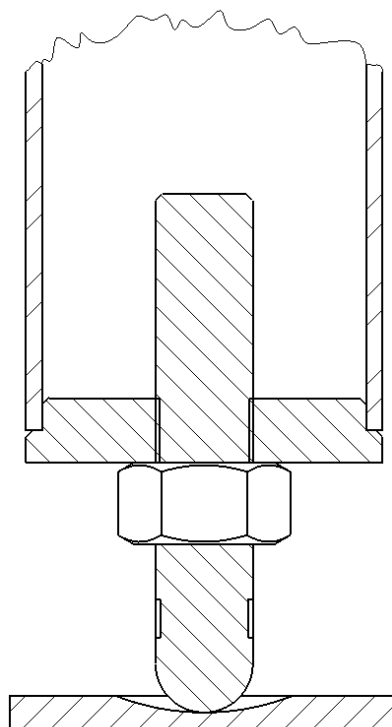


Рисунок 2.3 – Регульована опора

Обв'язка ємності технологічними трубопроводами виконується таким чином, щоб повністю виключити можливість передачі механічних навантажень від власної ваги трубопроводів та їхніх температурних деформацій на сполучну

					КРБ 22-068.00.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

арматуру і штуцери апарата, для чого лінії підведення комунікацій забезпечуються штатними опорними елементами, підвісками або компенсаторами. Контрольно-вимірювальні прилади, запірні та запобіжні арматура монтуються на відповідні сполучні штуцери у суворій відповідності зі специфікацією складального креслення, після чого складається офіційний акт, який підтверджує якість виконання монтажних робіт та готовність об'єкта до проведення первинного технічного огляду. Технічний огляд змонтованого обладнання складається з двох обов'язкових етапів: зовнішнього та внутрішнього оглядів корпусу й елементів, а також гідростатичного випробування на міцність та герметичність у повній відповідності з вимогами регламенту НПАОП 0.00-1.81-18 та затвердженої інструкції з експлуатації.

Під час проведення зовнішнього та внутрішнього оглядів при первинному контролі перевіряють, що обладнання встановлене й оснащено відповідно до нормативів НПАОП 0.00-1.81-18, а сам корпус апарата та його функціональні агрегати не мають механічних пошкоджень. Контролю підлягає стан зовнішніх і внутрішніх поверхонь стінок, надійність приєднання технологічних трубопроводів, відповідність марок запірної арматури та ущільнювальних матеріалів проектним даним, а також наявність повного комплексу кріпильних деталей у рознімних з'єднаннях. Затягування кріплення фланців та люків має відбуватися рівномірно і без перекосів за допомогою стандартних інструментів, при цьому використання будь-яких подовжувачів або важелів для збільшення плеча затягування болтів і гайок категорично заборонено. Додатково перевіряється правильність функціонування контрольно-вимірювальних приладів і автоматики (КВПіА) та пристроїв безпеки, включених у загальну технологічну схему, тоді як при періодичних та позачергових оглядах головною метою є встановлення поточної справності обладнання та підтвердження можливості його подальшої безпечної роботи.

Гідростатичне випробування корпусу стерилізатора на міцність та герметичність проводиться виключно за умови отримання задовільних

					КРБ 22-068.00.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

результатів попереднього візуального огляду. Перед введенням в експлуатацію для перевірки міцності і герметичності корпус піддається гідростатичним випробуванням пробним тиском 0,407 МПа (4,07 кгс/см²) протягом 15 хвилин, а контроль тиску здійснюється за допомогою двох манометрів з класом точності не нижче 1,5 і верхньою межею вимірювання 0,6 МПа (6 кгс/см²). Використання стиснутого повітря або газу для підняття тиску не допускається. Перед початком випробування ємність повністю заповнюється чистою водою з температурою не нижче 5 °С і не вище 40 °С, при цьому повітря з внутрішнього об'єму видаляється повністю через верхній патрубок СІР-лінії до появи безперервного потоку рідини. Температура зовнішньої стінки ємності під час контролю повинна знаходитися в межах від 10 °С до 25 °С, а різниця температур стінки апарата і навколишнього повітря не повинна спричиняти конденсацію вологи на металевих поверхнях стінок ємності. Тиск у системі слід підвищувати плавно протягом 10 хвилин до значення 0,407 МПа, а після витримки протягом 15 хвилин тиск поступово знижують до номінального розрахункового значення, при якому проводять огляд зовнішньої поверхні ємності, всіх її роз'ємних і зварних з'єднань, під час якого будь-яке обстукування стінок апарата категорично забороняється. Стерилізатор сула вважається таким, що успішно витримав гідростатичне випробування, якщо не виявлено падіння тиску по манометру, видимих залишкових деформацій, а також течі, тріщин, свищів або потіння в зонах зварних з'єднаннях і на основному металі. У разі виявлення дефектів складається рекламацийний акт, а повторні випробування проводяться лише після повного усунення несправностей ремонтним методом. По закінченню процедури надлишковий тиск скидається до атмосферного, вода повністю зливається, а результати оформляються актом і заносяться в експлуатаційну документацію посудини особою, яка проводила контроль.

