

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Інститут (факультет) ННІТІ ім.акад.І.С.Гулого
Кафедра Машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв

«До захисту в ЕК»
Директор інституту(декан факультету)
Сергій БЛАЖЕНКО
(ім'я та прізвище)
«__» _____ 20__ р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри МАХФВ
Олександр ГАВВА
(ім'я та прізвище)
«__» _____ 20__ р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА ОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
(код та назва спеціальності)
освітньо-професійної програми Інжиніринг харчових та
біотехнологічних виробництв
на тему: Модернізація сушварильного апарату об'ємом 7 м³

Виконав: здобувач _____ курсу, групи 5-МАЗ

Ярмола Ростислав Олегович
(прізвище та ініціали) _____ (підпис)

Керівник Марцинкевич Леся Валентинівна
(прізвище та ініціали) _____ (підпис)

Консультанти Сергій Ястреба
(прізвище та ініціали) _____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали) _____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали) _____ (підпис)

Рецензент _____ (прізвище та ініціали) _____ (підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) незарядженої допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач _____ (підпис)

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) ННІТІ ім.акад. І.С. Гулого

Кафедра Машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв

Освітній ступінь Бакалавр

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

(код і назва)

Освітньо-професійна програма Інжиніринг харчових та біотехнологічних виробництв

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МАХФВ

Олександр ГАВВА

«__» _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Ярмоли Ростислава Олеговича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи одернізація сушварильного апарату об'ємом 7 м³

керівник роботи Марцинкевич Леся Валентинівна, старш. викл.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «__» листопада 2023 р. №__-кв

2. Строк подання здобувачем роботи _____

3. Вихідні дані до роботи: _____

Об'єкт розробки – сушварильний апарат

Науково-технічна література. ДСТУ.

Матеріали переддипломної практики

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

Анотація. Вступ. Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі

Техніко-економічне, соціальне обґрунтування. Характеристика вхідного

матеріалу і готової продукції. Опис запропонованого технічного рішення

Будова та принцип роботи обладнання

Розрахункова частина. Технологія виготовлення окремих деталей

Монтаж, ремонт та експлуатація Система управління Охорона довкілля

Заходи з охорони праці та техніки безпеки Висновки

5. Перелік графічного матеріалу

1. Загальний вигляд (1 арк);

2. Лист модернізації (1 арк);

3. Вузли (2 арк.)

4. Технологія виготовлення деталі (1 арк.)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
<i>Технол. маш-ня</i>	<i>Ястреба С.П.</i>		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Анотація. Вступ.</i>	<i>01.11.2023</i>	<i>Виконано</i>
2.	<i>Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі</i>	<i>07.11.2023</i>	<i>Виконано</i>
3.	<i>Техніко-економічне, соціальне обґрунтування</i>	<i>10.11.2023</i>	<i>Виконано</i>
4.	<i>Характеристика вхідного матеріалу і готової продукції. Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи обладнання</i>	<i>17.11.2023</i>	<i>Виконано</i>
5.	<i>Вибір конструкційних матеріалів</i>	<i>22.11.2023</i>	<i>Виконано</i>
6.	<i>Розрахункова частина</i>	<i>28.11.2023</i>	<i>Виконано</i>
7.	<i>Технологія виготовлення окремих деталей</i>	<i>05.12.2023</i>	<i>Виконано</i>
8.	<i>Монтаж, ремонт та експлуатація</i>	<i>12.12.2023</i>	<i>Виконано</i>
9.	<i>Система управління</i>	<i>18.12.2023</i>	<i>Виконано</i>
10.	<i>Заходи з охорони праці та техніки безпеки</i>	<i>26.12.2023</i>	<i>Виконано</i>
11.	<i>Охорона довкілля</i>	<i>29.12.2023</i>	<i>Виконано</i>
12.	<i>Креслення 1-3</i>	<i>03.01.2024</i>	<i>Виконано</i>
13.	<i>Креслення 4-5</i>	<i>15.01.2024</i>	<i>Виконано</i>
14.	<i>Висновки.</i>	<i>20.01.2024</i>	<i>Виконано</i>
15.	<i>Список використаної літератури.</i>	<i>01.02.2024</i>	<i>Виконано</i>

Здобувач

_____ (підпис)

Ростислав ЯРМОЛА

_____ (ім'я та прізвище)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Леся МАРЦИНКЕВИЧ

_____ (ім'я та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота на тему: «Модернізація сушварильного апарату об'ємом 7 м³» виконаний згідно виданого завдання.

Під час виконання дипломного проекту було наведено сучасний стан пивоварної галузі, проведено аналіз конструкцій різноманітних сушварильних апаратів та технологічних рішень процесу сушваріння, що дозволило визначити напрямок подальшої модернізації апарата.

Проведена модернізація дає можливість суттєво вдосконалити роботу сушварильного апарату та покращити якість готового продукту, при цьому, зменшити тривалість кип'ятіння суслу, а отже і зменшення затрат на проведення даного процесу, суттєво збільшилась проща розпилення суслу, забезпечується ефективне видалення небажаних ароматичних з'єднань, зокрема диметилсульфіду.

Були проведені розрахунки основних параметрів апарата, вибрані конструкційні матеріали, виконаний технологічний маршрут деталі «Трубчаста решітка» із розрахунками основних технологічних операцій, висвітлені питання монтажу, ремонту та експлуатації, а також заходів з охорони праці та охорони довкілля.

Кваліфікаційна робота складається з пояснювальної записки обсягом 102 сторінок та 5-ти креслень формату А1, на яких зображено фрагмент машино – апаратної схеми виробництва, загальний вигляд апарата, складальне креслення перколятора, технологічний маршрут виготовлення деталі, а також 3D модель перколятора.

SUMMARY

The qualification work on the topic: "Improvement of the wort digester with a volume of 7 m³" was completed according to the assigned task.

During the execution of the diploma project was given the present state of the brewing industry, the analysis of structures of various brewing apparatus and process technology solutions, boiling mash, allowing to determine the direction of further modernization of the machine.

Modernization makes it possible to significantly improve work-brewing system and improve the quality of the finished product, while reducing the duration of boiling wort and thus reduce the costs of carrying out this process, significantly increased pilgrimage spray wort, provides effective removal of unwanted aromatic compounds, especially dimethyl sulfide.

Were calculated basic parameters of the device selected construction materials, the technological route details "tubular lattice" from the calculation of basic technological operations, highlighted the issue of installation, repair and maintenance, as well as measures of safety and environmental protection.

The degree project consists of an explanatory note with a volume of 102 pages and 5 drawings in A1 format, which depict a fragment of the machine and equipment scheme of production, the general appearance of the apparatus, the assembly drawing of the percolator, the technological route of manufacturing the part, as well as the 3D model of the percolator.

ЗМІСТ

	Вступ.....	7
1.	Порівняльний аналіз технологічних та технічних рішень процесу кип'ятіння суслу.....	9
2.	Техніко-соціальне обґрунтування.....	30
3.	Характеристика сировини і готового продукту. Будова та принцип роботи модернізованого обладнання.....	32
4.	Вибір конструкційних матеріалів.....	42
5.	Розрахункова частина.....	45
6.	Технологія машинобудування.....	63
7.	Вимоги до монтажу, експлуатації та ремонту.....	79
8.	Система управління.....	85
9.	Охорони праці та техніки безпеки.....	88
10.	Охорона довкілля.....	95
	Висновки	100
	Список використаної літератури.....	101
	Додатки.....	103.

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ				
					Зміст				
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>	
<i>Розроб.</i>		Ярмола Р.О.							
<i>Перевір.</i>		Марцинкевич Л.В					1	1	
<i>Реценз.</i>					ПФ НУХТ гр. 5-МАз				
<i>Н. Контр.</i>									
<i>Затверд.</i>		Гавва О.М.							

ВСТУП

Однією із найважливіших галузей, у харчовій промисловості України, виступає бродильна промисловість. Вона є не лише однією із провідних галузей, а й поправу може називатися однією із найстаріших галузей, які беруть свій початок більше сотень років тому. Продуктом цієї галузі виступає пиво із різноманіттям своїх смаків та сортів. Цей продукт, за тривалий час історії, здобув прихильності у різних народів та поколінь, які відрізняються між собою за найрізноманітнішими характеристиками.

Для створення такого напою як пиво, необхідно прикласти великі зусилля. Щоб почати випуск цього напою необхідно спочатку збудувати підприємства, будівництво яких вимагає чіткої організації всіх підрозділів, вкласти у працю досвід світової практики, впровадження у роботу нових процесів і обладнання, а також максимізувати механізацію та автоматизацію транспортно-складських робіт.

На солодовених і пивоварених заводах, для скорочення витрат матеріальних ресурсів на виробництво продукції, запроваджуються нові більш перспективні технологічні процеси, широко впроваджуються нові машини та апарати. Знаходять місце нові методи замочування зерна, солодощення та висушування високоферментативного солоду, широко застосовуються циліндроконічні бродильні апарати для швидкого і безперервного бродіння та доброджування пива, діатомітові фільтри та апарати для освітлення суслу і пива. Впроваджуються нові допоміжні операції. Не останнє місце відіграє і перероблення та утилізація відходів виробництва, а також заходи по охороні навколишнього середовища.

Забезпечення виробництва пива з високими органолептичними показниками якості є одним з важливих завдань харчової промисловості України.

Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Ярмола Р.О.			Вступ	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Марцинкевич Л.В					1	1
Реценз.						ПФ НУХТ гр. 5-МАЗ		
Н. Контр.								
Затверд.		Гавва О.М.						

На формування смаку і аромату пива суттєво впливають вищі спирти, ефіри, карбонільні сполуки, органічні кислоти, сірковмісні речовини, тому що їхня кількість у пиві може значно перевищувати поріг відчуття, погіршуючи його смак і аромат.

Одним з перспективних напрямків, які дозволяють інтенсифікувати процес виробництва пива, є удосконалення сушварильного апарату, здатного виконувати кілька технологічних операцій.

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
						2
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТА ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ПРОЦЕСУ КИП'ЯТІННЯ СУСЛА

1.1. Технологічні аспекти кип'ятіння пивного сусла

Отримане під час фільтрування сусла піддають кип'ятінню протягом 1-2 годин з додаванням хмелю. Під час цього етапу в сусло переходять гіркі та ароматичні речовини хмелю, одночасно коагулюються білки.

Кип'ятіння сусла відбувається у спеціальних варильних апаратах, де забезпечуються всі необхідні умови для інтенсивного кип'ятіння сусла. Після завершення цього процесу кінцевим продуктом стає гаряче охмелене сусло.

Процеси що протікають при кип'ятінні сусла

- При кип'ятінні сусла проходить ряд важливих процесів;
- Розчинення та перетворення компонентів хмелю;
- Утворення та коагуляція білкових та дубильних речовин;
- Випаровування води;
- Стерилізація сусла;
- Руйнування всіх ферментів;
- Підвищення кольоровості сусла;
- Підвищення кислотності сусла;
- Утворення редуруючих речовин;
- Зміна вмісту в суслі диметилсульфіду та інших летких речовин.

Розчинення та перетворення компонентів хмелю

При виробництві пива найбільш важливими є такі компоненти хмелю:

- Хмелеві смоли та гіркі речовини хмелю;
- Хмелеве масло;
- Дубильні речовини хмелю;

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Порівняльний аналіз технологічних та технічних рішень	Лім.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Ярмола Р.О.					1	20
Перевір.		Марцинкевич Л.В				ПФ НУХТ гр. 5-МАЗ		
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.		Гавва О.М.						

Хмелеві смоли та гіркі речовини хмелю є найважливішими компонентами у виготовленні пива, оскільки вони надають йому гіркий смак α -кислот. Під час кип'ятіння суслу хмелеві масла мають летючі властивості, що стають більш вираженими протягом тривалішого кип'ятіння. Різні хмелеві масла володіють різною інтенсивністю та ароматом. Тому важливо зберегти хоча б частково леткі хмелеві масла в суслі.

Дубильні речовини хмелю розчиняються у воді та негайно переходять у розчин. Ці речовини важливі для формування повноти смаку та гіркоти пива.

Утворення та коагуляція білкових та дубильних речовин

Дубильні речовини хмелю та солоду повністю розчиняються в суслі та взаємодіють з його білками. Дубильні речовини солоду проявляють вищу активність у порівнянні з хмелевими. Оскільки дубильні речовини перебувають частково в окисненій формі, а білкові речовини мають різну молекулярну вагу, утворюються різні з'єднання, що відрізняються своєю поведінкою. З'єднання протеїнів та дубильних речовин, а також взаємодія білкових речовин з окисненими дубильними речовинами при високій температурі стають не розчинними і осідають у вигляді зважень гарячого суслу. Бажано максимально ефективно відокремити ці з'єднання.

Випаровування води

Інтенсивне кип'ятіння передбачає рух вмісту апарата та одночасне випаровування значної кількості води. Таким чином, кількість випареної води прямо залежить від необхідної ступені відділення білків. Показником інтенсивності випаровування води є загальна кількість води, що випаровується під час варіння. Ступінь випаровування вказує на те, який відсоток випаровується від загального об'єму суслу.

Оскільки випаровується виключно вода, екстрактивність суслу зростає. Зазначимо, що інтенсивність випаровування може різнитися в різних сусліварильних апаратах залежно від їх конструкції. Підвищення екстрактивності

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

пов'язане з особливостями конкретного виробництва. Екстрактивність сусла збільшується зі зростанням ступеня випаровування, і в гарячому охмеленому суслі вона може сягати 2% відносно екстрактивності сусла при повному наповненні суслотварильного апарату.

Стерилізація сусла

З пилом солоду в затор потрапляє значна кількість різноманітних мікроорганізмів, які, якщо їх не вчасно знищити, можуть призвести до швидкого псування пива. Під час кип'ятіння всі мікроорганізми, що містяться в суслі, знищуються..

Руйнування всіх ферментів

При кип'ятінні сусла повністю знищуються всі ферменти, які можуть ще зберігатися в ньому в невеликій кількості. Це перешкоджає подальшим неконтрольованим змінам в суслі. У випадку, якщо такі зміни є необхідними, сусло піддають додатковій обробці з використанням солодової витяжки чи першого сусла.

Підвищення кольоровості сусла

Після кип'ятіння сусло стає дещо темніше через утворення меланоїдинів та окислення дубильних речовин, що призводить до підвищення кольоровості сусла. Гаряче охмелене сусло має дещо темніший відтінок, ніж саме приготоване пиво. Проте, під час бродіння, колірність пива знову знижується.

Підвищення кислотності сусла

Кислотність сусла дещо підвищується, так як утворені при кип'ятінні меланоїдини дають кислу реакцію і крім того деяку кислотність вносить хміль. Величина рН при повному наборі сусло варильного апарату без підкислення затору складає 5,5 – 5,6, а рН гарячого охмеленого сусла складає 5,4 – 5,5.

Утворення редуруючих речовин.

Під час нагрівання сусла утворюються сполуки, які можуть зв'язати кисень у суслі та проявляти властивості відновлення. Такі хімічні сполуки називаються редуцентами, при цьому меланоїдини є одними з таких редуцентів.

Зміна вмісту диметилсульфіду під час і після кип'ятіння в сусла

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

Недостатнє видалення ДМС при виробництві солоду майже не можливо виправити під час кип'ятіння сусла в суслотварильних апаратах. Тому важливо прагнути до того, щоб вміст СММ (попередника ДМС) складав не більше 5 мг/кг солоду. Під час кип'ятіння сусла важливо видаляти утворений ДМС. ДМС є летким з'єднанням, яке повністю видаляється під час кип'ятіння протягом 75–80 хвилин при температурі 106–107 °С. З енергетичних причин цього зазвичай не роблять, тому проводять різні спроби видалення летких речовин, встановлюючи в апараті відбиваючі екрани для збільшення поверхні сусла або застосовуючи так зване "динамічне кип'ятіння".

Організація процесу кип'ятіння сусла

Сучасні пивоварні використовують різноманітні системи для кип'ятіння сусла з хмелем, і вони можуть мати різні організації процесу, а саме:

- підведення теплоти;
- барометричного режиму кип'ятіння;
- підігріву сусла до температури кипіння;
- тепловіддачі від нагрівальної поверхні до сусла;
- внесення хмелепродуктів.
- *За організацією підведення теплової енергії суслотварильні системи можуть бути:*
 - з нагрівальними сорочками;
 - з внутрішніми теплообмінниками (перколяторами);
 - з зовнішніми (виносними) теплообмінниками;
 - з комбінованим нагрівом при поєднанні різних типів теплообмінних пристроїв.

В наш час при розробці нових суслотварильних апаратів практично не використовують нагрівальні сорочки, за винятком систем тонкоплівкового типу. Серед сучасного обладнання для суслотваріння переважають апарати з внутрішнім або зовнішнім теплообмінником-нагрівачем. Далі подано аналіз технічних особливостей та функціональних можливостей традиційних суслотварильних

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
						4
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

апаратів із внутрішнім і зовнішнім теплообмінником-нагрівачем.

За організації барометричного режиму при кип'ятінні сусла системи кип'ятіння сусла бувають:

- при атмосферному тиску;
- при підвищеному тиску;
- із застосуванням динамічного режиму.

За організації підігріву сусла до температури кипіння розрізняють сусловарильні системи з підігрівом сусла перед кип'ятінням:

- безпосередньо в сусловарильному апараті;
- попередньо в спеціальному теплообмінному апараті (нагрівачі) при перекачуванні сусла в апарат сусловарильний; при такій організації процесу скорочується загальна тривалість циклу теплового оброблення сусла.

За організації тепловіддачі від нагрівальної поверхні до сусла системи можуть бути:

- традиційного об'ємного кип'ятіння;
- тонкоплівкового кип'ятіння

В пивоварінні розрізняють сусловарильні системи за організацією внесення хмелепродуктів:

- з ручним внесенням хмелепродуктів;
- з частково механізованим та автоматизованим внесенням хмелепродуктів;
- з повністю механізованим та автоматизованим внесенням хмелепродуктів.

Внесення хмелевих продуктів вручну здійснюється через відкритий люк порційно, зазвичай за 2-3 рази протягом циклу варіння. Цей метод залишається актуальним на пивоварнях, що використовують застаріле та неавтоматизоване варильне обладнання. Оскільки це обладнання спочатку було розроблено для внесення натурального хмелю у вигляді шишок, його комплектують хмелевідділювачем. Після завершення варіння через цей відділювач гаряче охмелене сусло прокачують для відокремлення частинок хмелю, відомих як хмелева дробина.

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
						5
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оскільки сушварильний апарат інтенсивно кипить сушло протягом 1-2 годин, необхідно, щоб апарат був оснащений потужною системою обігріву. Протягом часу еволюціонували методи обігріву апаратів, що призводило до змін їхньої форми.