Після випробування основного корпусу аналогічній процедурі гідростатичного контролю піддаються сорочки охолодження та підігріву стерилізатора для перевірки їхньої міцності та герметичності. Перед введенням

					КРБ 22-068.00.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

в експлуатацію сорочка охолодження випробовується пробним тиском з контролем манометрами з межею вимірювання 1,0 МПа протягом 15 хвилин. Подача води на випробування здійснюється через зливну арматуру сорочок з обов'язковим повним витісненням повітря через патрубки ліній повернення теплоносія. Для контролю застосовується вода з температурою не нижче 5 °С і не вище 40 °С при температурі зовнішньої стінки сорочок у межах 10–25 °С, причому різниця температур не повинна призводити до конденсації вологи на поверхні стінок. Тиск у випробуваній сорочці слід підвищувати протягом 10 хвилин до відповідного пробного значення за допомогою двох манометрів класу точності не нижче 1,5 одного типу. Після 15-хвилинної витримки під пробним тиском параметри знижують до розрахункового рівня, при якому проводять огляд зовнішньої поверхні сорочок та їхніх зварних і рознімних з'єднань без обстукування стінок корпусу. Критерії оцінки успішності випробувань сорочок повністю аналогічні вимогам до основного апарата (відсутність деформацій, течі, свищів та падіння тиску). Після завершення контролю тиск скидається до атмосферного, вода повністю зливається, а результати оформляються актом та заносяться в експлуатаційну документацію.

По закінченню технічного огляду та за умови отримання позитивних результатів усіх випробувань додатково виконуються роботи з нанесення зовнішньої теплової ізоляції стерилізатора сусла, яка монтується у вигляді прошивних матів на основі мінеральної вати з подальшим герметичним захистом захисним кожухом з тонколистової нержавіючої сталі відповідно до конструкторської документації. Офіційне введення змонтованого апарата в експлуатацію здійснюється на підставі вимог НПАОП 0.00-1.81-18 за наказом роботодавця на основі результатів проведених пусконаладжувальних робіт і первинного технічного огляду ємності для визначення її повної готовності до роботи. На кожному введеному в експлуатацію обладнанні на видному місці має бути надійно закріплена маркувальна металева табличка форматом не менше ніж 300×200 мм із зазначенням дозволеного робочого тиску, максимально

					КРБ 22-068.00.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

допустимої температури води, а також точних календарних дат (число, місяць і рік) проведення наступного внутрішнього огляду та чергового гідростатичного випробування апарата під тиском.

2.3.2 Розробка технології складання стерилізатора сусли

Процес складання стерилізатора сусли повинен здійснюватися у суворо визначеній технологічній послідовності з дотриманням усіх вимог техніки безпеки та інструкцій з монтажу обладнання. Каркасом для початку складальних робіт є попередньо змонтована зварна ємність апарата 1 (рис 2.4), яка встановлюється на штатні регульовані опори 12.

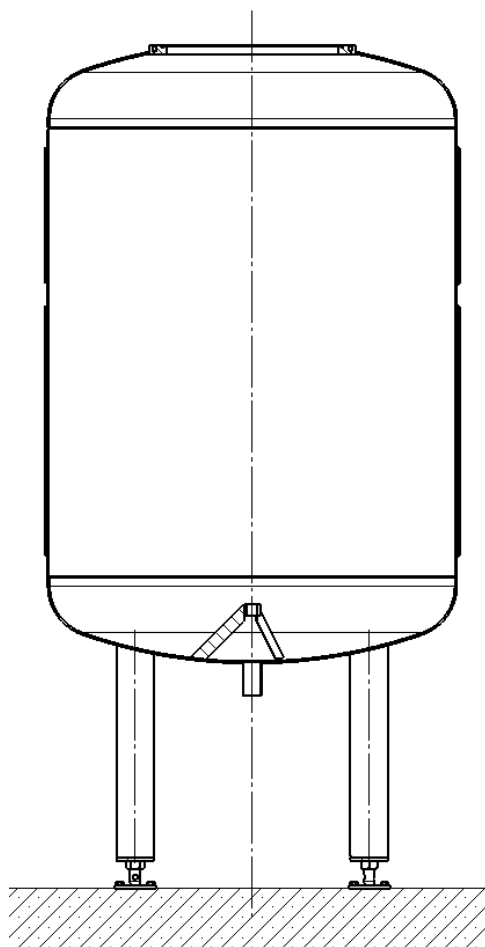


Рисунок 2.4 – Встановлена ємність стерилізатора сусли

					КРБ 22-068.00.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

На першому етапі виконується монтаж перемішувального пристрою. У нижню опору мішалки, розташовану на днищі ємності, встановлюється напрямна втулка 10. Після цього всередину ємності опускається та монтується багатоярусна мішалка 10. Вона збирається з основного вала 25, проміжної крильчатки 26, проміжного вала 27 та кінцевої крильчатки 28, які з'єднуються між собою за допомогою різьби. Для забезпечення герметичності та запобігання потраплянню робочого середовища у різьбові з'єднання використовуються ущільнювальні кільця O-ring 29,30.

Наступним етапом збирання апарата є встановлення верхньої кришки 5. Для герметизації головного фланцевого з'єднання між корпусом та кришкою вкладається ущільнювальне кільце O-ring 18. Кришка фіксується на фланці ємності за допомогою болтів з шестигранною головкою 15 та відповідних шайб 14.

У центральний отвір кришки встановлюється прокладка 7, на яку монтується нижній стакан 2 із попередньо встановленою втулкою 9. Стакан жорстко фіксується до шпильок кришки за допомогою ковпачкових самоконтрящих гайок 22 та шайб 21. Для герметизації виходу вала та запобігання витoku пари або мийних рідин СІР-станції, встановлюється торцеве ущільнення 13. Ущільнення підтискається внутрішнім фланцем 8, який надійно фіксується до нижнього стакана за допомогою болтів 20 та шайб 19.