За видом обігріву сушварильних апаратів розрізняють:

- Сушварильні апарати з прямим обігрівом;
- Сушварильні апарати з паровим обігрівом;
- Сушварильні апарати з обігрівом гарячою водою;

Найстарішим методом обігріву сушла в сушварильному апараті є вугільна топка. Цей спосіб передбачає пряме спалювання вугілля або іншого палива під дном апарату. На сучасний момент такий метод дуже рідко зустрічається і в основному можна знайти його застосування в старовинних варильних цехах.

Завдяки сферичній формі дна апарата для кип'ятіння сушла, процес кип'ятіння сприяє циркуляції сушла від центра до бокових стінок. Щодо пізніших перетворень таких котлів на пряме опалення газом або топковим мазутом, це може бути обумовлено прагненням до ефективнішого та чистішого способу опалення. Газ та топковий мазут часто використовуються як джерела тепла через їхню високу ефективність та менший вплив на довкілля порівняно з іншими видами пального. Переходження на такі джерела тепла може бути частиною стратегії збереження енергії та зменшення вуглецевого сліду виробництва.

При кип'ятінні сушла потрібно забезпечити виконання наступних основних інженерних завдань:

- організувати заповнення апарату сушлом;
- організувати підведення теплової енергії;
- організувати внесення дозованих порцій хмелепродуктів;
- забезпечити ефективний тепло- і масообмін;
- забезпечити заходи по мінімізації контакту сушла з киснем повітря, при якому гіркоту сушла зростає, а пиво набуває неприємного смаку;
- забезпечити відведення і утилізацію теплоти утворюється вторинного пара;

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

- організувати спорожнення апарату;
- організувати ефективне безрозбірне миття апарату і його теплообмінних систем.

1.2. Устаткування сушварильних систем

Сушварильні апарати призначені для теплового оброблення і охмелення сушля з метою забезпечення його хімічної і мікробіологічної стабілізації і надання йому специфічних органолептичних властивостей.

На (рис. 1.1) представлений **традиційний сушварильний апарат** конструкції 70-80 років минулого століття, який до нещодавнього часу був досить поширеним на пивоварнях. Апарат складається з звареного сталевого циліндричного корпусу 9 із сферичними днищем і кришкою 4. На днище розташована парова сорочка 22, яка має штуцери для підведення пари, відведення повітря і конденсату. Окрім парової сорочки, нагрів сушля в апараті відбувається за допомогою перколятора - кожухотрубного теплообмінника - нагрівача 13, розміщеного в середині апарата.

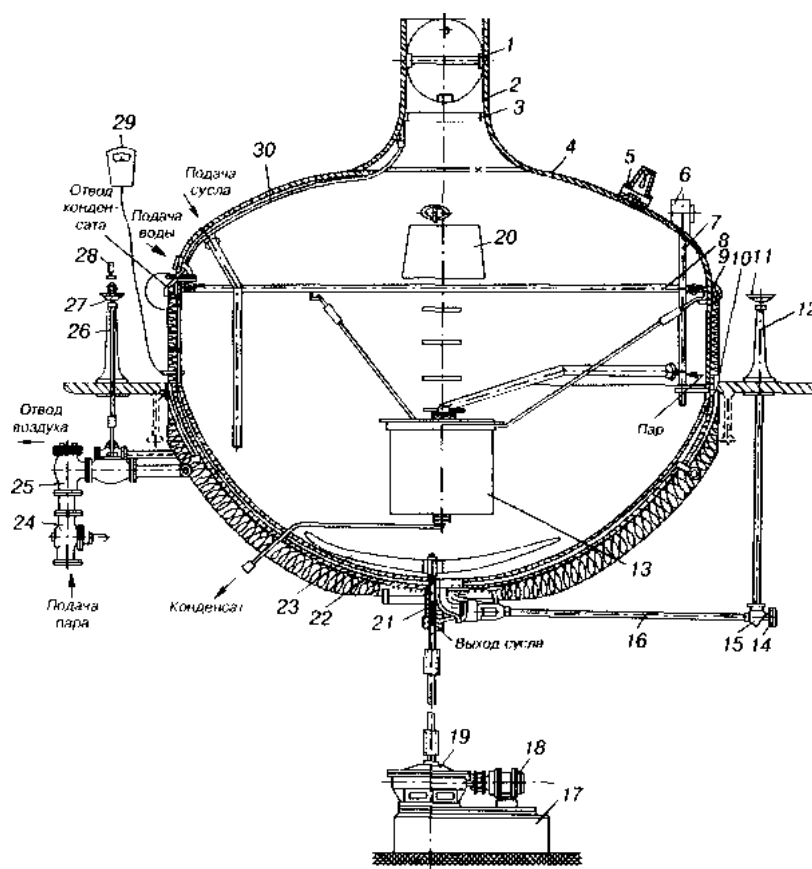


Рис 1.1 - Сушварильний апарат другої половини ХХ ст

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

Сушловарильний апарат після заповнення сушлом і подачі хмелю герметично закривають і в парову сорочку пускають гріючу пару. Спочатку при відкритому повітряному вентилі з сорочки паром витісняють повітря, після чого вентиль перекривають. При закипанні сушла та досягненні тиску пари 0,03 МПа перекривають паровий вентиль, залишаючи в ньому невелику прохідну щілину для підтримки постійної температури кипіння (приблизно 105 ° С). При цих умовах сушло витримують 1,0-1,5 ч, після чого припиняють подачу пари і поступово відкривають дросельну заслінку в витяжній трубі апарату. Тиск в ньому починає падати, а пивне сушло - інтенсивно кипіти. Кип'ятіння сушла під тиском поряд зі скороченням тривалості процесу і економією пара сприяє більш повного випадання білків, внаслідок чого поліпшується освітлення пива і прискорюється його фільтрація.

Після закінчення варіння відкривають повітряний вентиль з метою запобігання порожнини нагрівальної сорочки від вакуумування.

Сучасні сушловарильні апарати з зовнішнім нагрівачем. При організації зовнішнього нагріву сушла корпус сушловарильного апарату об'єднують з циркуляційним насосом і кожухотрубні теплообмінники в єдиний циркуляційний контур. Описана система з насосом забезпечує безперервну циркуляцію сушла через теплообмінник і використовується для нагрівання сушла перед поверненням його в сушловарильний апарат.

До переваг сушловарильних апаратів із зовнішнім нагрівачем відносять:

- більш ефективне використання внутрішнього простору сушловарильного апарату, оскільки воно не загромаджене внутрішнім теплообмінником;
- велику технологічну гнучкість сушловарильної системи при змінному завантаженні сушловарильного апарату;
- можливість застосування нагрівача з більшою площею поверхні теплообміну, оскільки вона не обмежується формою і об'ємом сушловарильного апарату (в зв'язку з цим їх застосовують переважно в сушловарильних системах з механічною або термічною компресією, оскільки вони вимагають дуже великої площі поверхні нагрівання);

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
						8
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- простішу організацію мийки сушварильного апарата завдяки відсутності в ньому мертвих зон;
 - можливість роботи з більш високим тиском насиченої пари (хоча з технологічної точки зору це небажано, оскільки призводить до більш високих термічних навантажень на сушло);
 - кращу стійкість нагрівача до забруднень, викликаним пригоранням сушла, внаслідок забезпечення в трубах нагрівача постійного потоку сушла;
 - можливість застосування циркуляційного насоса сушварильної системи також для внесення в сушварильний апарат хмелепродуктів;
- можливість застосування одного нагрівача для двох сушварильних апаратів (рис. 1.2).

До *недоліків* сушварильних апаратів із зовнішнім нагрівачем відносять:

- велику потребу у виробничій площі (для розміщення виносного теплообмінника);
- більш інтенсивну примусову механічну циркуляцію сушла через нагрівач, а отже, більш високу інтенсивність гідродинамічних впливів на сушло в трубах нагрівача, що призводить до підвищених напружень зсуву при обробленні сушла;
- менш ефективне використання поверхні нагрівача, оскільки його зовнішня поверхня не контактує з сушлом;
- наявність теплового випромінювання поверхні виносного нагрівача;
- потреба в більшій поверхні ізоляції через необхідність ізолювання виносного нагрівача;
- більш високі інвестиційні витрати;
- підвищені експлуатаційні витрати (внаслідок великих витрат енергії на більш інтенсивну циркуляцію сушла; на технічне обслуговування і профілактику виносного нагрівача).

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
						9
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

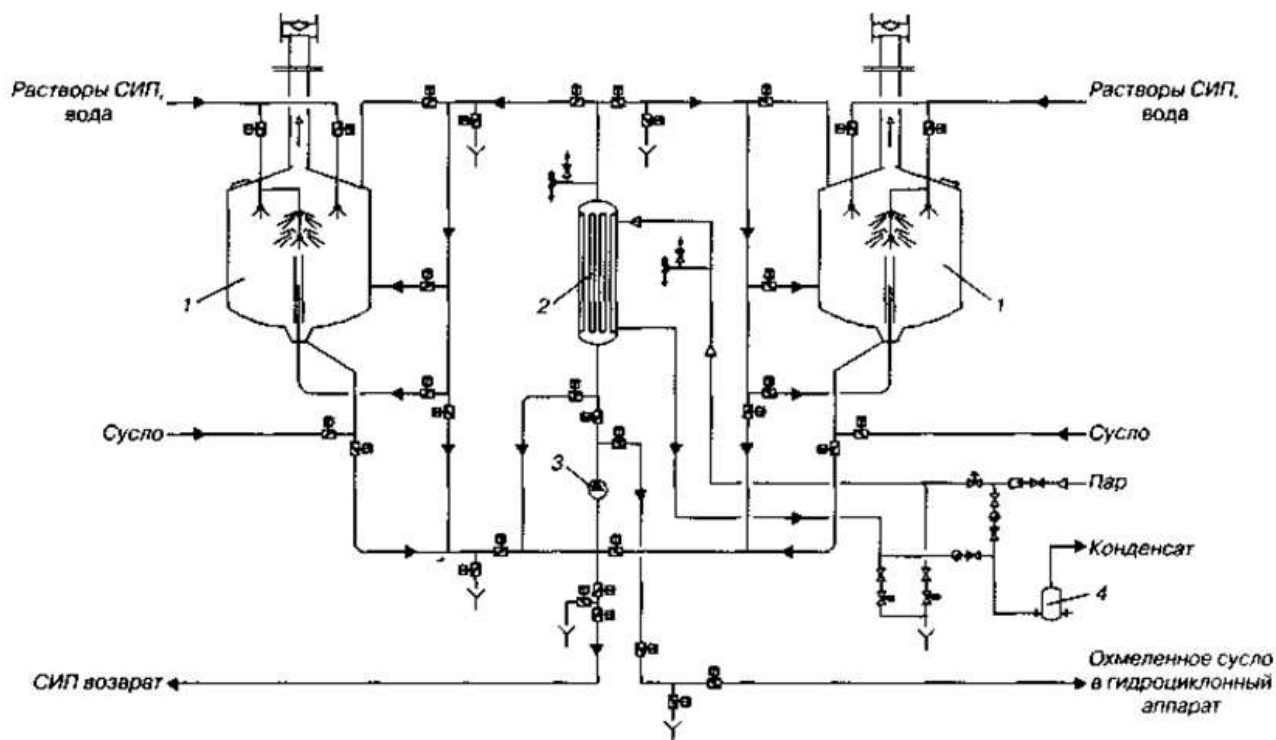


Рис. 1.2 Функціональна схема сушварильних системи із зовнішнім нагрівачем: 1 сушварильний апарат; 2 теплообмінник; 3 насос; 4 збірник конденсату

Сушварильний апарат з внутрішнім нагрівачем (рис. 1.3) представляє собою ємність круглого перетину, встановлену на опорах 15. До циліндричного корпусу 1 апарату приварені кришка 8 і днище 14, в нижній частині якого розміщено поглиблення - зливна чаша 16. Всі частини апарату, дотичні з затвором, виконані з нержавіючої сталі.

Співвідношення висоти і діаметра циліндричної частини корпусу складає приблизно 1: (1,5-2,0). Коефіцієнт заповнення сушварильного апарата -0,7.

Кришка апарату має конічну форму з кутом біля основи 25 °. До неї приєднують вертикальну витяжну трубу 6, діаметр якої становить приблизно 0,10-0,15 від діаметра апарату. У місці примикання витяжної труби до кришки розташований кільцеподібний жолоб 5 для збору конденсату вторинної пари, що виводиться назовні по конденсатопроводу 4.

На кришці розміщують люк 3 діаметром 600 мм, систему внутрішнього підсвічування і світлову сигналізацію (на рисунку не показані). Кришка люка оснащена системою електроблокування і вбудованим оглядовим вікном.

						Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			10

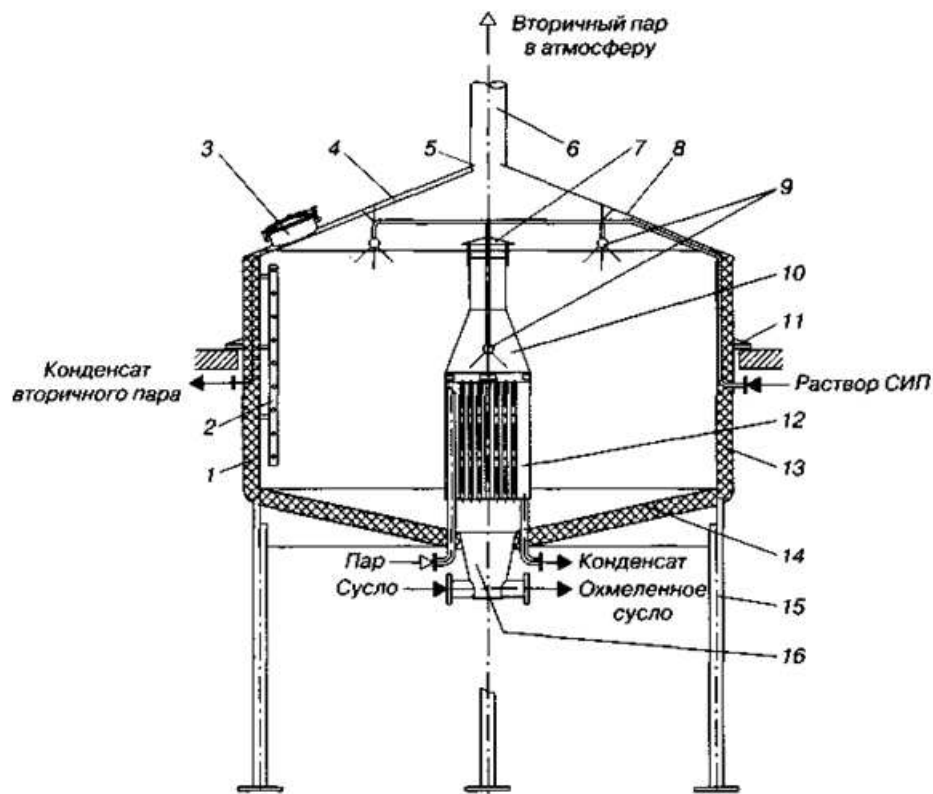


Рис. 1.3 - Апарат для кип'ятіння сусла із внутрішнім нагрівачем:
 1 - корпус; 2 - сходи; 3 - люк; 4 - конденсаторовід; 5 - жолоб кільцевий; 6 -
 витяжна труба; 7 - ковпак відбійний; 8 - кришка; 9 - миюча головка; 10-
 конічний дифузор; 11 - кільце декоративне; 12- теплообмінник (перколятор); 13-
 теплоізоляція; 14 - днище; 15 - опора; 16 - чаша зливна

В апараті - під люком на внутрішній стінці корпусу - розміщена сходи 2 з нержавіючої сталі для періодичного обслуговування внутрішніх пристроїв апарату.

Циліндричну частину корпусу і днище теплоізолюють. Поверх теплоізоляції 13 накладають декоративне облицювання з тонколистової нержавіючої сталі, яку приварюють до верхньої кромки конічної кришки, яка виступає на товщину ізоляції. На рівні перекриття до облицювання ізоляції приварюють декоративне кільце 11.

Зовнішню поверхню кришки і декоративного облицювання над майданчиком обслуговування піддають склбісерній струменевій обробці або поліруванню.

Усередині апарату і дифузора розміщені кульові миючі головки 9 системи безрозбірної автоматизованої мийки, через які нагнітаються миючі розчини під

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

тиском 0,25 МПа.

У середині апарату розміщують нагрівач 12, який представляє собою кожухотрубний теплообмінник. У міжтрубний простір теплообмінника подають гріючу пару при надмірному тиску до 0,3 МПа, а у відкритих з обох сторін трубах циркулює сусло. Теплообмінник зафіксований в апараті на трьох трубчастих опорах, які одночасно є трубопроводами для підведення в міжтрубний простір гріючої пари і відведення з нього конденсату. Труба для підведення пари підноситься всередині трубного простору над нижньою трубної ґратами, а труби для відводу конденсату виконані з нею врівень.

Безпосередньо до верхньої трубної решітці теплообмінника по її периметру примикає конічний дифузор 10, звужує потік сусла, що виходить з труб теплообмінника. Завдяки звуженню зростає швидкість потоку і відповідно знижується тиск струменя, що виходить з дифузора.

Над конічним дифузором закріплений відбивач 7, що перешкоджає викиду сусла в верхню частину апарату і розподіляє у верхній його частині потік сусла, що виводиться з теплообмінника в процесі його циркуляції, обумовленої різницею температур сусла в трубах.

У деяких сучасних сусловарильних апаратах для збільшення площі поверхні випаровування сусла відбивачі виготовляють у вигляді подвійного відбійного ковпака

Сусловарильний апарат системи *Ecoterm*

Виявлені проблеми сусловарильних апаратів усунені в сучасних конструктивних розробках внутрішніх нагрівачів.

На підприємстві *Steinecker* розроблена нова сусловарильна система *Ecoterm*, забезпечує запобігання негативним технологічних впливів і дозволяє технологам цілеспрямовано впливати на найважливіші параметри сусла вже безпосередньо на стадії його кип'ятіння з хмелем.