Завершальним етапом складання є монтаж перехідного стакана та приводу мішалки. На підготовлену опорну площадку верхнього стакана 3 монтується мотор-редуктор 24. Верхній стакан встановлюється над вузлом ущільнення та з'єднується з нижнім стаканом 2 за допомогою болтів 17, шайб 14 та самоконтрящих гайок 16. Вихідний вал з'єднується з валом мішалки 25 за допомогою шпонки 11, що забезпечує надійну передачу крутного моменту під час експлуатації апарата.

Розбирання апарата проводиться в зворотній послідовності.

					КРБ 22-068.00.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

2.4 Аналіз можливих несправностей. Розробка технології ремонту та системи планово-попереджувальних ремонтів

2.4.1 Основні експлуатаційні дефекти та причини їх виникнення

Стерилізатор сусла об'ємом 1,8 м³ експлуатується у складних робочих умовах, які характеризуються впливом високих температур (понад 100 °С), надлишкового тиску пари, хімічно активних мийних розчинів та постійних динамічних навантажень від перемішувального пристрою. У процесі тривалої експлуатації ці фактори призводять до природного зношування деталей та можуть стати причиною виникнення аварійних ситуацій. Розгляд конструктивних особливостей апарата дозволяє виділити кілька найбільш імовірних експлуатаційних несправностей.

Однією з найпоширеніших причин порушення нормальної роботи є зношування напямної втулки нижньої опори мішалки. Оскільки багатоярусна мішалка має значну довжину та масу, під час обертання в рідкому середовищі виникають суттєві радіальні навантаження. Зношування втулки призводить до збільшення радіального биття вала, що, у свою чергу, багаторазово посилює вібрацію всього апарата та пришвидшує руйнування інших вузлів.

Другою критичною групою несправностей є втрата герметичності апарата через зношування або втрату еластичності ущільнювальних елементів. Торцеве ущільнення вала та кільця (O-ring) працюють в умовах циклічних температурних перепадів та постійного контакту з агресивними лужними і кислотними розчинами під час СІР-мийки. З часом це викликає старіння еластомерів, їх розтріскування або затвердіння, що призводить до витoku пари, сусла або мийних рідин у зовнішнє середовище чи вузли приводу.

Третім вразливим елементом є приводний механізм. Зношування підшипникових вузлів та зубчастих передач мотор-редуктора виникає внаслідок

					КРБ 22-068.00.00.002 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тривалої дії динамічних навантажень, які передаються від вала мішалки. Причиною передчасного виходу редуктора з ладу також може бути деградація або витік мастила, що викликає перегрівання підшипників та заклинювання механізму.

Окремої уваги заслуговує ризик порушення цілісності металевого корпусу та зварних швів. Тривала вібрація від обертання незбалансованої мішалки у поєднанні з циклічними термічними напруженнями (під час нагрівання парою та наступного охолодження) здатні викликати явище втоми металу. Це може призвести до утворення мікротріщин у зварних з'єднаннях сорочки обігріву або на ділянках кріплення фланців, що є прямою загрозою розгерметизації посудини, яка працює під тиском.

2.4.2 Методи усунення основних несправностей

Усунення експлуатаційних дефектів стерилізатора сусли здійснюється шляхом проведення поточних або капітальних ремонтних робіт із дотриманням технологічної послідовності демонтажу. У разі критичного зношування напрямної втулки опори мішалки ремонтні роботи проводяться з частковим розбиранням апарата. Для забезпечення доступу до нижньої опори виконується демонтаж верхніх стаканів у зборі з приводом, після чого багатоярусна мішалка витягується з порожнини ємності. Зношена втулка випресовується з посадкового місця, а на її місце встановлюється нова деталь із забезпеченням необхідного натягу.

Відновлення герметичності фланцевих та різьбових з'єднань шляхом заміни еластомірних ущільнювальних кілець (O-ring) також вимагає відповідного часткового розбирання вузлів. Якщо витіки зафіксовано безпосередньо на елементах перемішувального пристрою, мішалка повністю витягується з апарата і розбирається на окремі секції. Вали та крильчатки

					КРБ 22-068.00.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

розгвинчуються, пошкоджені кільця вилучаються, а перед встановленням нових ущільнень посадкові рівчаки ретельно очищаються від залишків продукту та промиваються.

Для усунення несправностей приводного механізму, таких як зношування підшипників мотор-редуктора або порушення його внутрішніх ущільнень, повне розбирання стерилізатора не потрібне. Оскільки редуктор кріпиться до перехідного стакана болтами зсередини, демонтажу підлягає виключно верхній стакан у зборі з приводом. Після від'єднання стакана від центрального фланця кришки вузол переноситься на ремонтну дільницю, де виконується відгвинчування кріплення мотор-редуктора та його подальше переущільнення чи заміна деталей.

У разі виявлення локальної розгерметизації корпусу стерилізатора або пошкодження зварних швів внаслідок втоми металу, допускається проведення ремонтних зварювальних робіт. Дефектна ділянка зачищається механічним способом, після чого виконується заварювання тріщини або раковини. Обов'язковою умовою після виконання будь-яких робіт, пов'язаних із відновленням цілісності корпусу, є проведення позачергового технічного огляду з гідростатичним випробуванням апарата пробним тиском. Тільки за умови позитивних результатів випробування стерилізатор допускається до подальшої експлуатації.