Відмінними рисами системи *Ecoterm* є:

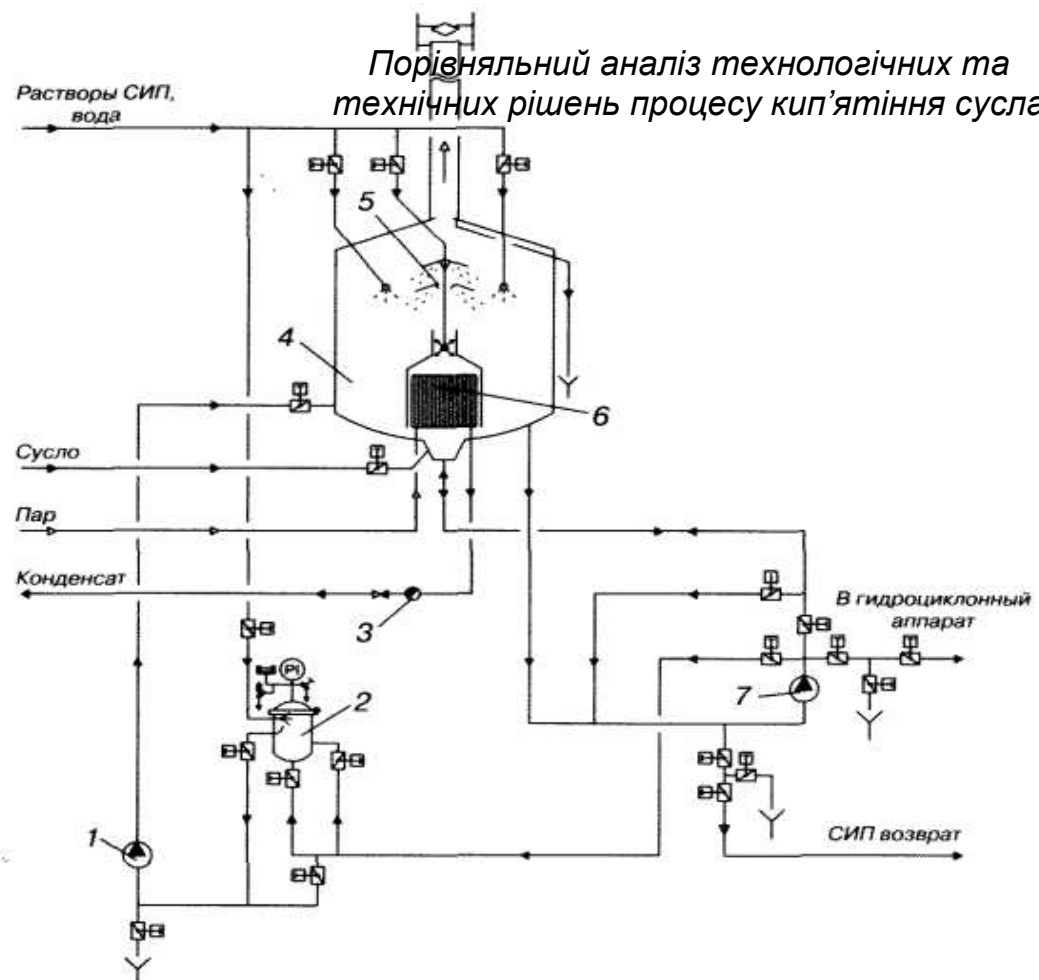
- поєднання природної і примусової циркуляції сусла;
- гнучка система управління температурою пари, що гріє і кратністю

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

примусової циркуляції сусла;

- подвійний відбивач сусла, що виходить з внутрішнього теплообмінника.

Для примусової циркуляції сусла в системі *Ecoterm* (Рис. 1.4) використовують існуючий насос для відведення гарячого сусла, привід якого доповнений частотним регулятором, завдяки якому забезпечують управління подачею насоса. При цьому цей насос виконує кілька функцій: застосовується для спорожнення суслотварильного апарата, для циркуляції в ньому сусла в процесі варіння, а в деяких випадках і для порційного автоматичного внесення хмелепродуктів в суслотварильний апарат. Циркуляцію починають після досягнення певного рівня сусла в апараті, не чекаючи закінчення його заповнення.



*Рис. 1.4 - Функціональна схема суслотварильних системи Ecoterm:
1 - насос для внесення хмелепродуктів; 2 - збірник хмелепродуктів; 3 – конденсато-відвідник; 4 - корпус суслотварильного апарата; 5 - подвійний відбивач; 6 - теплообмінник внутрішній; 7 - насос сусла.*

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Таким чином, в системі *Ecoterm* поєднується природна і примусова циркуляція суслу, однак інтенсивність останньої істотно нижче в порівнянні з примусовою циркуляцією, що здійснюється в сусловарильному апараті з зовнішнім нагрівачем, що дозволяє обробляти сусло у сприятливих гідродинамічних умовах.

Роль додаткової примусової циркуляції суслу в системі *Ecoterm* зводиться лише до того, щоб в трубах внутрішнього нагрівача рух суслу забезпечувалося протягом усього циклу варіння, а не затримувалося або не припинялося зовсім. Здійснюють це наступним чином: сусло з сусловарильного апарата відбирають насосом і повертають в придонну частина апарату безпосередньо під нижню трубну решітку нагрівача.

Поєднання природної і примусової циркуляції в системі забезпечує наступні переваги при кип'ятінні суслу з хмелем: інтенсифікацію теплообміну в нагрівачі, внаслідок чого скорочується тривалість нагрівання суслу на -10 хв, що сприяє збільшенню оборотності сусловарильного апарата;

- поліпшення гідродинамічних умов і виключення застійних зон в апараті;
- запобігання пульсації і забезпечення рівномірної швидкості потоку суслу в трубах нагрівача
- згладжування температурних розшарувань суслу в сусловарильному апараті і забезпечення лінійного наростання температури
- збільшення значень коефіцієнта теплопередачі і звуження діапазону їх коливань відносно середніх значень, що свідчить про підвищення ефективності і рівномірності теплообміну;
- зменшення забруднень на стінках нагрівача, в результаті чого період між простоями сусловарильного апарату для необхідної очищення збільшується; крім того, гранули хмелю, захоплені циркуляційним потоком, прокачувати насосом через труби нагрівача, сприяють їх очищенню безпосередньо в процесі роботи;
- щадну термічну навантаження на сусло в апараті, що сприяє збереженню в суслі азотистих з'єднань і отримання оптимального складу білка в гарячому суслі,

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

що згодом позитивно впливає на піноутворення;

- поліпшення розподілу пов'язаного ДМС і прискорення видалення вільного ДМС;
- зменшення загального випаровування;
- економію теплової енергії;
- можливість виключення спеціального насоса для дозування в сушварильний апарат хмелепродуктів, оскільки цю функцію може забезпечити той же циркуляційний насос через байпасну лінію.

Системою управління передбачена попередня установка оптимальних для кожної фази процесу варіння значень температури і подачі циркуляційного насоса індивідуально для кожного сорту пива.

Подвійний відбивач, розслоюючи потік киплячого суслу, забезпечує суттєве збільшення площі поверхні випаровування, завдяки чому прискорюється видалення з суслу негативних летючих компонентів, зокрема ДМС, і знижуються витрати теплової енергії. Загальна випаровування не перевищує 6% за варіння, а тривалість стадії кип'ятіння скорочується до 65-70 хв. Система *Ecoterm* при максимальному сумарному випаровуванні 6% дозволяє заощадити близько 20% енергії.

Крім цього конструктивну будову подвійного відбивача забезпечує ще одне технологічне перевагу. За рахунок різних кутів нахилу поверхонь подвійного відбивача щодо горизонталі потоки киплячого суслу перетинаються один з одним, забезпечуючи при цьому ефективне піногасіння в сушварильного апараті.

Сушварильний апарат системи Stromboli. При безсумнівних технічних і технологічних перевагах сушварильного апарата системи *Ecoterm* аналіз його конструктивного устрою показує, що, незважаючи на істотне поліпшення руху суслу в трубах під час його нагрівання і кип'ятіння, в порівнянні з традиційним внутрішнім нагрівачем, швидкості потоків в трубах неоднакові. У центральних трубах теплообмінника, розташованих безпосередньо над патрубком, за яким повертається в сушварильний апарат циркулює сусло, швидкість потоку вище, в той час як в крайніх трубах нагрівача швидкість потоку нижче. Ця обставина стало

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

ще однією причиною для технічного вдосконалення конструкції сушварильного апарата.

У 2003 р підприємство *Steinecker* випустило новий сушварильний апарат системи *Stromboli*, в якому усунуто нерівномірність руху сусла в трубах внутрішнього нагрівача і підвищена технологічна ефективність його функціонування.

Системою *Stromboli* є сушварильний апарат з внутрішнім нагрівачем, в якому забезпечується ефективне видалення ароматичних речовин нижче необхідних порогових значень і при цьому зберігається потрібну кількість важливих для ціноутворення з'єднань при загальному випаровуванні 2-4%.

Основним конструктивним відмінністю сушварильного апарата системи *Stromboli* від системи *Ecoterm* є те, що труба 4, по якій циркулює сусло повертають в апарат, проходить через кожухотрубний нагрівач 5 уздовж його центральної осі, між гріють труб (Рис. 1.5).

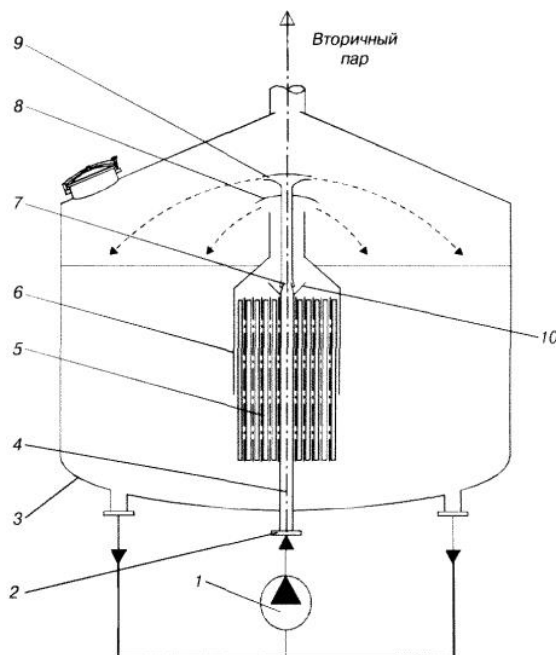


Рис 1.5. Принциповий пристрій системи кип'ятіння сушварильного апарата *Stromboli*: 1 - циркуляційний насос частотним регулятором; 2 - штуцер для відводу сусла на циркуляцію; 3 – корпус сушварильного апарата; 4 - центральна труба; 5 - кожух-трубчастий теплообмінник-нагрівач; 6 - напрямлюючий кожух; 7 - ежектор; 8 - нижній екран; 9 - верхній розподільник сусла; 10 - зонтик для розподілу сусла.

На верхньому кінці циркуляційної труби кріпиться подвійний відбивач для

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

розподілу сусла, що складається з нижнього екрану 8 і верхнього розподільника 9 сусла.

Через центральну трубу насосом із частотним регулятором прокачують сусло, яке забирають через кілька симетрично розташованих вихідних штуцерів 2, розташованих в днищі апарату. Таким чином, забезпечують 8-кратну циркуляцію сусла через центральну трубу по відношенню до обсягу повного набору.

На відміну від традиційних внутрішніх нагрівачів сусло надходить не під внутрішню поверхню верхнього зонтоподібного відбивача, а розподіляється безпосередньо між нижньою частиною верхнього розподільника сусла і розташованим над нею регульованим по висоті ковпаком. Завдяки можливості регулювати величину зазору в верхньому розподільнику можна впливати не тільки на площу поверхні сусла, а й на інтенсивність його циркуляції.

Сусловарильна установка *Merlin* з випарником тонкоплівкового типу (рис. 1.6), яка забезпечує одержання пива високої якості при зниженні загального випарювання до 4% і значної економії енергії на кип'ятіння (до 75%), а в цілому по броварні на 20-28%.

Система включає тонкоплівковий випарник, що з'єднаний з гідроциклонним апаратом у циркуляційному контурі. У складі системи також присутні циркуляційний насос і пристрій для точного введення хмелепродуктів. Тонкоплівковий випарник має форму циліндричного корпусу з конічною кришкою, оснащеною витяжною трубою та конічним днищем, вершина якого направлена всередину апарату. Сусло поступає у випарник через трубопровід, який проводиться до вершини конічного днища з гідроциклонами апарата. Прямо над вершиною конічного днища розташований зонтоподібний відбивач для рівномірного розподілу сусла в апараті вздовж конічної поверхні днища.

На зовнішній (нижній) поверхні конічного днища розташована двосекційна нагрівальна сорочка. Площа поверхні верхньої секції сорочки відноситься до площі нижньої секції як 1:2. Подача пари для обігріву організована так, що обидві секції можуть працювати одночасно, або тільки нижня секція з більшою площею

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
						17
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

нагрівання, залежно від потреб системи.

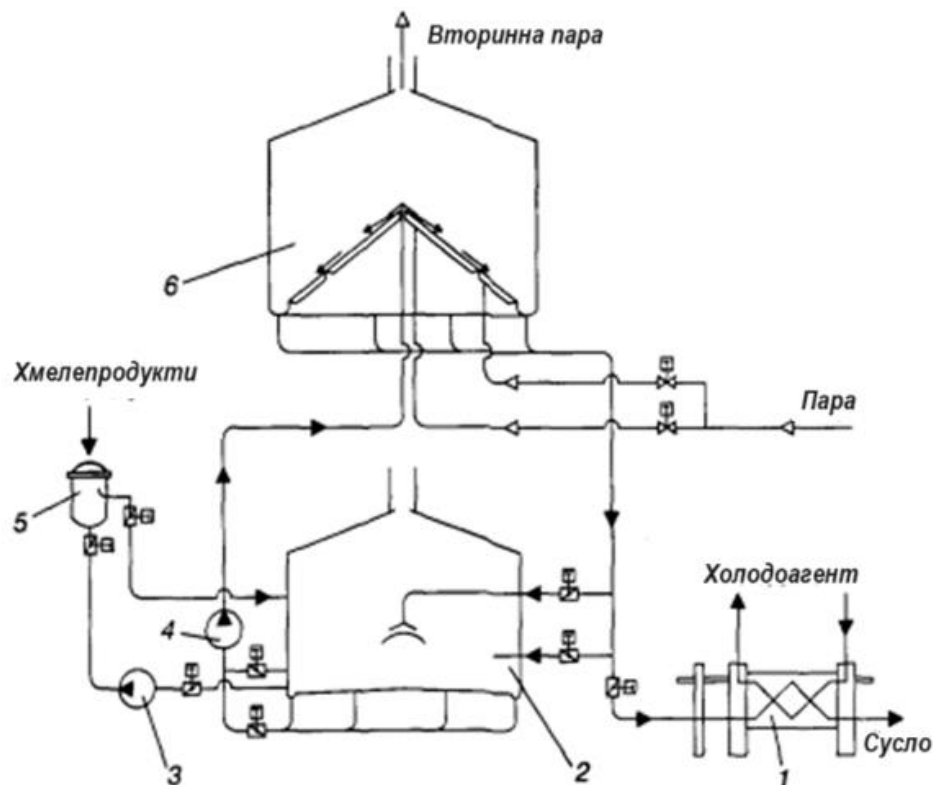


Рис. 1.6.- Принципова функціональна схема сушварильної системи Merlin:
 1 - теплообмінник-охолоджувач; 2 - апарат гідроциклонний; 3 - насос для внесення хмелепродуктів; 4 - насос циркуляційний; 5 - збірник-дозатор хмелепродуктів; 6 - випарник тонкоплівковий

Між корпусом і конічним днищем розташований кільцеподібний жолоб, до нижньої частини якого рівномірно приварене кілька штуцерів для відведення нагрітого сусла. Сусло, що відводиться з цих штуцерів, об'єднується в один загальний трубопровід і, завдяки принципу самопливу, повертається в гідроциклонний апарат.

У системі Merlin стандартно використовується гідроциклонний апарат, введення сусла в який може здійснюватися не лише традиційним тангенціальним методом в пристінкову область апарата, але й через його центральну частину, що розташована нижче рівня рідини. Крім того, в системі Merlin до апарату освітлення додано пристрій для точного введення хмелепродуктів. Для покращення розщеплення пов'язаного ДМС та ізомеризації хмелю, а також для оптимізації інших температурозалежних процесів у суслі, гідроциклонний апарат ізолюється.

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Кратність циркуляції, товщину шару (плівки) суслу та швидкість тангенціального введення суслу в гідроциклонний апарат можна плавно регулювати за допомогою зміни подачі циркуляційного насоса, обладнаного частотним регулятором, аби досягти оптимальних параметрів. Випарник і гідроциклонний апарат відзначаються наявністю кульових миючих головок у системі безрозбірної автоматизованої мийки.

Система приготування суслу Merlin працює за наступним принципом. Перед початком варіння сусло збирається у гідроциклонному апараті, після чого циркуляційним насосом прокачують його багаторазово (5-6 обсягів на годину) тонким шаром по гарячій конічній поверхні випарника. При цьому гідроциклонний апарат виступає в ролі проміжного збірника.

Сусло, що стікає з поверхні конуса, подається в кільцевий жолоб, звідки воно при температурі кипіння самопливом повертається в гідроциклонний апарат. Через верхній штуцер частина потоку надходить безпосередньо в центральну частину гідроциклонного апарату для вирівнювання температури суслу в центрі, а через нижній штуцер друга частина потоку входить тангенціально. Цей метод сприяє постійному обертанню вмісту гідроциклонного апарату, що дозволяє на стадії варіння відокремлювати важкі частинки гарячого білкового відстою від суслу.

Повернення суслу в гідроциклонний апарат здійснюється самопливом за рахунок різниці висот. Швидкість суслу на вході в гідроциклонний апарат складає 1,0-1,5 м/с, що в значеннях набагато нижче, ніж традиційно рекомендовані для гідроциклонних апаратів (4 м/с). Проте білковий відстій ефективно та компактно осідає в центрі гідроциклонного апарату.

Дуже гарне осадження білкового осаду при незначних швидкостях тангенціальної подачі пов'язане з надходженням суслу з випарника в гідроциклонний апарат самопливом у цьому випадку пластівці скоагульованого білка не розбиваються насосом і, отже, потрапляючи в гідроциклонний апарат осідають в центральній частині на днище апарату. Якщо немає можливості розмістити випарник над гідроциклонним апаратом, їх можна розмістити на

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

одному рівні поруч. Проте в такому випадку самоплив сусла з випарника в гідроциклонний апарат стає неможливим, і необхідна перекачування сусла насосом. При цьому, білкові відстої розбиваються відцентровим насосом, що призводить до того, що швидкість тангенціального введення сусла в апарат повинна бути, як правило, близько 3-4 м/с.

Тонкоплівкове кип'ятіння створює дуже велику поверхню випаровування, де сусло на теплопередавальній поверхні постійно оновлюється за рахунок стікання у вигляді тонкої плівки з конічної поверхні випарника і багаторазової рециркуляції через гідроциклонний апарат. Цей процес забезпечує рівномірну теплову обробку всієї маси сусла, при цьому досягається високий технологічний результат при випаровуваності всього 1,5-2,5%.

Внесення хмелепродуктів у вигляді гранул або екстракту здійснюються безпосередньо в гідроциклонний апарат.