2.4.3 Розробка системи планово попереджувальних ремонтів

Для забезпечення надійної, безперебійної та безпечної роботи стерилізатора суцільним робочим об'ємом 1,8 м³ на підприємстві впроваджується система планово-попереджувальних ремонтів (ППР) та технічного обслуговування (ТО). Ця система являє собою комплекс організаційних і технічних заходів щодо догляду, нагляду та ремонту обладнання, які

					КРБ 22-068.00.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

проводяться за заздалегідь складеним планом. Основною метою системи є запобігання прогресуючому зношуванню деталей, зниження ймовірності раптових аварійних виходів з ладу, підтримання апарата в постійній експлуатаційній готовності та забезпечення суворого дотримання вимог охорони праці.

Технічне обслуговування та експлуатація стерилізатора сусла здійснюються експлуатаційним і обслуговуючим персоналом відповідно до типової виробничої інструкції, розробленої підприємством-користувачем. Робоча інструкція чітко регламентує права та обов'язки персоналу, необхідні заходи для попередження і ліквідації можливих аварій, а також правила техніки безпеки під час роботи. Запуск апарата в роботу проводиться строго згідно з технологічним регламентом процесу стерилізації, а його робочі параметри (тиск, температура) за жодних умов не повинні перевищувати показники, передбачені технічною характеристикою.

Проведемо розрахунок циклу ППР для стерилізатора сусла при роботі в 2 зміни^[6].

Загальна тривалість ремонтного циклу:

$$T_{\text{ц}} = 4 \text{ р} = 48 \text{ міс} = 16000 \text{ год}$$

Структура циклу:

К – О – О – П – О – С – О – О – П – О – С – О – К

- 1) Цикл починається з капітального ремонту (К);
- 2) Огляд (О) проводиться два рази на рік;
- 3) Поточний ремонт (П) проводиться раз на рік;
- 4) Середній ремонт (С) проводиться раз на півтора року;
- 5) Капітальний ремонт завершує цикл.

Тривалість міжремонтного періоду:

$$t_{\text{мр}} = \frac{T_{\text{р.ц.}}}{n_{\text{ср}} + n_{\text{пр}} + 1} = \frac{16000}{2 + 2 + 1} = 3200 \text{ год}$$

Тривалість міжоглядового періоду:

					КРБ 22-068.00.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

$$t_o = \frac{T_{p.ц.}}{n_{cp} + n_{np} + n_o + 1} = \frac{16000}{2 + 2 + 3 + 1} = 2000 \text{ год}$$

Трудовістість оглядів, поточних і середніх ремонтів а також трудовістість для кожного виду ремонтних робіт наведена в таблиці 2.7

Таблиця 2.7 – норми трудовістісті ремонтів і оглядів в люд. год.

Огляд і вид ремонту	Вид ремонтної роботи			
	Слюсарні роботи	Верстатні роботи	Інші роботи	Загалом
О	0,75	0,1	–	0,85
П	4,0	2,0	0,1	6,1
С	16	7,0	0,5	23,5
К	23	10	2	35

Сумарна трудовістість ремонтного циклу визначається за формулою:

$$t_{p.ц.} = R(35 + 23,5 * \Sigma C + 6,1 * \Sigma II + 0,85 * \Sigma O) \quad (2.10)$$

R – категорія складності ремонту.

Для ємнісних апаратів харчової промисловості з механічним перемішувальним пристроєм категорія складності приймаємо R = 5;

Тоді:

$$t_{p.ц.} = 5(35 + 23,5 * 2 + 6,1 * 2 + 0,85 * 7) = 500,75 \text{ люд. – год}$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Арк.
45

[illegible]

3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Призначення теплоізоляційної сорочки

Процес термічної обробки пивного сусла у стерилізаторі пов'язаний із тривалим нагріванням та витримкою робочого середовища за високих температур (близько 100 °С) під надлишковим тиском. За таких умов велика площа зовнішньої поверхні апарата стає джерелом інтенсивного теплообміну з навколишнім середовищем. Впровадження захисного теплоізоляційного покриття є технічно необхідним кроком, який вирішує два критично важливі завдання: забезпечення енергоефективності технологічного процесу та дотримання нормативних вимог з охорони праці і техніки безпеки.

Енергоефективність використання теплової ізоляції полягає у мінімізації втрат теплоти в навколишнє середовище шляхом конвекції та випромінювання. Без належного ізоляційного шару висока різниця температур між стінкою апарата та повітрям у виробничому приміщенні призводить до перевитрати теплоносія (насиченої пари) як на стадії виходу на робочий режим, так і під час витримки сусла. Зниження теплових втрат дозволяє суттєво зменшити споживання енергоресурсів, скоротити тривалість циклу нагрівання та забезпечити високу стабільність температури, що безпосередньо впливає на якість підготовки поживного середовища.

З точки зору техніки безпеки та охорони праці, неізольовані гарячі поверхні промислового обладнання становлять безпосередню загрозу для обслуговуючого персоналу. Відповідно до чинних нормативних санітарно-гігієнічних вимог та правил безпечної експлуатації, температура зовнішніх поверхонь, до яких можливий дотик працівників під час виконання ними

					КРБ 22-068.00.00.003 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА			Літ.	Арк.	Акрушів	
Розроб.		Мартинів Ю.В.									
Перевір.		Вітенько Т.М.								46	58
Н. Контр.		Кравець О.І.									
Затверд.		Пилипець О.М.						ТНТУ гр. МО-41			

посадових обов'язків, не повинна перевищувати 45 °С. Окрім цього, ізоляція запобігає надмірному виділенню теплоти у робочу зону цеху, що покращує мікроклімат приміщення та знижує навантаження на системи вентиляції та кондиціювання.

Для реалізації цих завдань обрано тришарову конструктивну схему теплоізоляційної оболонки: «стінка ємності – ізоляційний матеріал – захисний кожух». Зовнішній захисний кожух, виготовлений із нержавіючої сталі, є необхідним елементом, який захищає відносно крихкий та пористий ізоляційний матеріал від механічних пошкоджень, проникнення вологи та агресивних мийних розчинів під час проведення зовнішньої санітарної обробки обладнання. Таке конструктивне виконання гарантує довговічність ізоляційного комплексу та стабільність його теплофізичних властивостей протягом усього періоду експлуатації стерилізатора.

3.2 Вибір матеріалу теплоізоляції

Вибір оптимального теплоізоляційного матеріалу для стерилізатора суслу базується на специфічних умовах його експлуатації. Оскільки нагрівання продукту здійснюється шляхом подачі теплоносія (насиченої пари) у сорочку обігріву, температура зовнішньої стінки апарата може досягати 140–150 °С. Відповідно, до ізоляційного матеріалу висуваються жорсткі вимоги щодо термічної стійкості та низького коефіцієнта теплопровідності. Для обґрунтування кінцевого рішення було проведено порівняння двох поширених промислових теплоізоляторів: високотемпературний спінений синтетичний каучук та мінеральну вату.

Високотемпературний спінений каучук (типу НТ) є технологічним ізолятором із закритокомірчастою структурою. Його головною перевагою є вологостійкість та зручність монтажу. Проте його гранична експлуатаційна

					КРБ 22-068.00.00.003 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

температура становить близько 150 °С. В умовах постійного контакту з гарячою паровою сорочкою стерилізатора каучукова ізоляція працюватиме на межі своїх фізичних можливостей. За таких циклічних температурних навантажень полімерний матеріал з часом неминуче втрачає еластичність, стає крихким та деградує, що призводить до втрати ізоляційних властивостей.

Мінеральна вата (зокрема на базальтовій основі) характеризується низьким коефіцієнтом теплопровідності (0,035–0,042 Вт/(м·К)) та колосальним запасом термічної стійкості, витримуючи температури до 1000 °С. Вона не змінює своєї структури і не деградує при циклічному нагріванні. Головним недоліком мінвати є її гігроскопічність, проте цей фактор повністю нівелюється конструктивним виконанням ізоляції, який передбачає герметичне захисття ізолятора зовнішнім металевим кожухом, що виключає потрапляння вологи чи мийних розчинів на ізоляційний матеріал.

Враховуючи сукупність теплофізичних та експлуатаційних показників, для теплової ізоляції стерилізатора суцільного об'ємом 1,8 м³ остаточно обрано мінеральну вату. Таке рішення обґрунтовується високою надійністю матеріалу, відсутністю ризику його деградації за високих температур, а також значно вищою економічною доцільністю порівняно з дорогим високотемпературним каучуком.

3.3 Розрахунок товщини теплоізоляційного матеріалу

Температуру внутрішньої стінки приймемо рівну температурі теплоносія, що використовується для нагріву ємності – 140°C, температуру зовнішньої стінки приймаємо 40°C, як таку яка буде безпечною при контакті з шкірою людини і не буде створювати дискомфорту при роботі в приміщенні з обмеженим простором, температуру повітря приймаємо 20°C.

$t_{bc} = 140^{\circ}\text{C}$ – температура внутрішньої стінки;

					КРБ 22-068.00.00.003 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

$t_{zc} = 40^{\circ}\text{C}$ – температура зовнішньої стінки;

$t_{\pi} = 20^{\circ}\text{C}$ – температура повітря.

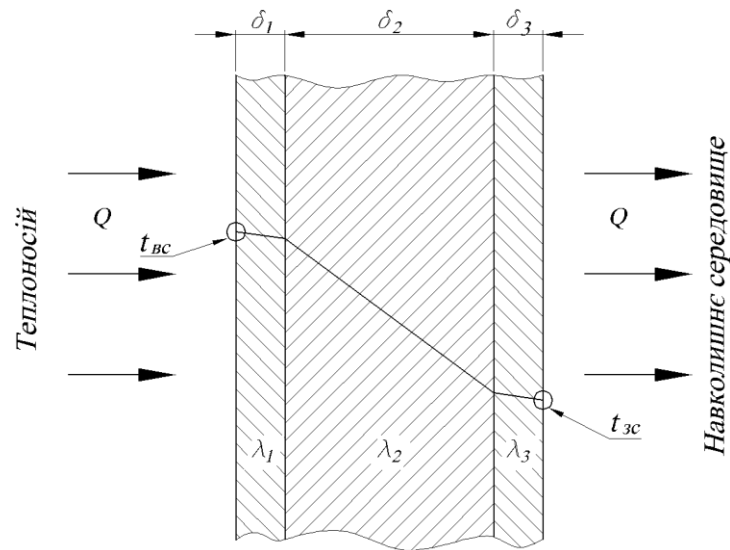


Рисунок 3.1 – Схема передавання теплоти через багатошарову стінку

Для визначення необхідної товщини ізоляції використовуємо формулу щільності теплового потоку^[7]:

$$q = \frac{(t_{\text{вс}} - t_{\text{зс}})}{\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3}} \quad (3.1)$$