Істотною перевагою сусловарильної системи *Merlin* є економія теплової енергії на кип'ятіння досягає -75%. У свою чергу суттєво скорочений об'єм випарів і скорочення кількості циклів миття устаткування позитивно позначається на скороченні кількості стічних вод, а скорочення споживання палива - на зменшенні шкідливих газових викидів, що сприятливо позначається на екології навколишнього середовища.

Висновок: Кип'ятіння пивного сусла являється затратним процесом, з багатьма нюансами. Тому для здійснення цього процесу використовуються різного типу та конструкції сусловарильні апарати, які виключають недоліки, а також, мають певні переваги над своїми аналогами. Зробивши аналітичний огляд та розглянувши різного типу та конструкції сусловарильні апарати можна сказати, що технологічної точки зору *Merlin*- найкраща сусловарильна система, що забезпечує виробництво високоякісного пива. Однак із появою систем *Stromboli* практичний інтерес до *Merlin* знизився бо попередня забезпечує найкращі показники при хороших показниках охмеленого сусла.

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

2. ТЕХНІКО – СОЦІАЛЬНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

Процес кип'ятіння сусла є необхідним етапом у виробництві пива, в якому сусло після фільтрації піддається кип'ятінню протягом 1-2 годин з додаванням хмелю. Під час цього процесу у сусло переходять гіркі та ароматичні речовини хмелю, а також відбувається коагуляція білків.

Кип'ятіння сусла проводиться в спеціальних сусловарильних апаратах, які відіграють ключову роль у процесі виробництва пива. Гірке та ароматичне сусло, що виходить після кип'ятіння, стає кінцевим продуктом цієї стадії і відомим як гаряче охмелене сусло.

З метою забезпечення ефективності та енергоефективності використовуються сусловарильні апарати, які повинні гарантувати високу продуктивність за мінімальних енергетичних затрат. Якість отриманого сусла напряму впливає на якість кінцевого продукту - пива. Таким чином, використання високоякісного технологічного обладнання, такого як сусловарильні апарати, є важливим елементом виробництва високоякісного пива.

– У зв'язку з цим, до конструкції сусловарильних апаратів, та систем кип'ятіння висувають такі основні вимоги:

– максимальна ефективність теплообміну, тобто максимально можливий коефіцієнт теплопередачі;

– більш ефективне застосування внутрішнього простору сусловарильного апарату, оскільки воно не загромаджене внутрішнім теплообмінником;

– велику технологічну гнучкість сусловарильної системи при змінному завантаженні сусловарильного апарата;

– кращу стійкість нагрівача до забруднень, викликаним пригорання сусла, внаслідок забезпечення в трубах нагрівача постійного потоку сусла;

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Ярмола Р.О.			Лім.	Арк.	Акруїв
Перевір.		Марцинкевич Л.В				1	3
Реценз.					ПФ НУХТ гр. 5-МАЗ		
Н. Контр.							
Затверд.		Гавва О.М.					
Техніко-соціальне обґрунтування							

- невелику потребу у виробничій площі;
- поліпшення гідродинамічних умов і виключення застійних зон в апараті;
- запобігання пульсації і забезпечення рівномірної швидкості потоку суслу в трубах нагрівача;
- поліпшення розподілу пов'язаного ДМС і прискорення видалення вільного ДМС;
- економію теплової енергії;
- забезпечити хороше збереження білкових фракцій, що впливають на ціноутворення і піностійкість в пиві;
- скоротити кількість миючих циклів і забезпечити економію води і миючих засобів;
- знизити негативні впливи на навколишнє середовище (об'єм газових викидів і стічних вод).

Модернізація суслотварильного апарата із внутрішньо розташованим кип'ятильником є стратегічним кроком після проведення аналізу технологічних та технічних рішень процесу суслотваріння. Отримані результати вказують на різноманітність конструкцій і принципів роботи суслотварильних апаратів.

Суть запропонованої модернізації полягає у встановленні спеціального відбійника з розпилювачем над перколятором. Ця інноваційна конструкція призначена для забезпечення безперервної циркуляції сусла по двох контурах. Сусло, під впливом природної термічної циркуляції, прокачується по трубах теплообмінника. При виході з теплообмінника воно продовжує свою циркуляцію, охоплюючи обидва контури - I та II.

Ця модернізація має потенціал покращити ефективність процесу суслотваріння та забезпечити більшу стабільність виробництва. Перехід сусла через два контури сприяє оптимізації теплового обміну, що може призвести до зниження енерговитрат та покращення якості кінцевого продукту - гарячого

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
						2
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

охмеленого сусла.

Введення двох циркуляційних контурів у сусловарильний апарат сприяє ефективному регулюванню складу білкових субстанцій, зокрема коагулюючого азоту, та витісненню ароматичних сполук, зокрема диметилсульфіду (ДМС).

У першому циркуляційному контурі регулюється склад білкових субстанцій, забезпечуючи необхідний зміст коагулюючого азоту. Другий циркуляційний контур переважно витісняє ароматичні сполуки, такі як ДМС.

Для ефективного напрямку сусла в другий контур встановлюється розподільний зонт із поздовжніми прорізами. Це сприяє кращому всмоктуванню сусла в напрямну трубу за рахунок перепаду тисків.

Для регулювання процесу розпилення сусла зверху встановлюється диск, який дозволяє встановлювати необхідний зазор за допомогою пристрою регулювання. Це забезпечує рівномірний розподіл сусла та сприяє видаленню небажаних ароматичних сполук.

При цьому велика площа поверхні сусла має важливе значення для ефективного видалення небажаних ароматичних сполук та зменшення потреби у випаровуванні сусла. Встановлення диска з пристроєм регулювання дозволяє досягти цієї мети, забезпечуючи витіснення ароматичних сполук із сусла без надмірного випаровування.

Використання даного відбійника з розпилювачем дає можливість вдосконалити роботу сусловарильного апарату та покращити якість готового продукту. При цьому:

- зменшується тривалість кип'ятіння сусла, а отже і зменшення затрат на проведення даного процесу;
- суттєво збільшилась проща розпилення сусла;
- забезпечується ефективно видалення небажаних ароматичних з'єднань, зокрема ДМС.

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

3. ХАРАКТЕРИСТИКА СИРОВИНИ І ГОТОВОГО ПРОДУКТУ. БУДОВА ТА ПРИНЦИП РОБОТИ МОДЕРНІЗОВАНОГО ОБЛАДНАННЯ

3.1. Характеристика сировини і готового продукту

Відфільтроване сусло, що надходить із фільтраційного апарата або фільтрпреса, кип'ятять із хмелем у сушварильному апараті. Сусло отримуємо після фільтрування пивного затору, тому, доцільно буде охарактеризувати сировину в загальному, яка застосовується для приготування пивного сусла.

Солод. Це заздалегідь замочене, проросле у штучних умовах і при цьому збагачене активними ферментами зерно різних видів зернових культур. Важливими технологічними процесами є сушіння і термічне оброблення солоду, що надає йому особливого аромату, кольору і смаку. У пивоварінні основним злаком для одержання солоду є ячмінь. При виробництві солоду використовують також пшеницю, рис, кукурудзу, бобові культури.

Якість перероблюваного солоду здебільшого визначає якість готового пива. Оцінюють якість готового сухого солоду органолептично, а також за результатами фізичного та хімічного аналізів, передбачених чинним стандартом. Сухий витриманий солод має світло-жовте або жовте рівномірне забарвлення. Оболонка солодового зерна блискуча, як і у вихідного ячменю.

Запах і смак відповідають типу солоду. У свіжого солоду запах солодовий, смак чистий, приємний, солодкуватий. Визначаючи смак солоду розкушуванням окремих зерен, одночасно одержують деяке уявлення про його розчинення або твердість, оскільки високоякісний солод легко розкушується.

Натура солоду залежить від якості ячменю, тривалості солодоращення, ступеня розчинення і коливається від 480 до 600 г/л. Маса 1 000 зерен — найнадійніший показник для оцінки якості солоду. Що краще розчинений солод, то менша маса 1 000 зерен. Звичайно вона знаходиться у межах 28-38 г на повітряно- суху речовину і 25-35 г на суху речовину.

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Характеристика сировини і готового продукту. будова та принцип Роботи модернізованого обладнання	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Розроб.</i>	Ярмола Р.О.						1	10
<i>Перевір.</i>	Марцинкевич Л.В					ПФ НУХТ гр. 5-МАЗ		
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>	Гавва О.М.							

Основні якісні показники солоду, який можна успішно переробляти на пиво, мають такі сертифіковані діапазони:

- масова частка вологи — 4,5%;
- мінімальна екстрактивність — 79,5-81,0%;
- максимальне оцукрювання — 10-15 хв;
- максимальна тривалість фільтрування — 60 хв;
- величина рН — 5,85;
- максимальний уміст загального білка — 12%.

Вода. У виробництві пива вода є основною сировиною, оскільки дуже впливає на органолептичні властивості та стійкість готової продукції. У пивоварному виробництві сольовий склад води значно впливає на рН, а також і на швидкість та глибину ферментативних процесів, розчинність хмелевих смол, бродіння, в безалкогольному виробництві — на сатурацію, інверсію сахарози й процес купажування.

Показники води залежать від складу шарів землі, через які вона проходить, та їхніх фільтраційних властивостей, що сприяють очищенню води від завислих часточок і мікроорганізмів.

Природна вода являє собою сильно розбавлений розчин солей, який містить суспендовані неорганічні та органічні речовини й мікроорганізми. Іноді зустрічається вода з розчиненими в ній газами. Унаслідок низької концентрації солей у воді, вони містяться там у вигляді іонів.

Природна вода звичайного складу містить переважно такі іони: катіони H^+ , N^+ , K^+ , NH_4 , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} (рідше Fe^{3+}), Al^{3+} ; аніони OH^- , Cl^- , HCO_3^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , NO_2^- , SiO_3^{2-} , HPO_4^{2-} . Вода, яку використовують у виробництві, повинна бути прозорою, приємною на смак, без запаху. Запах за 20° С і при підігріванні її до 60° С не повинен відчуватися. Колір за платино-кобальтовою шкалою не повинен перевищувати 1 мг/дм³.

Будь-яка природна вода містить кальцій (Ca^{2+}) і магній (Mg^{2+}), причому кальцію в ній більше. Кількість натрію (Na^+) значно коливається; уміст калію (K^+),

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

як правило, невисокий.

При визначенні придатності води для технологічних цілей необхідно знати особливості впливу окремих компонентів на її якість. У пивоварінні фосфати калію солоду зумовлюють кислотність проміжних і кінцевих продуктів. Під час їхньої взаємодії із солями води відбувається зміна кислотності. Так, сульфати і хлориди Ca, Mg, та Na є хімічно активними щодо деяких солей солоду і, взаємодіючи з ними, знижують рН затору, що створює сприятливіші умови для ферментативних процесів. Крім того, вони позитивно впливають на смакові якості пива, однак більша кількість сульфату натрію надає пиву гіркового смаку. Солі, що підвищують рН, представлені бікарбонатами Ca, Mg, Na й карбонатами Na та K. Вони взаємодіють із кислими первинними фосфатами з утворенням лужних вторинних фосфатів, причому бікарбонат магнію більше підвищує рН середовища, тому його присутність небажана.

З аніонів у природних водах містяться переважно бікарбонат- іон (CHO_3), сульфат-іон (SO_4^{2-}), у значно менших кількостях — хлориди, нітрати, нітрити, фосфати. Хлор-іон (Cl^-) і сульфат-іон (SO_4^{2-}) присутні у воді як хлориди та сульфати кальцію, магнію, натрію.

Про забрудненість води тваринними відходами й добривами свідчить підвищений уміст аміаку, нітратів, нітритів, хлору та лугів. Так, під час гниття азотовмісних органічних речовин утворюються аміак та амонійні сполуки, а внаслідок діяльності нітрифікуючих бактерій аміак спочатку окислюється в нітрити (NO_2), а потім у нітрати (NO_3). Нітрати отруюють дріжджі, і до того ж, під час бродіння частина їх відновлюється у нітрити. При концентрації нітратів 25 мг/дм^3 і вище погіршується смак пива.

Залізо є небажаним компонентом сольового складу, і якщо його кількість більша від норми, залізо необхідно виокремлювати. Іони заліза (Fe^{2+} і Fe^{3+}) можуть прискорити генерацію дріжджів, спричинюючи неприємний смак, зміну кольору та колоїдне помутніння пива.

Із газів, що містяться у воді, частіше виявляють оксид вуглецю (VI), кисень, азот. Діоксид вуглецю при розчиненні у воді утворює вугільну кислоту. При

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
						3
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

проходженні такої води через вапнисті породи підвищується її тимчасова твердість.

Кисень, розчинений у воді, змінює її окислювально-відновний потенціал, зумовлює окисні процеси окремих компонентів пива та безалкогольних напоїв.

Важливими критеріями оцінки якості води є жорсткість і сухий залишок. Масу сухої речовини, що являє собою сумарний уміст нелетких неорганічних і органічних речовин від води, які залишаються після випаровування та висушування залишку за температури 105-110° С, називають сухим залишком.

Розчинені у воді солі кальцію і магнію характеризують її жорсткість, яку (вміст розчинених солей) виражають у міліграм- еквівалентах Ca і Mg, що містяться від води; 1 мг-екв жорсткості відповідає 20,04 мг Ca²⁺ або 12, 16 мг Mg²⁺ в 1 л води.

За жорсткістю (у мг-екв/л) воду класифікують так: дуже м'яка — до 1,5; м'яка — від 1,5 до 3; помірно жорстка — від 3 до 6; жорстка — від 6 до 9; дуже жорстка — понад 9.

Розрізняють жорсткість тимчасову, постійну й загальну. Тимчасова (карбонатна, усувана) жорсткість зумовлена присутністю розчинених бікарбонатів Ca(HCO₃)₂ і Mg(HCO₃)₂. Під час кип'ятіння в результаті взаємодії Ca²⁺ та Mg²⁺ із HCO₃ утворюються нерозчинні у воді карбонати, у цьому разі діоксид вуглецю випаровується і вода пом'якшується на ту частину жорсткості, яку називають тимчасовою (карбонатною):



Постійна жорсткість (некарбонатна) характеризується вмістом сульфатів, хлоридів, нітратів та інших (крім бікарбонатів) солей. Під час кип'ятіння вони залишаються у розчині.

Загальна жорсткість складається з тимчасової та постійної.

Природні води містять органічні сполуки, що значно різняться за складом.

Ступінь забруднення води органічними речовинами визначається кількістю кисню для їх окислення. Одержання напоїв високої якості, біологічної стійкості

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
						4
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

передбачає як одну з умов використання води з мінімально можливою кількістю бактерій за допустимої норми бактерій кишкової групи.

Із наведених показників для пивоварного виробництва найважливішими є вміст солей, лужність, співвідношення іонів кальцію та іонів магнію, рН, а для виробництва безалкогольних напоїв — сухий залишок, жорсткість, лужність, рН, кількість іонів важких металів.

Вода для виробництва пива і безалкогольних напоїв повинна задовольняти вимоги чинного стандарту на питну воду з урахуванням додаткових вимог: загальна жорсткість — 2-4 мг-екв/дм³; вміст іонів кальцію — 2-4, сірководень та аміак — відсутні; загальна лужність — 0,5-2 мг*екв/дм². Уміст, мг/дм³, не вище: хлоридів — 70, сульфатів — 200, заліза — 0,3, марганцю — 0,05, нітритів — 3, нітратів — 25. Окисність — не більше 2 мг O₂/дм³; рН води 6-7.

Хміль, разом з водою та солодом, а також його різноманітними заміниками, такими як зернові екстрактивні речовини, наприклад, цукор, виступає основним сировинним компонентом у виробництві пива. Завдяки високому вмісту гірких речовин, ефірної олії та поліфенолів, хміль є невід'ємною складовою сировини для пивоваріння. Навіть при невеликому вмісті (приблизно 1% маси солоду), хміль визначає основні та характерні властивості пива. Крім унікальних смакових та ароматичних характеристик, хміль здатен запобігати помутнінню напою під час зберігання, поліпшує утворення та стійкість піни, а також приносить інші привабливі та корисні особливості.

Цінні речовини, які містить хміль, надають пиву особливого біологічного значення. Основними компонентами хмелю для пивоваріння є ефірні масла та хмелеві смоли. Однією з головних властивостей хмелю є його витончений аромат, який передається пиву під час технологічного оброблення, не вносячи стороннього неприємного запаху.

Хмелеві смоли представляють собою важливу групу природних компонентів, що формуються комплексом біохімічних сполук. Вони відіграють ключову роль у створенні приємної гіркоти у пиві, переважно за рахунок альфа-кислот. Їхні ізомерні похідні є основними агентами, що визначають гіркість.

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

Завдяки використанню хмелю пиво збагачується фітогормонами, комплексом вітамінів С, РР, В₃, В₆, F, H, А.

Нині актуальними є різні способи використання хмелю для розроблення нових видів пива на основі старовинних рецептів, а також напоїв спеціального призначення з підвищеною біологічною цінністю. Необмежене застосування хмелю як добавки до різноманітних харчових продуктів хлібопекарської та кондитерської промисловості, під час консервування плодів і овочів, у салатах та інших продуктах.

Відомо більш як 100 сортів культурного хмелю. З урахуванням якісного пивоварного оцінювання їх поділяють на дві групи: тонку, з умістом гірких речовин близько 5% та альфа-кислот від 3 до 5%, і грубі — з умістом гірких речовин більш як 20% та альфа-кислот від 8 до 12%. Хміль тонких сортів, як правило, використовують безпосередньо для охмелення пивного суслу, а грубих — для безпосереднього виготовлення екстрактів, концентратів, лупулінових порошоків, гранул та інших препаратів.

Ферментні препарати. Ферменти — це дуже ефективні органічні каталізатори біологічно-білкового походження, що прискорюють реакції взаємодії різних речовин, не зазнаючи суттєвих змін. Вони складаються з довгих ланцюгів амінокислот, з'єднаних за допомогою пептичного зв'язку. Ферменти містяться у всіх живих клітинах, де виконують важливу функцію керування метаболізмом, у процесі якого поживні речовини перетворюються в енергію і матеріал для побудови нових клітин. Крім того, ферменти беруть участь у розщепленні їжі на простіші сполуки: пептидази розщеплюють білки на амінокислоти, ліпази — жири на гліцерин і жирні кислоти, амілази — крохмаль на прості цукри.

Оптимальні умови для дії ферментів — температура 30-70° С і показник рН 7,0.

Сьогодні пивоваріння неможливе без використання ферментів. У процесі приготування суслу вони сприяють розчиненню вихідних речовин і розщеплюють їх на зброджувані цукри, пептиди, декстрини, амінокислоти тощо. Гнучкість

						Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			6

виробництва та значна економія витрат на сировину забезпечують заміну більшої частини солоду непророслим зерном і ферментними препаратами.

Ферментні препарати є природними каталізаторами типу специфічних білків, які одержують методами мікробного синтезу.