Де

$\delta_{1,3} = 1,5\text{мм} = 1,5 \cdot 10^{-3}\text{м}$ – товщини металевих стінок;

δ_2 – товщина теплоізоляційного матеріалу;

$\lambda_{1,3} = 16,3 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ – теплопровідність металевих стінок;

λ_2 – теплопровідність ізоляційного матеріалу, приймаємо мінеральну вату

$$\lambda_2 = 0,040 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}.$$

Тоді

$$\delta_2 = \left(\frac{t_{\text{вс}} - t_{\text{зс}}}{q} - \frac{\delta_c \cdot 2}{\lambda_{1,3}} \right) \cdot \lambda_2 \quad (3.2)$$

Значення теплового потоку розрахуємо з втрат тепла в навколишнє середовище:

$$q = q_{\pi} + q_{\kappa} \quad (3.3)$$

Де

q_{π} – втрати при променистому теплообміні;

q_{κ} – втрати при конвективному теплообміні.

Тепловіддачу через променистий теплообмін обчислюють за формулою:

$$q_{\pi} = \varepsilon * C_0 * \left(\left(\frac{T_{3c}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{\pi}}{100} \right)^4 \right) \quad (3.4)$$

Де

ε – ступінь чорноти стінки, приймаємо $\varepsilon = 0,45$;

$C_0 = 5,67 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{°K}}$ – коефіцієнт випромінювання абсолютно чорного тіла.

Тоді

$$q_{\pi} = 0,5 * 5,67 * \left(\left(\frac{313}{100} \right)^4 - \left(\frac{293}{100} \right)^4 \right) = 56,9 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$$

Тепловіддачу через конвективний теплообмін обчислюють за формулою:

$$q_{\kappa} = \alpha * (t_{3c} - t_{\pi}) \quad (3.5)$$

Коефіцієнт тепловіддачі α можна визначити з формули:

$$Nu = \alpha \frac{l}{\lambda_{\pi}} \quad (3.6)$$

λ_{π} – коефіцієнт теплопровідності повітря – $\lambda_{\pi} = 2,6 * 10^{-2} \frac{\text{Вт}}{\text{м} \text{°K}}$

Звідки

$$\alpha = Nu * \frac{\lambda_{\pi}}{l} \quad (3.7)$$

Критерій Нуссельта знайдемо із узагальненої критеріальної формули для розрахунку теплообміну при вільній конвекції у великому об'ємі:

$$Nu = c(Gr_{\pi} Pr_{\pi})^n \quad (3.8)$$

Де

c, n – константи які визначаються добутком критеріїв Gr і Pr ;

Pr – критерій Прандтля, приймаємо $Pr = 0,703$

					КРБ 22-068.00.00.003 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Критерій Грасгофа визначимо за формулою^[8]:

$$Gr = \beta l^3 g \frac{(t_{зс} - t_{п})}{\nu^2} \quad (3.9)$$

β – коефіцієнт об'ємного розширення:

$$\beta = \frac{1}{T_c} = \frac{1}{\left(\frac{T_{сз} + T_{п}}{2}\right)} = \frac{1}{\left(\frac{313 + 293}{2}\right)} = 3,3 * 10^{-3} \frac{1}{^{\circ}K}$$

l – характерний лінійний розмір, приймаємо висоту стінки $l = 0,85\text{м}$;

g = прискорення вільного падіння;

ν – кінематична в'язкість повітря $\nu = 15,06 * 10^{-6} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$.

Тоді:

$$Gr = 3,3 * 10^{-3} * 1,2^3 * 9,81 * \frac{(40 - 20)}{15,06 * 10^{-6}} = 4,9 * 10^9$$

Таким чином отримаємо значення констант: $c = 0,135$ $n = 0,33$ ^[8];

Підставимо отримані значення у формулу Нуссельта:

$$Nu = 0,135 * (4,9 * 10^9 * 0,703)^{0,33} = 189,9$$

Тоді коефіцієнт тепловіддачі:

$$\alpha = 101,2 * \frac{2,6 * 10^{-2}}{0,85} = 4,1 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{ } ^{\circ}K}$$

Втрати теплоти за рахунок конвекції:

$$q_k = 3,1 * (40 - 20) = 82,3 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$$

Загальні тепловтрати в навколишнє середовище:

$$q = 56,9 + 61,9 = 139,2 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$$

Маючи значення теплового потоку в навколишнє середовище можемо визначити необхідну товщину ізоляційного матеріалу.

$$\delta_2 = \left(\frac{(90 - 40)}{118,8} - \frac{0,02 * 2}{16,3} \right) * 0,043 = 0,0181\text{м} = 28,7\text{мм}$$

Приймаємо товщину ізоляції $\delta_2 = 30\text{мм}$.

					КРБ 22-068.00.00.003 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Правила експлуатації обладнання що працює під тиском

Стерилізатор сусла робочим об'ємом 1,8 м³ відноситься до категорії обладнання, яке функціонує під надлишковим тиском, що перевищує межу 0,5 бар (0,05 МПа). З цієї причини його поточне використання та технічне обслуговування суворо підпорядковуються вимогам нормативно-правового акта НПАОП 0.00-1.81-18 «Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском». Згідно з цим регламентом, роботодавець зобов'язаний всебічно забезпечити збереження апарата у справному стані. Для цього офіційним наказом по підприємству призначається відповідальний працівник із числа інженерно-технічного персоналу, який пройшов відповідну перевірку знань з охорони праці. Крім того, на основі нормативної документації розробляється і затверджується детальна виробнича інструкція, яка має обов'язково знаходитися безпосередньо на робочому місці обслуговуючого персоналу.

До безпосереднього обслуговування та керування процесом стерилізації допускаються виключно особи, які досягли 18-річного віку, успішно пройшли медичний огляд, спеціальне навчання та перевірку знань щодо безпечного поводження з обладнанням, що працює під тиском. Головним обов'язком оператора є нагляд за роботою стерилізатора, який включає регулярний огляд корпусу, контроль герметичності рознімних з'єднань, а також моніторинг стану запірної арматури і пристроїв безпеки. Для фіксації всіх спостережень, поточних параметрів та результатів щозмінних перевірок на робочому місці обов'язково ведеться змінний журнал встановленої форми.

					КРБ 22-068.00.00.004 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Мартинів Ю.В.			ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ			Літ.	Арк.	Акрушів	
Перевір.		Стручок В.С.								52	58
								ТНТУ гр. МО-41			
Н. Контр.		Кравець О.І.									
Затверд.		Пилипець О.М.									

Оскільки номінальний робочий тиск у корпусі та сорочках стерилізатора знаходиться в межах до 14 бар (1,4МПа) включно, нормативні правила вимагають проведення обов'язкової перевірки справності засобів вимірювання та запобіжних пристроїв не рідше одного разу на зміну. Оператор зобов'язаний перевіряти працездатність манометра за допомогою триходового крана або запірних вентилів, що його замінюють, шляхом короткочасного переведення стрілки приладу на нульову позначку. Контроль працездатності встановлених запобіжних клапанів здійснюється шляхом їхнього короткочасного примусового відкриття, що дозволяє пересвідчитися у відсутності прикипання або заклинювання робочих елементів. Справність систем сигналізації та захисної автоматики контролюється окремо відповідно до затвердженого інженерною службою графіка.

Окремий комплекс суворих правил охорони праці передбачено для випадків, коли виникає необхідність проведення внутрішнього очищення, огляду або ремонту порожнини стерилізатора. До початку будь-яких робіт всередині корпусу апарат повинен бути повністю і надійно відсічений від усіх сполучених трубопроводів (ліній подачі пари, води, сусли та мийних розчинів) за допомогою запірної арматури. Безпосередній допуск ремонтного чи обслуговуючого персоналу у внутрішній об'єм ємності дозволяється здійснювати виключно після оформлення та видачі письмового наряду-допуску. Під час виконання операцій всередині металевого корпусу для освітлення дозволяється застосовувати виключно переносні безпечні світильники з низькою електричною напругою, яка не перевищує 12 В.

					КРБ 22-068.00.00.004 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

4.2 Дії персоналу у випадку надзвичайних ситуацій

Згідно з нормативними вимогами, обладнання має бути негайно зупинено і відключено від магістралей подачі пари та продукту в низці критичних випадків. До таких ситуацій належить виявлення несправностей запобіжних пристроїв під час підвищення тиску, а також випадки, коли тиск у корпусі або сорочці піднявся вище дозволеного рівня на 10 % і продовжує зростати, незважаючи на дотримання персоналом усіх вимог інструкції. Негайна зупинка також є обов'язковою при виявленні тріщин, випинів або пропусків у зварних швах основних елементів обладнання (обичайці, днищі, арматурі).

Окрім порушень цілісності корпусу, підставою для аварійного виведення стерилізатора з експлуатації є вихід з ладу контрольно-вимірювальних приладів. Зокрема, у разі несправності манометра та неможливості визначити робочий тиск за допомогою інших приладів, подальша робота апарата категорично забороняється. Також екстрена зупинка передбачена у разі виникнення пожежі, яка становить безпосередню загрозу для обслуговуючого персоналу або самої посудини, що перебуває під надлишковим тиском.

Після здійснення екстреної зупинки стерилізатора оператор зобов'язаний негайно сповістити про інцидент працівника, відповідального за справний стан і безпечну експлуатацію обладнання. Усі обставини та причини аварійного зупинення апарата мають бути обов'язково та детально зафіксовані у змінному журналі. Подальший пуск обладнання в роботу дозволяється лише після повного усунення причин аварійної ситуації та проведення необхідних ремонтних робіт.

					КРБ 22-068.00.00.004 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВОК

У кваліфікаційній роботі забезпечено вирішення комплексу інженерних, технологічних та організаційних задач, спрямованих на розробку конструкції та заходів з технічного обслуговування стерилізатора суслу об'ємом 1,8 м³, що дозволило повністю досягти поставленої мети.

Розглянуто конструктивні особливості стерилізатора суслу об'ємом 1,8 м³ та визначено найімовірніші експлуатаційні дефекти, серед яких зношування втулки нижньої опори мішалки, втрата еластичності ущільнень O-ring та деградація вузлів приводу.

Виконано розрахунок товщини шару зовнішньої теплової ізоляції апарата та обґрунтовано вибір оптимального матеріалу. На основі порівняльного аналізу в якості гнучкого ізолятора обрано мінеральну вату, яка за умов герметичного захисту нержавіючим кожухом забезпечує надійний захист парової сорочки, мінімізацію тепловтрат та безпечну температуру стінок при розрахунковій товщині шару 30 мм.