Сусло — складна полідисперсна система (дисперсні колоїди, суспензії, емульсії та молекулярно розчинні речовини). В екстракті сусла знаходяться в % до СР: мальтоза, глюкоза, фруктоза, декстрини (разом 60-70%), сахароза — 2-8; пентозани — 3-4; незброджувані декстрини — 15-20; сирий білок — 3-6; мінеральні речовини — 1,5-2.

У суслі також є хмелеві гіркі кислоти, смоли, дубильні речовини, ефірне хмелеве масло (близько 150-200 мг дубильних і 100-180 мг гірких речовин на 1 л сусла). З азотовмісних сполук у суслі є альбумози та пептони, амінокислоти, аміді, а також аміачний азот. Значна частина азотовмісних сполук (45-50%) являє собою речовини, що засвоюються дріжджами.

3.2. Опис фрагменту машино - апаратурної схеми

Затор (суміш подрібненого солоду з водою у співвідношенні 1:4) перекачують насосом у фільтраційний апарат 1. При фільтрації відбувається розділення затору на дві частини: пивне сусло (фільтрат) і на пивну дробину (тверду фазу). Процес фільтрації в цьому апараті ґрунтується на принципі стікання сусла капілярними ходами у шарі дробини. Дробина пресується на шнековому пресі 2 і збирається в бункер 3, а профільтроване пивне сусло і промивна вода з великим вмістом сухих речовин направляються у сусловарильний апарат 4, де проводиться кип'ятіння на протязі 1,5-2 годин з хмелевим екстрактом, що подається з збірників 5. Далі пивне сусло направляють на хмелевідбірний апарат 6, який відокремлює хмелеву дробину від пивного сусла. Далі пивне сусло насосом направляють на подальші операції.

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
						7
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

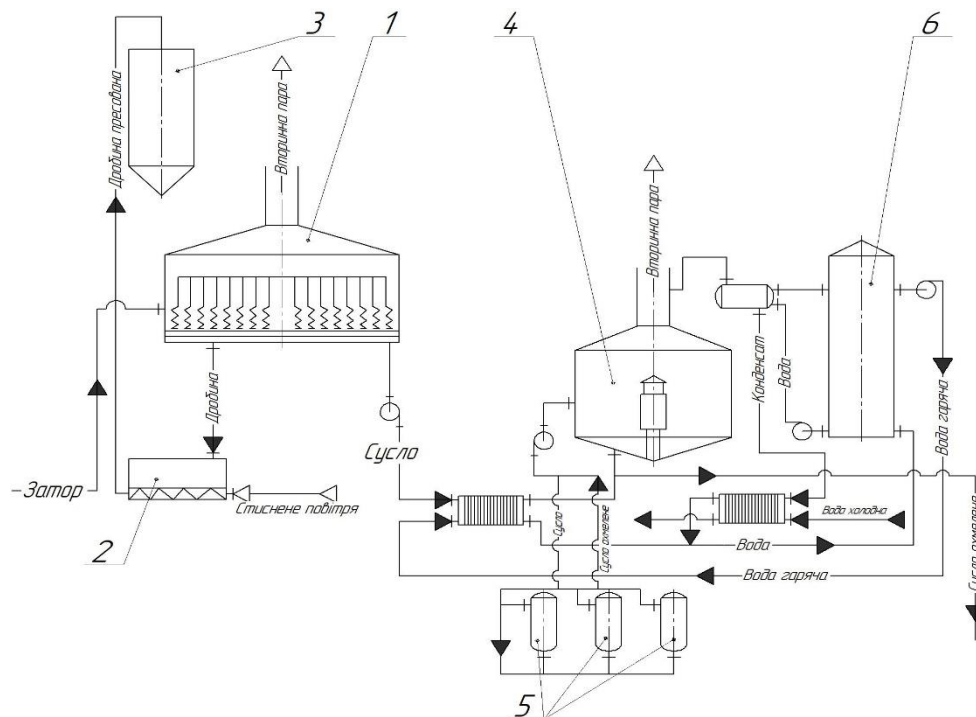


Рис. 4.1 Фрагмент машино – апаратурної схеми
 1 – фільтраційний апарат; 2 – прес; 3 – бункер; 4 – сушварильний апарат;
 5 – збірники; 6 – хмелевідбірний апарат

3.3. Будова та принцип роботи обладнання що модернізується

Апарат для кип'ятіння пивного сусла складається з циліндричного корпусу із слабо конічним днищем та кришкою. Усередині корпусу розташований внутрішній кожухотрубний нагрівник (перколятор), призначений для ефективного видалення ароматичних речовин, а одночасно збереження необхідної кількості речовин, необхідних для формування піни.

Основна конструктивна відмінність даного сушварильного апарату полягає в тому, що він оснащений двома центральними трубами, що проходять через кожухотрубний внутрішній нагрівник. Труби знаходяться одна в одній. Труба меншого діаметру заварена зверху і заглушена знизу, вона являється опорою для всього кип'ятильника. Всередину труби більшого діаметру подається грюча пара, що через отвори розподіляється в міжтрубному просторі кип'ятильника. Сусло в апараті циркулює внаслідок природної термічної циркуляції сусла. Для підвищення ефективності роботи апарату над кип'ятильником встановлений відбійник (13) що збільшує площу контакту сусла

						Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			8

з повітрям всередині апарату, а також рівномірно розподіляє сусло в апараті.

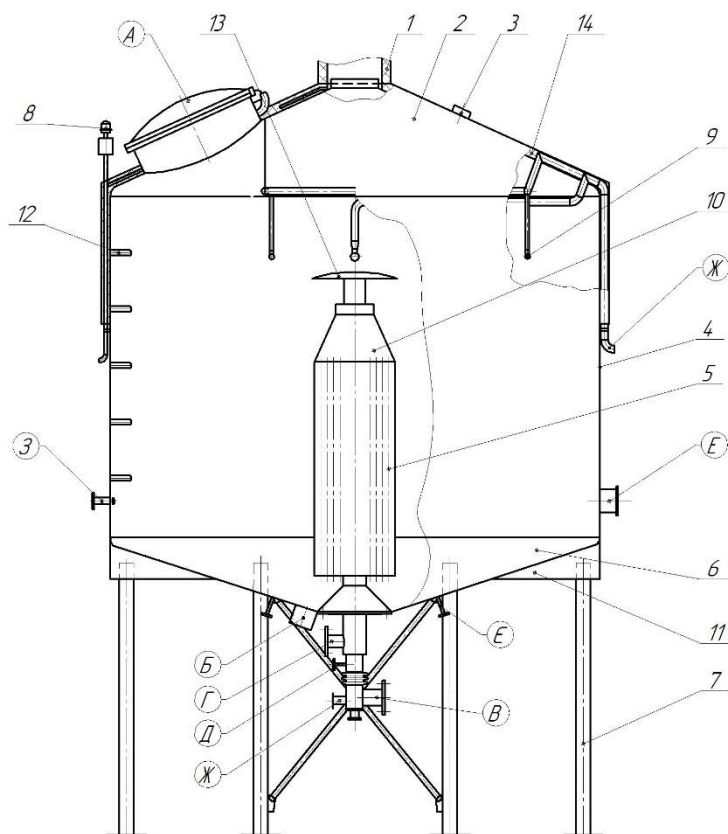


Рис. 3.2 Сусловарильний апарат з внутрішнім кип'ятильником.
 1 – витяжна труба; 2 – конічна кришка; 3 – ліхтар; 4 – циліндрична частина апарату; 5 – кип'ятильник (перколятор); 6 – конічне днище; 7 – опорна стійка; 8 – блокувальний пристрій; 9 – мийна головка; 10 – направляючий конус; 11 – опорне кільце; 12 – сідєць; 13 – відбійник; 14 – теплоізоляція. А – люк; Б – вхід та вихід сусла; В – вхід пари; Г – вихід конденсату; Д – вихід несконденсованих парів; Е – циркуляція сусла з хмелем; Є – відбір проб; Ж – вхід СІП апарату та перколятора; З – вхід ферментів.

Недоліками даного апарату є:

- тривалий процес випаровування;
- великі затрати теплової енергії;
- порівняно невелика площа розподілу сусла в апараті;
- неефективне видалення небажаних ароматичних з'єднань.

З метою усунення недоліків апарату, пропонується модернізація системи кип'ятильника.

3.4. Сутність модернізації

Сутність модернізації полягає у встановленні над перколятором спеціального відбійника з розпилювачем, який забезпечуватиме безперервну циркуляцію сусла по двох контурах.

Сусло, внаслідок природної термічної циркуляції циркулює по трубах теплообмінника і при виході із них продовжує циркулювати по двох контурах I та II.

Завдяки першому циркуляційного контуру забезпечується регулювання

						Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			9

необхідного складу білкових субстанцій, наприклад змісту коагулюючого азоту, а завдяки другому - переважне витіснення ароматичних сполук, зокрема ДМС. Таким чином, забезпечується ефективно роздільне управління вмістом ДМС і коагулюючим азотом.

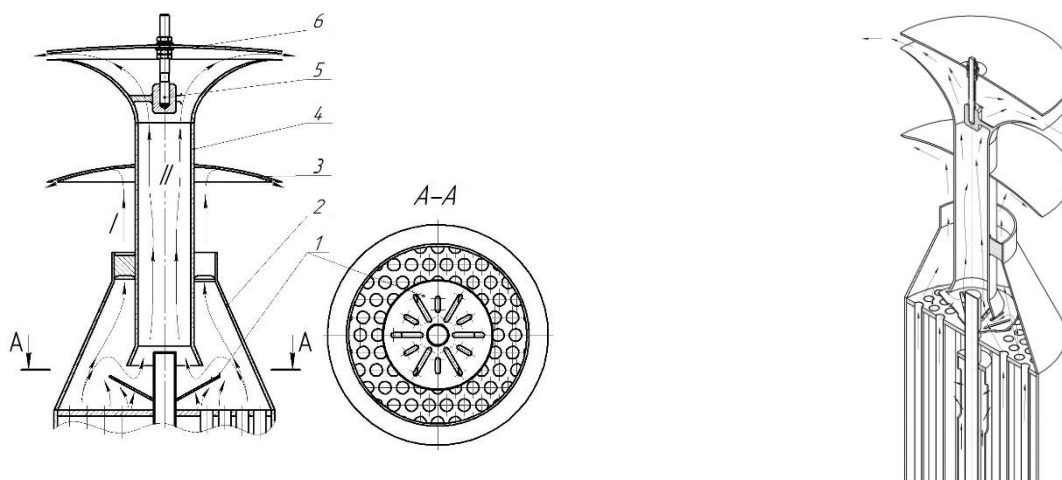


Рис. 3.3. Модернізований відбійник з розпилювачем: 1 – розподільний зонт; 2 – направляючий конус; 3 – відбійник; 4 – напрямна труба; 5 – пристрій регулювання зазору; 6 – диск.

Для ефективнішого спрямування сусла в II контур циркуляції встановлюємо розподільний зонт (1) із поздовжніми прорізами, які будуть сприяти кращому всмоктуванню сусла в напрямну трубу (4) за рахунок перепаду тисків.

Для видалення із сусла небажаних ароматичних сполук, крім загальної кількості випаруваної вологи, велике значення має площа поверхні сусла. Чим більше площа поверхні, тим менше потрібно випарувати сусла за умови його рівномірного розподілу в апараті. Для забезпечення регулювання прощі розпилення сусла встановлюємо зверху диск (6), за допомогою якого буде встановлюватися необхідний зазор за допомогою пристрою регулювання (5). Завдяки цьому небажані ароматичні сполуки витісняються з сусла, досягаючи концентрацій нижче смакового порогового значення без зайвого випаровування.

Отже за допомогою даних технічних рішень:

- зменшується тривалість кип'ятіння сусла, а отже і зменшення затрат на проведення даного процесу;
- суттєво збільшилась проща розпилення сусла;
- забезпечується ефективно видалення небажаних ароматичних з'єднань.

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

4. ВИБІР КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

В машинобудуванні, при виготовленні обладнання для харчової та переробної промисловості, вибір конструкційних матеріалів має велике значення. Цей вибір обумовлюється санітарно-гігієнічними вимогами та обмежується доступністю та вартістю матеріалів. В харчовій промисловості дозволяється використання обмеженого асортименту матеріалів. Застосування кольорових сплавів, легованих і високолегованих сталей не завжди є економічно виправданим.

Специфічні умови роботи апаратів харчових виробництв, які включають діапазон тисків від глибокого розрідження до надлишкових тисків, великий інтервал робочих температур при агресивному середовищі, ставлять високі вимоги до вибору конструкційних матеріалів проектного обладнання.

У сфері харчового виробництва робота обладнання відрізняється безпосереднім контактом поверхонь деталей з сировиною, напівфабрикатами та готовими продуктами. Таким чином, властивості технологічних середовищ і їх взаємодія з поверхневими шарами визначають характер і особливості зношування обладнання. Технологічні середовища, які відрізняються значною хімічною і поверхневою активністю, впливають на зношування та його інтенсивність.

Основними причинами інтенсивного корозійно-абразивного зношування металу технологічного обладнання в галузі харчової промисловості є: агресивна дія корозійно-активних середовищ з постійною зміною фізико-хімічних властивостей та невідповідність корозійної стійкості використовуваних сталей.

У галузі харчового машинобудування, окрім звичайних вимог до високої корозійної стійкості в агресивних середовищах, також висуваються вимоги до високої механічної міцності, жаростійкості, збереження задовільних пластичних властивостей при високих і низьких температурах, стійкості при знакозмінних або повторюваних однозначних навантаженнях, а також малої схильності до старіння.

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Вибір конструкційних матеріалів ПФ НУХТ гр. 5-МАз		
<i>Розроб.</i>		Ярмола Р.О.					
<i>Перевір.</i>		Марцинкевич Л.В.					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затверд.</i>		Гавва О.М.			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
						1	3

При виборі конструкційних матеріалів для харчового машинобудування важливо враховувати фізичні властивості матеріалів, а також різні техніко-економічні показники. Серед них — технологія виготовлення обладнання, дефіцитність та вартість матеріалу, наявність стандартів або затверджених умов постачання матеріалу, а також освоєність матеріалу промисловістю.

Створена конструкція харчового обладнання повинна відповідати не тільки всім технічним вимогам сучасного рівня машинобудування, але і бути технологічною у виготовленні та економічною. Оскільки вартість виробу значною мірою залежить від вартості використовуваних матеріалів, то при всіх інших рівних умовах важливо обрати більш доступний та менш дефіцитний матеріал.

Проаналізувавши причини зношування частин та деталей обладнання харчової промисловості можна зробити висновок, що:

– корпус апарату для кип'ятіння суслу зношується за рахунок безпосереднього контакту з гарячим суслем, внаслідок хімічної корозії.

– корозія труб на поверхнях нагріву перколятора відбувається через взаємодію з корозійним середовищем. З одного боку, труби взаємодіють з суслем, яке має свої корозійні властивості. З іншого боку, труби піддавані впливу гарячої пари і конденсату, що включає кисень, аміак, азот та вуглецевий газ. Під час роботи суслотварильного апарату рідини та пари рухаються з різною швидкістю, і внутрішня поверхня труб піддається ударному впливу рідини. Ці фактори сприяють процесу корозії труб.

Враховуючи причини зношення обладнання та його частин, використання нержавіючої сталі є доречним. У наш час, нержавіюча сталь широко використовується в практично всіх галузях промисловості. Головна перевага полягає в її антикорозійних властивостях, які зумовлюються утворенням на поверхні металу захисного шару перекису хрому. Цей шар швидко відновлюється після механічного чи хімічного пошкодження, забезпечуючи незмінні антикорозійні властивості металу. Антикорозійні властивості є невід'ємними в умовах високих санітарно-гігієнічних стандартів та в агресивних середовищах. Крім того, нержавіюча сталь також вражає вишуканістю та естетичністю.

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

Вибір нержавіючої сталі марки AISI 314 (аналог 12X18H10T за ГОСТ 5632-61) для виготовлення корпусу та частин апарату для кип'ятіння суслу є вірним рішенням. Ця сталь відзначається високими антикорозійними властивостями та механічними характеристиками. Окрім того, її відмінна зварювальність робить її ідеальним вибором для деталей, які потребують зварювання.

Сталь марки AISI 314 є популярним матеріалом у харчовій, переробній, хімічній та біотехнологічній промисловостях завдяки своїм властивостям і відмінній стійкості у різних середовищах.

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
						3
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

5.1. Технологічні розрахунки

Кількість води, випареної при варінні сусла

Дані для розрахунку:

- початкова концентрація сухих речовин в суслі $K_H=9,5$ мас%;
- кінцева концентрація сухих речовин в суслі $K_K=11,5$ мас%;
- початкова кількість сусла в сушло варильному апараті $V_H = 4,8$ м³;
- густина сусла $\rho_c = 1023,6$ кг/м³
- коефіцієнта заповнення $k_z = 0,7$
- повний об'єм з урахуванням коефіцієнта заповнення $6,86$ м³.

Кількість випареної води з сусла (W) визначається з рівняння матеріального балансу, при якому вважаємо, що кількість сухих речовин в суслі до і після кип'ятіння залишається сталою.:

$$\frac{M \cdot K_W}{100} = \frac{(M - W) \cdot K_K}{100}$$

де $M = V_H \cdot \rho_c$ - початкова кількість сусла, кг

тоді кількість води, випареної з сусла (кг)

$$W = M \cdot \left(1 - \frac{K_H}{K_K}\right) = 4.8 \cdot 1023.6 \cdot \left(1 - \frac{9.5}{11.5}\right) = 854.483 \text{ кг}$$

Витрати пари на варіння пивного сусла

Розрахунок кількості пари, що витрачається на приготування сусла визначаємо з рівняння теплового балансу апарата:

Прихід тепла	Витрати тепла
З сушлом $V \cdot \rho_0 \cdot C_c \cdot t_0$	З сушлом $(V \cdot \rho_0 \cdot C_c - W \cdot C_B) \cdot t_1$
Гріючою парою $D \cdot i_{\Gamma}$	З вторинною парою $W \cdot i_B$
	З конденсатом $D \cdot Q$
	Витрати тепла Q_{II}

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розрахункова частина	Лім.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Ярмола Р.О.					1	17
Перевір.		Марцинкевич Л.В				ПФ НУХТ гр. 5-МАЗ		
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.		Гавва О.М.						

Де C_C - теплоємність суслу, кДж/(кгК);

D - витрати гріючої пари, кг;

t_1 - температура кипіння суслу 100°C ;

i_G, i_B - ентальпії грітої і вторинної пари, кДж/кг;

Q - ентальпія конденсату, кДж/кг;

Складаємо рівняння теплового балансу:

$$V \cdot \rho_0 \cdot C_C \cdot t_0 + D \cdot i_G = (V \cdot \rho_0 \cdot C_C - W \cdot C_B) \cdot t_1 + W \cdot i_B + D \cdot Q + Q_{\Pi}$$

Знаходимо витрати гріючої пари:

$$D = \frac{V \cdot \rho_0 \cdot C_C \cdot (t_1 - t_0) + W \cdot (i_B - t_1 \cdot C_B) + Q_{\Pi}}{i_G - Q}, \text{ кг}$$

Питому теплоємність суслу визначаємо як середню величину

зрівноважених питомих теплоємностей сухих речовин $C_0 = 1,423$ кДж/(кгК) та води $C_B = 4,1868$ кДж/(кгК)

Питома теплоємність суслу визначається:

$$C_C = C_0 \frac{100 - (100 - K_H)}{100} + C_B \frac{100 - K_H}{100} = 1.423 \frac{100 - (100 - 11.5)}{100} + 4.1868 \frac{100 - 11.5}{100} =$$

3.924 кДж/кгК

Ентальпії гріючої, вторинної пари та конденсату знаходимо з додатку:

$$i_G = 2731,5 \text{ кДж/кг};$$

$$i_B = 2674,5 \text{ кДж/кг}$$

$$i_K = 418,68 \text{ кДж/кг}$$

Витрати гріючої пари визначаються залежно від ККД апарата

($\eta = 0.95$, тобто $Q_{\Pi} = 5\%$ загальної втрати пари)

$$D = \frac{4.8 \cdot 1023.6 \cdot 3.924 \cdot (100 - 65) + 854.483 \cdot (2674.5 - 100 \cdot 4.1868)}{0.95 \cdot (2731.5 - 418.68)}$$

$$= 1195.82$$

Розрахунок площі поверхні теплопередачі суслу варильного апарату з внутрішнім кип'ятильником для варіння пивного суслу

Дані для розрахунку:

Корисна місткість суслу варильного апарата $V = 4.8 \text{ м}^3$

Початкова кількість суслу $M = V \cdot \rho_C = 4.8 \cdot 1023.6 = 4913.28 \text{ кг}$

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

Протягом 2 годин роботи котла початкова концентрація сухих речовин сусли $K_H = 9.5 \text{ мас}\%$; підвищилася до $K_K = 11.5 \text{ мас}\%$;

Початкова температура сусли $t_0 = 65^\circ\text{C}$;

Тиск гріючої пари $P_2 = 400000 \text{ Па}$;

Температура гріючої пари $t_n = 151,84^\circ\text{C}$;

Розрахунок:

Загальна кількість води, випареної з сусли

$$W = M \cdot \left(1 - \frac{K_H}{K_K}\right) = 4913.28 \cdot \left(1 - \frac{9.5}{11.5}\right) = 854.483 \text{ кг}$$

За одну годину випарюється приблизно $\frac{854.483 \cdot 65}{120} = 462.845$

Годинні витрати гріючої пари розраховуємо з рівняння теплового балансу сусли варильного апарату:

$$D = \frac{M \cdot C_C \cdot (t_1 - t_0) + W \cdot (i_B - t_1 \cdot C_B) + Q_{\text{П}}}{i_{\Gamma} - i_K}$$

Де C_C, C_B – питома теплоємність сусли та води, $\text{кДж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$;

t_0, t_1 – початкова і кінцева температура сусли, $^\circ\text{C}$;

i_{Γ}, i_B – ентальпії гріючої і вторинної пари, $\text{кДж}/\text{кг}$;

i_K – ентальпія конденсату, $\text{кДж}/\text{кг}$;

Витрату гріючої пари розраховуємо, приймаючи втрати тепла 5% загальної витрати (ККД $\eta = 0.95$)

Теплоємність сусли визначається за формулою:

$$C_C = C_B \frac{100 - \varpi_H}{100} + C_B \frac{\varpi_H}{100} = 1.423 \frac{100 - 95}{100} + 4.1868 \frac{95}{100} = 3.924$$

де $\varpi_H = 90.5\%$ – вміст вологи в початковому суслі.

Годинні витрати гріючої пари можна визначити:

$$D = \frac{4.8 \cdot 1023.6 \cdot 3.924 \cdot (100 - 65) + 854.483 \cdot (2674.5 - 100 \cdot 4.1868)}{0.95 \cdot (2731.5 - 418.68)} = 1195.82 \text{ Теплове}$$

навантаження на поверхню теплопередачі розраховується:

$$Q = \frac{D \cdot (i_{\Gamma} - i_K)}{3,6} = \frac{1195,82 \cdot (2674,5 - 418,68)}{3,6} = 768254.441 \text{ Вт}$$

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

Температура гріючої пари і киплячого сула протягом всього часу кипіння залишається незмінною, тобто:

$$\Delta t = 151.84 - 100 = 51.84^\circ\text{C}$$

Коефіцієнт тепловіддачі α_1 від гріючої пари знаходимо з формули:

$$\alpha_1 = C \sqrt[4]{\frac{\gamma^2 \cdot \lambda^3}{\mu}} \cdot \sqrt[4]{\frac{r}{\sqrt[4]{L(t_2 - t_{cm})}}}$$

де C - коефіцієнт пропорційності (для вертикальних труб і стінок $C=0,533$; для горизонтальних труб $C=0,414$);

λ - коефіцієнт теплопровідності конденсату, Вт/мК;

γ - питома вага конденсатора, Н/м³;

μ - коефіцієнт в'язкості, Па;

r - питома теплота випаровування, кДж/кг;

t_2, t_{cm} - температура гріючої пари і стінки, °С;

L - лінійний розмір (для вертикальних стінок і труб $L=H$; для горизонтальних $L=d$, м); приймаємо $L=1$ м

Значення всіх величин, які входять в корінь четвертого ступеня

$\sqrt[4]{\frac{\gamma^2 \cdot \lambda^3}{\mu}}$ приймаємо в залежності від середньої температури плівки конденсату

$$t_{сер} = 0,5 \cdot (t_2 + t_{cm})$$

де t_{cm} - температура стінки, °С; визначається з наступного рівняння:

$$t_{cm} = t_2 - k \frac{\Delta t}{\alpha} = 151.84 - 1860 \cdot \frac{51.84}{5800} = 135^\circ\text{C}$$

де t_2 - температура гріючої пари, °С ($t_2=151.84^\circ\text{C}$);

k - коефіцієнт теплопередачі, приймаємо 1860 Вт/м²К;

α - коефіцієнт тепловіддачі, $\alpha = 5800$ Вт/м²К;

$$t_{сер} = 0,5 \cdot (151,84 + 135) = 143,5^\circ\text{C}$$

Значення другого кореня $\sqrt[4]{r}$ приймаємо залежно від температури насиченої пари t_2 .

Знаходимо величину коефіцієнта тепловіддачі від гріючої пари:

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

$$\alpha_1 = 0.533 \cdot 12090 \cdot 6.81 / \sqrt[4]{2.15(151.84 - 135)} = 21662 \text{ Вт/м}^2\text{К}$$

Для сферичного і похилого днища апарата або вертикальної стінки вводимо поправку. Будемо вважати, що нахил стінки має кут 45° , тоді [в Вт/м²К]:

$$\alpha_{\text{нахил}} = \alpha_1 \cdot \sqrt[4]{\sin 45^\circ} = 21662,83 \cdot \sqrt[4]{0.7071} = 19459 \text{ Вт/м}^2\text{К}$$

Для деякого спрощення розрахунку коефіцієнт тепловіддачі від поверхні трубок до киплячого суслу можна визначити, нехтуючи впливом фізичних параметрів суслу (λ , C , μ , ρ), із-за його невисокої концентрації, по наступній формулі [Вт/м²К]:

$$\alpha_2 = 3.25 \cdot q^{0.75}; \quad \alpha_2 = 3.25 \cdot 63805^{0.75} = 13047 \text{ Вт/м}^2\text{К},$$

де q – питоме теплове навантаження, розраховане по наближеним нормам ($q=63805 \text{ Вт/м}^2$)

Коефіцієнт теплопередачі K від грюючої пари до суслу:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{19864.851} + \frac{0.012}{46.5} + \frac{1}{13047}} = 2590 \text{ Вт/м}^2\text{К}$$

У формулі 46,5 – коефіцієнт теплопровідності, Вт/м²К

На внутрішній поверхні апарата при кип'ятінні суслу утворюється осад, який зменшує теплопередачу, тому коефіцієнт теплопередачі знизимо на 20%, тобто:

$$K = 2590 \cdot 0.8 = 2072 \text{ Вт/м}^2\text{К}$$

Поверхня теплопередачі апарата, її площа:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t} = \frac{768254.441}{2072 \cdot 51.84} = 7,152 \text{ м}^2$$

Таким чином, площа поверхні на 1 м^3 корисної ємності апарата становить

$$S = 7,152 / 4,8 = 1,49 \text{ м}^2/\text{м}^3, \text{ тобто } S = F/V, [\text{м}^2/\text{м}^3].$$

Для орієнтованих розрахунків площа поверхні теплопередачі на 1 м^3 корисної ємності апарата можна прийняти до 1 м^2 при мідних трубках.

5.2. Теплотехнічні розрахунки

Витрати теплоти в суслварильному апараті

В сусло варильному апараті сусло з промивною водою нагрівається до

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

кипіння, а потім кип'ятиться протягом 1,5 год. На кожні 100 кг переробленого солоду отримуємо приблизно 720 л сусла і промивної води рівної 65°C, знайдемо витрати тепла на нагрівання до температури кипіння:

$$Q' = \frac{720 \cdot 600 \cdot (100 - 65) \cdot 3,9}{100} = 438480 \text{ кДж}$$

600 кг – кількість одночасно переробленого солоду;

3,9 кДж/м²К – питома теплоємність сусла

За час кипіння, з сусла випарюється приблизно 12% води від початкової кількості, тобто: $4,8 \cdot 1023,6 \cdot 0,12 = 590$ кг

Витрати тепла на кипіння цієї кількості води буде:

$$Q'' = 590 \cdot 2256,8 = 1331512 \text{ кДж}$$

2256,8 кДж/кг – кількість теплоти при випарюванні води при 100°C

Загальна кількість втрат тепла в сусло варильному апараті з урахуванням теплових втрат дорівнює:

$$Q_1 = \frac{Q' + Q''}{0,95} = \frac{438480 + 1331512}{0,95} = 1863149 \text{ кДж}$$

5.3 Конструктивний розрахунок апарата.

Визначення геометричних розмірів апарата:

Об'єм рідини в апараті: $V = 4,8 \text{ м}^3$;

$$V = V_{Ц} + V_{К};$$

де $V_{Ц}$ – об'єм рідини в циліндричній частині апарата;

$V_{К}$ – об'єм рідини в конічній частині апарата;

Визначаємо висоту конічної частини апарата попередньо прийнявши діаметр апарата :

$$H_{К} = \frac{D}{2 \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} = \frac{2,3}{2 \cdot \operatorname{tg} \frac{145}{2}} = 0,363;$$

де $D = 2,3$ м – діаметр апарату;

$\alpha = 145^\circ$ - кут при вершині конуса;

Визначаємо об'єм рідини в конусній частині апарату:

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

$$V_K = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \frac{H_K}{3} = \frac{3.14 \cdot 2^2}{4} \cdot \frac{0.315}{3} = 0.502 \text{ м}^3$$

Визначаємо об'єм рідини в циліндричній частині апарату:

$$V_{II} = V - V_K = 4,8 - 0,505 = 4.298 \text{ м}^3$$

Визначаємо площу основи апарату:

$$S_{\text{осн}} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{3.14 \cdot 2^2}{4} = 4.153 \text{ м}^2$$

Визначаємо висоту рідини в циліндричній частині апарату:

$$H_P = \frac{V_{II}}{S_{\text{осн}}} = \frac{4.298}{4.153} = 1.035 \text{ м}$$

Питома вага рідини: $\gamma = \rho \cdot g = 1023.6 \cdot 9.81 = 10041.516 \frac{\text{Н}}{\text{м}^3}$;

Розрахунок напружень по зонам апарата .

Напруження в зоні 1:

Меридіональні та колові напруження однакові:

$$\sigma_k = \sigma_M = \frac{P_H}{2 \cdot S_k};$$

де S_k – товщина кришки.

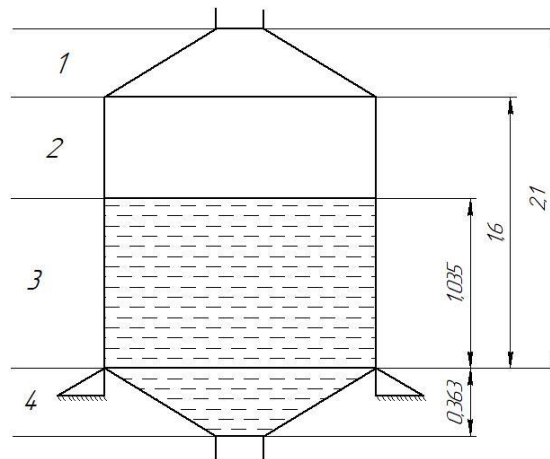


Рис 5.1 Схема апарату

$$\text{Тоді } \sigma_k = \sigma_M = \frac{0,4}{2 \cdot 0.004} = 50 \text{ МПа};$$

Напруження в зоні 2:

$$\sigma_K = \frac{P_H \cdot D}{2 \cdot S_y} = \frac{0,4 \cdot 2}{2 \cdot 0.004} = 100 \text{ МПа};$$

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

$$\sigma_M = \frac{P_H \cdot D}{4 \cdot S_y} = \frac{0,4 \cdot 2}{4 \cdot 0.004} = 50 \text{ МПа};$$

Напруження в зоні 3:

$$\sigma_K = \frac{(P_H + H_P \cdot \gamma) \cdot D}{2 \cdot S_y} = \frac{(0,4 \cdot 10^6 + 1.035 \cdot 10041,516) \cdot 2}{2 \cdot 0.004} = 102,6 \text{ МПа};$$

$$\sigma_M = \frac{P_H \cdot D}{4 \cdot S_y} = \frac{0,4 \cdot 2.3}{4 \cdot 0.004} = 57.5 \text{ МПа};$$

Напруження в зоні 4:

Висікаємо частину оболонки в даній зоні кінцевим перерізом на відстані x .

Визначаємо радіус кривизни:

$$R_K = \frac{D}{2 \cdot \cos(\frac{\alpha}{2})} = \frac{2.3}{2 \cdot \cos(\frac{145}{2})} = 3,824 \text{ м}$$

Колові напруження визначаємо виходячи з рівняння Лапласа. Враховуючи, що $\rho_m = \infty$, а $\rho_k = R_K$ і що P являє собою суму зовнішніх навантажень, записуємо $\sigma_k =$

$$\frac{(P_H + P_P) \cdot R_K}{\delta_K} = \frac{(P_H + \rho \cdot g \cdot H_P) \cdot R_K}{\delta_K} = \frac{(400000 + 10041,516 \cdot 1,035) \cdot 3,824}{\delta_K} = 156 \text{ МПа}$$

Визначаємо меридіональне напруження

$$\sigma = \frac{D \cdot (P_H + \rho \cdot g \cdot H_P + \frac{1}{3} \cdot \rho \cdot g \cdot H_P)}{4 \cdot \cos(\frac{\alpha}{2})} =$$

$$= \frac{0,875 \cdot (400000 + 10041,516 \cdot 1,035 + \frac{1}{3} \cdot 10041,516 \cdot 1,035)}{4 \cdot \cos(\frac{145}{2})} = 301770,942 = 0,3 \text{ Мпа}$$

Визначення товщини стінок апарата

5.3.3.1. Розрахунок товщини стінки циліндричної частини апарату

Товщину стінки знаходимо з формули:

$$\delta = \frac{P \cdot D_B}{2 \cdot \beta \cdot [\sigma] - P} + \delta_C,$$

де P – внутрішній тиск в апараті; 0,4 МПа

D_B – внутрішній діаметр циліндричної оболонки; 3 м

$[\sigma]$ – допустиме напруження матеріалу стінки апарату: 250 МПа

β – коефіцієнт міцності зварних з'єднань; $\beta = 0,7 \dots 1$

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

δ_C – добавка на корозію до товщини стінки апарату;

$$\delta_C = 1 \text{ мм} = 0,001 \text{ м}$$

Використовуємо матеріал для конструювання сушварильного апарата – харчова нержавіюча сталь 12Х18Н10Т

Розрахункові товщини стінок апарату:

$$\text{для циліндричної частини } \delta = \frac{P \cdot D_B}{2 \cdot \beta \cdot [\sigma] - P} + \delta_C = \frac{0,4 \cdot 2,3}{2 \cdot 1 \cdot 250 - 0,4} + 0,001 = 0,006 \text{ м,}$$

$$\text{для кришки } \delta_K = \frac{P \cdot D_B}{2 \cdot \beta \cdot [\sigma] - 0,5 \cdot P} + \delta_C = \frac{0,4 \cdot 2,3}{2 \cdot 1 \cdot 250 - 0,5 \cdot 0,4} + 0,001 = 0,006 \text{ м,}$$

$$\text{для днища } \delta_D = \frac{P \cdot D_B}{2 \cdot \beta \cdot [\sigma] - P} \cdot \frac{1}{\cos \frac{\alpha}{2}} + \delta_C = \frac{0,4 \cdot 2,3}{2 \cdot 1 \cdot 250 - 0,4} \cdot 0,24 + 0,001 = 0,001 \text{ м}$$

3.3.3.2. Розрахунок розмірів циліндричної ємності

Визначимо розміри циліндричної ємності, якщо внутрішній об'єм ємності $V = 6,86 \text{ м}^3$; товщина корпусу $\delta = 0,006 \text{ м}$, товщина днища і кришки відповідно дорівнюють $\delta_D = 0,001 \text{ м}$ і $\delta_K = 0,006 \text{ м}$.