Розроблено комплексну технологію монтажу та підготовки до роботи стерилізатора суслу з урахуванням діючих нормативних регламентів. Визначено правила безпечного стропування, вимоги до вертикального вирівнювання корпусу, а також послідовність підключення комунікацій, що виключає передачу деформаційних навантажень на сполучну арматуру ємності.

Сформовано раціональну технологічну послідовність складання основних конструктивних вузлів та елементів перемішувального пристрою апарата. Описано покроковий алгоритм монтажу секційного вала мішалки з герметизацією різьбових з'єднань, встановлення торцевого ущільнення в стакан

					КРБ 22-068.00.00.000 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ВИСНОВОК			Літ.	Арк.	Акрушів	
Розроб.		Мартинів Ю.В.									
Перевір.		Вітенько Т.М							55	58	
								ТНТУ гр. МО-41			
Н. Контр.		Кравець О.І.									
Затверд.		Пилипець О.М.									

приводу та фіксації мотор-редуктора, що гарантує високу збиральну технологічність.

Сформовано комплекс інженерних заходів щодо ремонту обладнання та систему його планово-попереджувальних ремонтів (ППР) на основі регламентованого восьмирічного циклу експлуатації. Проведено розподіл обсягів слюсарних, верстатних і зварювальних робіт, при цьому сумарна трудомісткість ремонтних впливів для однієї ремонтної одиниці за розрахунком становить 500,7 люд.-годин.

Опрацьовано правила безпечної експлуатації стерилізатора сусли як обладнання, що працює під надлишковим тиском, відповідно до нормативу НПАОП 0.00-1.81-18. Визначено чіткий алгоритм дій обслуговуючого персоналу у випадку виникнення надзвичайних ситуацій (виявлення тріщин, відмова приладів КВПіА, пожежа).

					КРБ 22-068.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Хільчевський В. В., Кондратюк С. Є., Степаненко В. О., Лопатько К. Г. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів : навч. посіб. / за ред. В. В. Хільчевського. Київ : Либідь, 2002. 328 с.
2. Мазур М. П., Внуков Ю. М., Новосьолов В. М. Основи теорії різання матеріалів : підручник. Львів : Новий Світ-2000, 2011. 422 с
3. Гулий І. С., Пушанко М. М., Орлов Л. О., Мирончук В. Г. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості : підручник / за ред. І. С. Гулого. Вінниця : Нова Книга, 2001. 576 с.
4. Ворощук В. Я., Вітенько Т. М. Інжиніринг та 3D моделювання в середовищі SolidWorks : навч. посіб. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2023. 164 с.
5. Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском : НПАОП 0.00-1.81-18. Затверджено наказом Мінсоцполітики України від 05.03.2018 № 333. Київ : Основа, 2018. 48 с.
6. Бабанов І. Г., Таран В. М., Беседа С. Д., Бабанова О. І. Монтаж, ремонт та експлуатація обладнання. Частина II. Ремонт технологічного обладнання : курс лекцій. Київ : НУХТ, 2010. 69 с.
7. Шинкарик М.М., Кравець О.І. Основи теплотехніки: навч. посібник. — Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2024. 132 с.
8. Теплотехніка : підручник / Б. Х. Драганов, А. А. Долінський, А. В. Міщенко, Є. М. Письменний ; за ред. Б. Х. Драганова. — Київ : ІНК ОС, 2005. — 504 с.

					КРБ 22-068.00.00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ		
Розроб.		Мартинів Ю.В.					
Перевір.		Вітенько Т.М					
Н. Контр.		Кравець О.І.					
Затверд.		Пилипець О.М.			ТНТУ гр. МО-41		
					Літ.	Арк.	Акрушів
						57	58

9. Кресленики технічні. Загальні принципи подання. Частина 1. Вступ і показник (ISO 128-1:2003, IDT) : ДСТУ ISO 128-1:2005. Київ : Держспоживстандарт України, 2007. 15 с
10. Вироби з мінеральної вати на синтетичному зв'язуючому. Технічні умови : ДСТУ Б В.2.7-167:2008. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. 24 с.
11. Гандзюк М. П., Желібо Є. П., Халімовський М. О. Основи охорони праці : підручник. Київ : Каравела, 2004. 408 с

					КРБ 22-068.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58



**OPILLIA
ENGINEERING**

Зробили для себе, зробимо і для вас

ТОВ «ОПІЛЛЯ ІНЖИНІРИНГ»

46007, м. Тернопіль, вул. Лозовецька, 15

Код ЄДРПОУ 45810385

ІПН 458103819185

Р/р UA173253650000026002011978872 в АТ «КРЕДОБАНК»

Тел. +38 (067) 350-83-07

Email: yblohin@opillia.com

www.opillia.tech

ДОВІДКА

Видана студенту Мартиніву Юрію Віталійовичу, який навчається у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя, про те, що результати його кваліфікаційної бакалаврської роботи на тему:

«Розроблення конструкції та заходів з технічного обслуговування стерилізатора сусли об'ємом 1.8 м³» має практичне значення для діяльності нашого підприємства.

Запропоновані проектні рішення визнані перспективними для впровадження та будуть використані під час подальшого вдосконалення виробничих процесів, модернізації обладнання, оптимізації систем контролю якості продукції та підвищення економічної ефективності роботи підприємства.

Довідку видано для подання до Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

Керівник конструкторського відділу:

СИНІЛЬКИ О.А.

Керівник кваліфікаційної роботи:

ВІТЕНЬКО Т.М.

Дата: «23» червня 2026 р.