Розраховуємо оптимальний діаметр апарату

$$D_0 = 2 \sqrt[3]{\frac{V}{\pi} \cdot \frac{\delta}{\delta_D + \delta_K}} = 1,79 \text{ м}$$

Приймаємо $D = 3 \text{ м}$

Розрахуємо оптимальну висоту апарату

$$H = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot 6,86}{3,14 \cdot 2,3^2} = 1,65$$

Приймаємо висоту апарату $H = 2 \text{ м}$ без врахування кеглевидної кришки, розташованої під кутом 25°С .

$$\text{Відношення } H/D = 2/2,3 = 0,86 \text{ (} H_0/D_0 = 1,53/1,79 = 0,85 \text{)}$$

Довжина розгортки корпусу апарату по середній площині при $\delta = 0,006$:

$$L = \pi(D + \delta) = 3,14(2,3 + 0,006) = 7,24 \text{ м}$$

Приймаємо $L = 9500 \text{ мм}$

Приймаємо для заказу тонколистову $\delta = 6 \text{ мм}$ сталь, розміри листа 2300 мм шириною і довжиною 9500 мм . Для виготовлення днища і кришки:

$$L = 3,14(3 + 0,006) = 9,5 \text{ м}$$

Площа циліндричної частини апарату:

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

$$S_{ц} = lh = 1,79,5 = 16.15\text{м}^2$$

$$m_{ц} = V\rho = 0,027850 = 157\text{кг}$$

Якщо розглянути кришку апарату, то загальна площа кришки дорівнює:

$$S_{заг} = S_{всл} - S_{мал} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} - \pi R^2 = \frac{3.14 \cdot 3^2}{4} - 3.14 \cdot 1,496^2 = 0,038\text{м}^2$$

$$\text{Об'єм кришки: } V_{кр} = 0,0380,55/3 = 0,007\text{м}^3$$

$$\text{Маса кришки: } m_{кр1} = 0,0077850 = 54,95\text{кг}$$

$$\text{Маса конічної частини: } m_{кр} = m = m_{кр1} - 1/10 m_{кр1} = 49,455 \text{ кг}$$

Якщо розглянути днище апарату:

$$S = 3.149/4 - 3.141.4962 = 0,038\text{м}^2$$

$$\text{Об'єм: } V = 0,0380,55/3 = 0,007\text{м}^3$$

$$\text{Маса: } m_{дн} = 0,0077850 - 1/18(0,0077850) = 259,05 - 14,39 = 54,94\text{кг}$$

Добавка на люки, ізоляцію, труби припустимо, що дорівнює приблизно $\Delta m = 20\text{кг}$

$$\text{Таким чином маса апарату становить: } M = m_{ц} + m_{кр} + m_{д} + \Delta m = 281,4 \text{ кг}$$

З конструктивних міркувань приймаємо $M = 285\text{кг}$

Розрахунок опор апарату

Розрахуємо опори суслу варильного апарату при умові встановлення його на бетонний фундамент, повинна бути достатньою для того, щоб в фундаменті не виникли напруження вище допустимих: $[\sigma_{ф}] = 210^6\text{Па}$

Тобто повинна виконуватися умова:

$$F \geq G_{max} / [\sigma_{ф}]$$

G_{max} – максимальна вага апарата під час випробування, коли апарат заповнений суслем, Н; $G_{max} = mg$;

$[\sigma_{ф}]$ – допустиме напруження для фундаменту, Па

$$F \geq 2859.81/210^6$$

$$F \geq 0.0014\text{м}^2$$

Приймаємо 4 квадратних опор, розташованих по колу всього днища діаметром 3м.

									Арк.
									10
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

При кількості опор $n=4$ навантаження, яке припадає на одну опору, дорівнює:

$$G = \frac{G_{max}}{n} = \frac{285 \cdot 9,81}{4} \text{ Н}$$

Опори виготовляються із Ст3, для якої за заданих умов роботи апарата допустиме напруження на стиск можна прийняти – 100МПа

Приймаємо опори висотою 0,5м з товщиною сталі $\delta=5\text{мм}$

Даний апарат стоїть на 4 – ох опорах. Тиск на одну опору $P=1000\text{Н}$.

Найменше значення критичної сили $P_{кр}$:

$$P_{кр} = \frac{\pi^2 EI_{min}}{(2l)^2 \frac{\pi EI_{min}}{4l^2}}$$

Мінімальний момент інерції заданої форми перерізу:

$$I_{min} = I_x = I_{x1} - I_{x2} = \frac{h_1 \cdot b_1^3}{12} - \frac{h_2 \cdot b_2^3}{12} = \frac{1,5a \cdot a^3}{12} - \frac{(1,5a - 0,4a)(a - 0,4a)^3}{12} = 0,105a^4$$

$$I_{min} = 0,105 \cdot 0,02^4 = 0,0016 \cdot 10^{-5} \text{ м}^4$$

E – модуль пружності матеріалу опори

$$E = 2,03 \cdot 10^{11} \text{ Па}$$

$$P_{кр} = \frac{3,14^2 \cdot 2,03 \cdot 10^{11} \cdot 0,0016 \cdot 10^{-5}}{4 \cdot 0,5^2} = 0,032 \cdot 10^6 \text{ Н}$$

Звідси видно, що $P_{кр}$ значно більше сили, яка діє на опору. Отже, дана опора витримає навантаження, яке на неї діє.

Розрахунок оптимального діаметра трубопроводів.

Для перекачування сусли приймаємо насос, виготовлений із корозійної сталі 12Х18Н10Т, на базі відцентрових моноблокових типу ОНЦЕ-25/32-55А. Технічна характеристика даного насосу:

- подача, $\text{м}^3/\text{год}$ – 25;
- напір, м – 32;
- потужність електродвигуна, кВт – 5,5.

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Внутрішній діаметр трубопроводу круглого перерізу розраховують по наступній формулі:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Y}{\pi \cdot \omega}};$$

Де: Y – витрати рідини, $\text{м}^3/\text{с}$;

ω – швидкість рідини, $\text{м}/\text{с}$; приймаємо $\omega = 1,5 \text{ м}/\text{с}$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Y}{\pi \cdot \omega}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 25}{3,14 \cdot 1,5 \cdot 3600}} = 0,077 \text{ м}$$

Приймаємо діаметр трубопроводу $d = 80 \text{ мм}$.

Розрахунок і конструювання фланцевого з'єднання.

Визначаємо конструктивні розміри фланця:

внутрішній діаметр фланця $D_{\phi}^e = D + 2 \cdot \delta = 80 + 5 = 85 \text{ мм}$;

зовнішній діаметр приварної поверхні $D^n = D_{\phi}^e + 15 = 85 + 15 = 100 \text{ мм}$;

діаметр болтового кола $D_{\phi} = \phi \cdot D^{0,933} = 1,11 \cdot 100^{0,933} \cong 115 \text{ мм}$;

зовнішній діаметр фланця $D_{\phi} = D_{\phi} + a = 115 + 30 = 145 \text{ мм}$;

Приймаємо:

товщина прокладки $\delta_{\text{п}} = 3 \text{ мм}$;

діаметр болта $d = 10 \text{ мм}$.

Із цих даних знаходимо геометричну ширину прокладки

$$b = 0,5 \cdot (D_3^n - D_{\phi}^e) = 0,5 \cdot (100 - 85) = 7,5 \text{ мм},$$

Приймаємо привалочні поверхні плоскими з двома рисками. Приведена і ефективна ширина прокладки відповідно будуть дорівнювати

$$b' = 0,5 \cdot b = 0,5 \cdot 7,5 = 3,75 \text{ мм}$$

$$b_0 = 2,48 \cdot \sqrt{b'} = 2,48 \cdot \sqrt{3,75} = 4,8 \text{ мм}$$

Розрахунковий діаметр прокладки таким чином буде дорівнювати

$$D = D_3^n - 2 \cdot b_0 = 100 - 2 \cdot 4,8 \cong 92 \text{ мм}$$

В якості прокладочного матеріала вибираємо м'яку резину, по таблиці знаходимо коефіцієнт питомого тиску $m = 1$ і посадочне напруження $13,5 \text{ МПа}$.

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
						12
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Навантаження на болти від тиску визначаємо по формулі

$$Q_{\delta}^p = 0,785 \cdot D^2 \cdot p + \pi \cdot D \cdot b_0 \cdot t \cdot p$$

$$= 0,785 \cdot 0,092^2 \cdot 0,4 \cdot 10^6 + 3,14 \cdot 0,092 \cdot 0,0048 \cdot 1 \cdot 0,4 \cdot 10^6 =$$

= **3300Н** Навантаження на болти від затяжки визначаємо по формулі

$$Q_{\delta}' = \pi \cdot D \cdot b_0 \cdot \sigma_n = 3,14 \cdot 0,092 \cdot 0,0048 \cdot 13,5 \cdot 10^6 = 18720\text{Н}$$

Болти будемо виготовляти із сталі 10. При значенні границі міцності болтів, рівною приблизно 300 МПа допустиме напруження буде дорівнювати

$$[\sigma] = \frac{300 \cdot 10^6}{6,5} = 46 \cdot 10^6 \text{Па}$$

Визначаємо допустиме навантаження на один болт

$$q_{\delta} = 0,785 \cdot (d_1 - \delta_c)^2 \cdot [\sigma] = 0,785 \cdot (0,0075 - 0,001)^2 \cdot 46 \cdot 10^6 =$$

1525Н

Визначаємо необхідну кількість болтів

$$n = \frac{Q_{\delta}^p}{q_{\delta}} = \frac{18720}{1525} \approx 12 \text{шт.};$$

Кількість болтів із умови надійного стиску прокладки, тобто розположення їх по болтовому колу на відстані чотирьох діаметрів

$$n = \frac{\pi \cdot D_{\delta}}{4 \cdot d} = \frac{3,14 \cdot 0,115}{4 \cdot 0,01} \approx 9$$

Приймаємо кількість болтів $n=12$.

Фланці виготовляємо із сталі , для якої можна прийняти $[\sigma]=120$ Мпа. Тоді товщина фланця буде визначатись так

$$\delta = 0,75 \cdot \sqrt{\frac{Q \cdot (D_{\delta} - D_{\delta}) \cdot D_{\delta}}{n \cdot (\pi \cdot D_{\delta} - n \cdot d_0) \cdot d_0 \cdot [\sigma_{\mu}]}} + 0,012 =$$

$$= 0,75 \cdot \sqrt{\frac{18720 \cdot (0,115 - 0,085) \cdot 0,115}{12 \cdot (3,14 \cdot 0,085 - 12 \cdot 0,01125) \cdot 0,01125 \cdot 120 \cdot 10^6}} + 0,012 = 0,02 \text{м} = 20 \text{мм}$$

Товщину фланця остаточно приймаємо (згідно із стандартом) рівною 20 мм.

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
						13
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

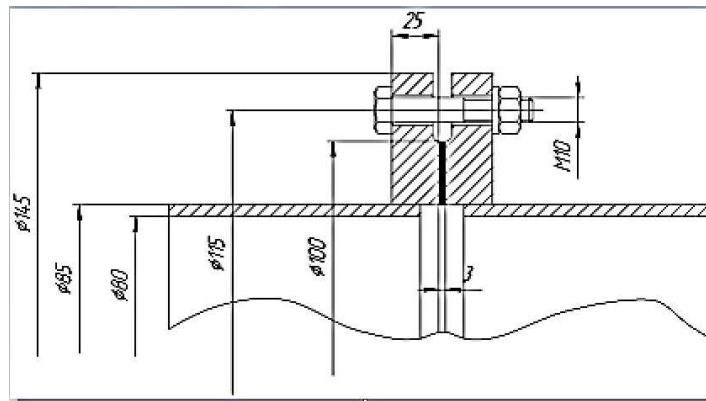


Рис 5.2 Фланцеве з'єднання

Розрахунок і конструювання укріплювального елемента

Дано:

Діаметр отвору $d=0,085$ м;

Тиск в апараті $P_H=0,4 \cdot 10^6$ МПа=400000 Па;

Діаметр апарату $D=2.3$ м;

Допустиме напруження для матеріалу $[\sigma] = 145 \cdot 10^6$ Па;

Коефіцієнт якості зварного шву – $\gamma=0,7$.

Розрахункова товщина стінки:

$$\delta_p = \frac{0,4 \cdot 10^6 \cdot 2,3}{2 \cdot 145 \cdot 10^6 \cdot 0,9 - 0,4 \cdot 10^6} = 0,0046 \text{ м}$$

Приймаємо $\delta_p = 5,6$ мм, з урахуванням прибавки на корозію. Остаточно приймаємо $\delta = 6$ мм

Дійсний коефіцієнт міцності ємності буде дорівнювати

$$k = \frac{\delta_p}{(\delta - c)} = \frac{4,6}{(6 - 1)} = 0,92, \text{ приймаємо } k = 0,9$$

Найбільший діаметр ємності при якому стінки можна не укріплювати буде дорівнювати

$$d_0 = 0,8 \cdot \sqrt[3]{D \cdot \delta_p \cdot (1 - k)} = 0,8 \cdot \sqrt[3]{3 \cdot 0,0046 \cdot (1 - 0,9)} = 0,09 \text{ м.}$$

Але так як $d \geq 70$ мм, то стінку апарату необхідно укріплювати.

Для патрубків вибираємо сталеву трубу, для якої

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

$$[\sigma] = 145 \text{ МПа}$$

Розрахункова товщина стінки патрубку буде дорівнювати

$$\delta_p^n = \frac{P_H \cdot D}{2 \cdot [\sigma] - P_H} = \frac{400000 \cdot 0,085}{2 \cdot 145 \cdot 10^6 - 400000} = 0,00012 \text{ м,}$$

З прибавкою на корозію товщина стінки буде дорівнювати $\delta_k = \delta_p + C = 1,2 + 1 = 2,2 \text{ мм}$

де $C = 1 \text{ мм}$ – добавка на корозію.

Товщину стінки приймаємо по ГОСТ, беремо найближче більше значення, тоді остаточно $\delta = 0,0025 \text{ м}$.

Вибираємо для патрубка трубу з зовнішнім діаметром 85 мм, товщиною стінки 2,5 мм і внутрішнім діаметром 80 мм.

Укріплення стінки при отворі зробимо кільцем ззовні ємності. Товщину кільця приймаємо рівною $\delta_k = 6 \text{ мм}$. Висоту частини патрубка, розміщеного нижче внутрішньої твірної обичайки, приймаємо рівною $H_2 = 10 \text{ мм}$

Площу перерізу укріплюючих елементів знаходимо за формулою

$$F_3 = (d_g^n + 2 \cdot \delta_c^n - d_0) \cdot \delta_p = |80 + 2 - 90| \cdot 4,6 = 36,8 \text{ мм}^2$$

Діаметр зони укріплення

$$D_3 = 2 \cdot (d_g^n + 2 \cdot \delta_c^n) = 2 \cdot (80 + 2 \cdot 1) = 164 \text{ мм}$$

Висота зони укріплення

$$H_1 = 2,5 \cdot \delta_p = 2,5 \cdot 4,6 = 11,5 \text{ мм}$$

Площа перерізу метала, що дійсно приймає участь в укріпленні отвору, буде дорівнювати

$$F_3 = [D_k - (d_g^n + 2 \cdot \delta_c^n)] \cdot \delta_k + [D_3 - (d_g^n + 2 \cdot \delta_c^n)] \cdot [\delta - (\delta_p + \delta_c)] + 2 \cdot (H_1 - \delta_k + H_2) \cdot [\delta^n - (\delta_p^n + \delta_c^n)] =$$

$$= [D_k - (80 + 2 \cdot 1)] \cdot 6 + [164 - (80 + 2 \cdot 1)] \cdot [6 - (4,6 + 1)] + 2 \cdot (11,5 - 6 + 10) \cdot [6 - (2 + 1)] =$$

$$= 6D_k - 492 + 82 \cdot 0,4 + 93 = 6D_k - 366,2$$

ПЛОЩ

$$D_k = \frac{(366,2 + 36,8)}{6} = 67,16 \text{ мм}$$

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Приймаємо $D_k = 2 \cdot d_{\text{отв}} = 170$ мм.

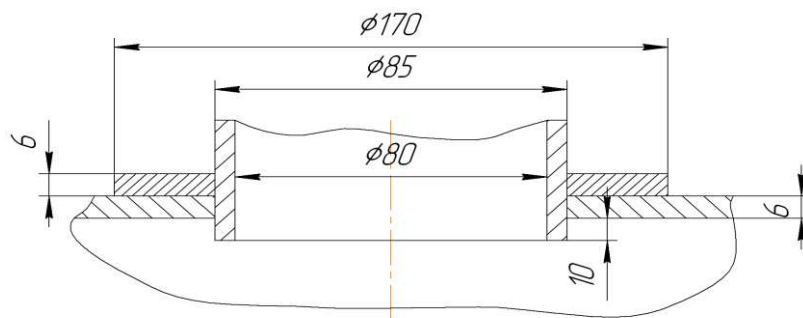


Рис 5.2 Укріплювальний елемент

5.4. Механічні розрахунки

Розрахунок нагрівачого пристрою

Розрахунок нагрівачого пристрою можна провести за принципом розрахунку кожухотрубного теплообмінника.

Проведемо перевірочний розрахунок сталюого нагрівачого пристрою з розмірами:

- поверхня нагріву $F=7,152$ м²;
- довжина труб $L=1$ м;
- кількість труб $n=84$;
- діаметр кожуха (нагрівачого пристрою) $D=370$ мм;
- розмір трубок 20×2 мм;
- крок трубних отворів $t=0.030$ м;
- товщина стінки кожуха $S_k=0.005$ м;
- Товщина трубної решітки $S_T=0,01$ м;
- Температура трубок $t_T=150$ °С;

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
						16
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Температура кожуха $t_k=40^\circ\text{C}$;
 - Тиск в трубному і між трубному просторі 0,4МПа.

На кожусі встановлений один компенсатор з зовнішнім діаметром 0,3м і товщиною 0,004м.

Визначимо температурні напруження.

Осьова деформація однієї лінзи

$$\Delta l = \gamma P_K$$

Коефіцієнт, який характеризує гнучкість компенсатора

$$\gamma = \frac{\alpha_1(1-\beta) \cdot D^2}{20 \cdot \pi \cdot E \cdot S_K^3} = \frac{2.14(1-0.92) \cdot 0.325^2}{20 \cdot 3.14 \cdot 2.1 \cdot 10^{11} \cdot 0.005^3} = 606,6 \cdot 10^{-9} \text{ м/Н}$$

$$\text{де } \beta = \frac{D_H}{D} = \frac{0.3}{0.325} = 0.92$$

З таблиці отримуємо $\alpha_1=2,4$

Температурні зусилля

$$P_T = P_K = \frac{\alpha \cdot \Delta t \cdot L \cdot E}{\frac{L}{F_K} + \frac{L}{F_T} + \frac{(1-\beta)\alpha_1 \cdot D^2}{20 \cdot \pi \cdot S_K^2}} = \frac{12 \cdot 10^{-6} (150-40) \cdot 1 \cdot 2.1 \cdot 10^{11}}{\frac{1}{0.0051} + \frac{1}{0.006} + \frac{(1-0.92) \cdot 2.4 \cdot 0.325^2}{20 \cdot 3.14 \cdot 0.005^2}} = 5.75 \cdot 10^5 \text{ Н}$$

де =

$$F_K = \frac{\pi}{4} (d_H^2 - d_B^2) n = \frac{3.14}{4} (0.02^2 - 0.018^2) 100 = 0.006 \text{ м}^2$$

F_K – площа перерізу стінки апарату, корпусу

$$F_K = \pi D_{cp} S_K = 3.14 \cdot 0.3700 \cdot 0.005 = 0.0051 \text{ м}^2$$

Температурні напруження в трубках і корпусі

$$\sigma_T = \frac{P_T}{F_T} = \frac{575000}{0.006} = 95.84 \text{ МПа}$$

$$\sigma_K = \frac{P_K}{F_K} = \frac{575000}{0.0051} \approx 112.75 \text{ МПа}$$

Визначимо значення температурних напружень в корпусі нагрівачого пристрою для випадку, коли він не мав би компенсатора. Зусилля розтягу в корпусі розраховуємо за формулою:

$$P_K = \frac{\alpha \cdot \Delta t \cdot L \cdot E}{\frac{L}{F_K} + \frac{L}{F_T}} = \frac{12 \cdot 10^{-6} (150-40) \cdot 1 \cdot 2.1 \cdot 10^{11}}{\frac{1}{0.0051} + \frac{1}{0.006}} = \frac{4158 \cdot 10^5}{544.12} = 764172.93 \text{ Н} = 0.764 \text{ МН}$$

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Напруження в корпусі нагрівача пристрою

$$\sigma_K = \frac{P_K}{F_K} = \frac{0,764}{0,0051} = 149,8 \text{ МПа}$$

Порівнюючи напруження в корпусі з компенсатором і без компенсатора, можна сказати, що конденсатор можна встановити.

Без компенсатора напруження в корпусі перевищують в $149,8/112,75 \approx 1,32$ рази.

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
						18
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7. ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

7.1 Вибір методу одержання заготовки

Вихідним матеріалом для виготовлення деталі «Трубчаста решітка» є нержавіюча сталь марки 12Х18Н10Т.

У нашому випадку для отримання заготовки ми використовуватимемо плазмове різання металу. Процес плазмового різання полягає в місцевому розплавленні металу безпосередньо в зоні розрізу за допомогою потоку обтисненої повітрям електродуги. Температура цього потоку може досягати значень від 5000 до 30000°C. Завдяки високій концентрації енергії в зоні розрізу досягається вузький розріз, що забезпечує високу якість кромки без відкладень металу і уникнення короблення металу.

Установка для плазмового різання включає джерело електроживлення і виконавче джерело плазмотрона, яке з'єднане з джерелом живлення рухомим кабель-шланговим пакетом. Джерело живлення повинно бути підключено до мережі та повітряної магістралі або безпосередньо до компресора. Цей процес забезпечує ефективне різання металу з високою якістю обробки кромки і відсутністю дефектів.

Припуск на механічну обробку визначається з урахуванням неточностей виготовлення заготовки. Такий припуск також залежить від габаритів деталі і регламентується стандартом (наприклад, ГОСТ). У даному випадку приймається припуск на механічну обробку в розмірі 2,5 мм на кожен бік деталі. Це значення припуску враховує неточності виготовлення заготовки.

Технологічний припуск включає припуски, які спрощують процес виготовлення заготовки. З урахуванням цього припуску для виробництва обрано плазмове різання на інверторі для повітряно-плазмового різання з контактної-

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Ярмола Р.О.			Технологія виготовлення деталі	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Марцинкевич Л.В.					1	16
Реценз.						ПФ НУХТ гр. 5-МАЗ		
Н. Контр.								
Затверд.		Гавва О.М.						

дуговим запалюванням. Цей метод забезпечує точність відповідно до стандартів IT12, IT14, а також визначену шорсткість поверхні Rz в діапазоні від 160 до 40 (Ra від 40 до 25). Використання цього методу дозволяє відповідати вимогам щодо точності та якості обробки для даної деталі.

7.2 Технологічний маршрут виготовлення деталі

Таблиця 1 Технологічний маршрут виготовлення деталі «Трубчаста решітка»

№ Оп., пер.	Назва операції, переходу	Технологічне обладнання, оснащення, різальний та вимірювальний інструмент
10 10.1	<u>Заготівельна</u> Вирізати заготовку з плазмовою різкою Ø378 мм, b=15, Сталь 12X18Н10Т, ГОСТ 5582-61	
20 20.1 20.2 20.3 20.4 20.5	<u>Токарна (УЗЗ)</u> Торцювати (пов.1) Z=2,5мм Свердлити наскрізний отвір для обробки внутрішньої поверхні Розточити отвір до Ø109 (пов.2) начорно Розточити отвір до Ø109 (пов.2) начисто Зняти фаску (пов.3)	Токарно верстат 16К20, трикулачковий патрон. Прохідний відігнутий, правий Т15К6, ГОСТ 18870-73, ШЦ –1 Свердло Р6М5, Ø60, ГОСТ 10903-77 Різець упорний, для оброблення внутрішніх поверхонь Т15К6, ШЦ –1 Різець упорний, для оброблення внутрішніх поверхонь Т15К6, ШЦ –1 Прохідний відігнутий, правий Т15К6, ГОСТ 18870-73.
30 30.1 30.2 30.3 30.4	<u>Токарна (УЗЗ)</u> Торцювати (пов.1) Z=2,5мм Точити (пов. 2) начорно Точити (пов. 2) начисто Зняти фаску (пов.3)	Токарний верстат 16К20, трикулачковий патрон на розтиснення. Прохідний відігнутий, правий Т15К6, ГОСТ 18870-73, ШЦ –1 Прохідний відігнутий, правий Т15К6, ГОСТ 18870-73, ШЦ –1 Прохідний відігнутий, правий Т15К6, ГОСТ 18870-73, ШЦ –1 Прохідний відігнутий, правий Т15К6, ГОСТ 18870-73

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

40	<u>Свердлильна (УЗЗ)</u>	Свердлильний верстат 2А125, упор, кондуктор
40.1	Свердлити 84 отвори Ø21,5 (пов.1)	Свердло Р6М5 Ø21,5 ГОСТ 10903-77
50.	<u>Слюсарна</u>	Верстак слюсарний
50.1	Притупити гострі кромки на торцях зубів	Лещата слюсарні, напилек плоский.
60	<u>Промивальна</u>	Промиваюча машина
60.1	Промити деталь	
70	<u>Технічний контроль</u>	Стіл ВТК
70.1	Контролювати оброблені поверхні деталі	

7.3. Визначення поопераційних режимів різання і норм часу

Операція №20, Токарна

Перехід 20.1 Торцювати пов.(1) $z=2,5$ мм.

1. Глибина різання 2,5мм
2. $S_{noz\partial}=0,6...1,2$ мм/об, приймаємо $S_{noz\partial}=0,9$ мм/об;
3. Визначаємо розрахункову швидкість різання, яка визначається по емпіричній формулі:

$$v = C_v / (T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,45}),$$

де T -середнє значення періоду стійкості, дискретна величина і можна приймати в межах 60-90 хв. для різців зі швидкорізальної сталі і 90-120 хв. для різця із твердосплавною різальною пластинкою; $C_v = 153$ - постійна для даних режимів різання

$$v = 153 / (120^{0,2} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 0,9^{0,45}) = 58,3 \text{ м/хв.}$$

4. Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата:

$$n_e = 1000 \cdot v / \pi \cdot d_3 = 1000 \cdot 58,3 / 3,14 \cdot 378 = 49,77 \text{ об/хв,}$$

де d_3 - діаметр заготовки, мм;

5. Розрахункова кількість обертів n_p порівнюється з наявними на верстаті значеннями згідно його паспортних даних. Якщо розрахункова частота не збігається з одним із положень, то для подальших розрахунків приймається те

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

положення коробки швидкостей верстата (n_p), що є найближчим меншим за n_p , тобто повинна витримуватися умова $n_e < n_p$

Із ряду обертів шпинделя верстату вибираємо ближче менше значення.

$$n_e = 40 \text{ об/хв.}$$

6. За прийнятим значенням n_e визначається фактична швидкість різання:

$$V_d = \pi \cdot d \cdot n_e / 1000 = 3,14 \cdot 378 \cdot 40 / 1000 = 46,8 \text{ м/хв.}$$

7. Визначаємо розрахункову довжину обробки:

$$L_p = L_0 + L_1 + L_2 + L_3$$

$L_0 = 186,5$ мм - довжина оброблювальної поверхні; $L_1 = 2$ мм - величина підводу різця; $L_2 = 1,5$ мм - величина врізання прохідного відігнутого правого різця; $L_3 = 2$ мм - величина перебігу різця.

$$L_p = 186,5 + 2 + 1,5 + 2 = 192 \text{ мм}$$

8. Основний час на виконання переходу

$$t_0 = L / n_e \cdot S = 192 / 40 \cdot 0,9 = 5,3 \text{ хв.}$$

9. Допоміжний час для установлення заготовки

$$t_{0,ycm} = 0,25 \text{ хв.}$$

10. Допоміжний час для переходу

$$t_{01} = t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_n;$$

$t_1 = 0,11$ хв - комплексний час; $t_2 = 0,08$ хв - час на установлення частоти та подачі; $t_3 = 0,05$ хв - час на поворот різцетримача; $t_4 = 0,08$ хв - час на включення поперечної подачі; $t_5 = 0,08$ хв - час на контрольні виміри;

$$t_{01} = 0,25 + 0,4 = 0,65 \text{ хв.}$$

11. Оперативний час

$$T_{on} = t_{01} + t_0 = 5,3 + 0,65 = 5,95 \text{ хв.}$$

Перехід 20.2 Свердлити отв. Ø60 на L=12,5 мм.

Припуск на оброблення під час свердління становить

$$t = \frac{d_{CB}}{2} = \frac{60}{2} = 30 \text{ мм.}$$

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
						4
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За нормативними даними вибираємо подачу залежно від діаметру отвору та міцностних характеристик заготовки матеріалу. При свердлінні сталевих деталей з $\sigma_B > 1000$ МПа. подачу беремо $S = 0,22 \dots 0,30$ мм/об. За паспортними даними станка приймаємо подачу $S = 0,3$ мм/об.

Середня стійкість свердла: $T=25$ хв.

Вибираємо емпіричну формулу (критичної) швидкості різання сталі

$$V = \frac{C_v \cdot d_c^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v \cdot K_{3V} = \frac{9,8 \cdot 60^{0,2}}{25^{0,5} \cdot 0,3^{0,5}} \cdot 0,387 \cdot 0,75 = 2,5 \text{ м/хв}$$

де коефіцієнти $C_v=9,8$; $m=0,5$; $q=0,2$; $y=0,5$

Знаходимо поправочний коефіцієнт для Сталі 12Х18Н10Т

$$K_v = K_{MV} \times K_{PV} \times K_{UV} = 1,23 \times 0,9 \times 0,35 = 0,387;$$

де K_{MV} – коефіцієнт який враховує якість оброблення матеріалу;

$$K_{MV} = K_r \times \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v} = 1 \times \left(\frac{750}{610}\right)^1 = 1,23$$

де K_r – коефіцієнт, який враховує групу сталі по оброблюваності, $K_r=1$;

n_v – показник степені, який враховує групу сталі по оброблюваності, $n_v=1$;

K_{PV} – коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки на швидкість різання, $K_{PV}=0,9$;

K_{UV} – коефіцієнт, який враховує вплив матеріалу інструмента на швидкість різання, $K_{UV}=0,35$.

Потрібна частота обертів свердла:

$$n_B = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_c} = \frac{1000 \cdot 2,5}{3,14 \cdot 80} = 12,52 \text{ об/хв}$$

Приймаємо ближчу меншу частоту обертів шпинделя верстата $n_B=12,5$ об/хв. Дійсна швидкість різання при таких обертах шпинделя

$$V_D = \frac{\pi \cdot d_c \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 60 \cdot 12,5}{1000} = 2,355 \text{ м/хв.}$$

Основний час на виконання переходу

$$t_{02} = \frac{L}{n_B \cdot S} = \frac{12,5}{12,5 \cdot 0,3} = 3,33 \text{ хв}$$

Розрахункова довжина оброблення для переходу

$$L = l_{\text{дет}} + l_1 + l_2 + l_3 = 12,5 + 2 + 3 = 17,5 \text{ мм}$$

					Кв.Р.133. Б61АОХ39018.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

$l_{ДЕТ}$ - довжина свердління $l_{ДЕТ}=12.5$ мм

l_1 - підвід інструменту $l_1 = 2$ мм

l_2 - врізання інструменту і l_3 - перебіг інструменту $l_2+l_3=3$

Допоміжний час на виконання переходу:

$$t_{дон2}=t_{вст}+t_{неп}+t_{зм}+t_k=0,08+0,24+0,27=0,59 \text{ хв.}$$

де $t_{вст} = 0,08$ хв – допоміжний час на переміщення бабки;

$t_{зм}=0,06+0,02+0,12+0,04=0,24$ хв – час, пов'язаний з установкою та зняттям інструменту в швидкозмінному патроні, зміною режимів роботи, включення та виключення охолодження;

$t_k = 0,27$ хв – час на контрольні вимірювання оброблювальної поверхні

Перехід 20.3 Розточити отвір Ø40 до Ø108,3 начорно пов.(2)

Загальна глибина різання при обробці заданої поверхні

$$t = \frac{d - d_3}{2} = \frac{108,3 - 60}{2} = 24 \text{ мм}$$

Подач знаходиться в інтервалі $S=0,4\dots0,8$ мм/об. Звіряємо з паспортними даними верстата і приймаємо $S=0,4$ мм/об.

Визначаємо швидкість різання:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 24^{0,15} \cdot 0,4^{0,35}} \cdot 0,387 = 49.63 \text{ м/хв.}$$

де коефіцієнти $C_v=340$; $m=0,2$; $x=0,15$; $y=0,35$

T – середнє значення періоду стійкості різця (можна приймати в межах 60...90 хв.)

Знаходимо поправочний коефіцієнт для Сталі 12Х18Н10Т

$$K_v = K_{MV} \times K_{PV} \times K_{UV} = 1,23 \times 0,9 \times 0,35 = 0,387;$$

де K_{MV} – коефіцієнт який враховує якість оброблення матеріалу;

$$K_{MV} = K_r \times \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v} = 1 \times \left(\frac{750}{610}\right)^1 = 1,23$$

де K_r – коефіцієнт, який враховує групу сталі по оброблюваності, $K_r=1$;

n_v – показник степені, який враховує групу сталі по оброблюваності, $n_v=1$;

K_{PV} – коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки на швидкість різання, $K_{PV}=0,9$;

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

K_{UV} – коефіцієнт, який враховує вплив матеріалу інструмента на швидкість різання, $K_{UV}=0,35$.

Потрібна частота обертів шпинделя верстата /

$$n_B = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_3} = \frac{1000 \cdot 49,63}{3,14 \cdot 60} = 263,429 \text{ об/хв}$$

Приймаємо ближчу меншу частоту обертів шпинделя верстата $n_B=250$ об/хв. Дійсна швидкість різання при таких обертах шпинделя

$$V_D = \frac{\pi \cdot d_3 \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 60 \cdot 250}{1000} = 47,1 \text{ м/хв}$$

Розрахункова довжина оброблення для переходу

$$L = l_{DET} + l_1 + l_2 + l_3 = 12,5 + 2 + 3 + 1 = 18,5 \text{ мм}$$

l_{DET} - довжина деталі $l_{DET}=12,5$ мм

l_1 - підвід інструменту $l_1 = 2$ мм

l_2 - врізання інструменту $l_2 = 3$

l_3 - перебіг інструменту $l_3=1$

Основний час на виконання переходу

$$t = \frac{L}{n_B \cdot S} = \frac{18,5}{250 \cdot 0,4} = 0,185 \text{ хв}$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_D = t_1 + t_2 + t_3 = 0,11 + 0,1 + 0,7 = 0,91 \text{ хв}$$

$t_1 = 0,11$ хв – допоміжний час, пов'язаний безпосередньо з переходом для поперечного обточування з установленням різця по упору.

$t_2 = 0,05 + 0,05 = 0,1$ хв. – допоміжний час на зміну частоти обертів шпинделя і подачі.

$t_3=0,7$ хв – заміна різця.

Перехід 20.4 Розточити Ø108,3 до Ø109 начисто пов.(2)

Загальна глибина різання при обробці заданої поверхні

$$t = \frac{d - d_3}{2} = \frac{109 - 108,3}{2} = 0,35 \text{ мм}$$

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

Подач знаходиться в інтервалі $S=0,6\dots 1,2$ мм/об. Звіряємо з паспортними даними верстата і приймаємо $S=0,6$ мм/об.

Визначаємо швидкість різання:

$$V = \frac{C_v}{T^{m \cdot t^x \cdot S^y}} \cdot K_v = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 0,35^{0,15} \cdot 0,6^{0,35}} \cdot 0,387 = 81.208 \text{ м/хв.}$$

де коефіцієнти $C_v=340$; $m=0,2$; $x=0,15$; $y=0,35$

T – середнє значення періоду стійкості різця (можна приймати в межах 60...90 хв.)

Знаходимо поправочний коефіцієнт для Сталі 12Х18Н10Т

$$K_v = K_{MV} \times K_{PV} \times K_{UV} = 1,23 \times 0,9 \times 0,35 = 0,387;$$

де K_{MV} – коефіцієнт який враховує якість оброблення матеріалу;

$$K_{MV} = K_r \times \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v} = 1 \times \left(\frac{750}{610}\right)^1 = 1,23$$

де K_r – коефіцієнт, який враховує групу сталі по оброблюваності, $K_r=1$;

n_v – показник степені, який враховує групу сталі по оброблюваності, $n_v=1$;

K_{PV} – коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки на швидкість різання, $K_{PV}=0,9$;

K_{UV} – коефіцієнт, який враховує вплив матеріалу інструмента на швидкість різання, $K_{UV}=0,35$.

Потрібна частота обертів шпинделя верстата /

$$n_B = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_3} = \frac{1000 \cdot 81.208}{3,14 \cdot 108,3} = 238,8 \text{ об/хв}$$

Приймаємо ближчу меншу частоту обертів шпинделя верстата $n_b=250$ об/хв. Дійсна швидкість різання при таких обертах шпинделя

$$V_D = \frac{\pi \cdot d_3 \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 108,3 \cdot 250}{1000} = 85,02 \text{ м/хв}$$

Розрахункова довжина оброблення для переходу

$$L = l_{DET} + l_1 + l_2 + l_3 = 12,5 + 2 + 5 = 18,5 \text{ мм}$$

l_{DET} - довжина деталі $l_{DET}=12,5$ мм

l_1 - підвід інструменту $l_1 = 2$ мм

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
						8
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

l_2 - врізання інструменту $l_2 = 3$

l_3 - перебіг інструменту $l_3 = 1$

Основний час на виконання переходу

$$t_{04} = \frac{L}{n_B \cdot S} = \frac{18.5}{250 \cdot 0.6} = 0.12 \text{ хв}$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_{д4} = t_1 + t_2 + t_3 = 0,11 + 0,1 + 0,7 = 0,75 \text{ хв}$$

$t_1 = 0,11$ хв – допоміжний час, пов'язаний безпосередньо з переходом для поперечного обточування з установленням різця по упору (табл..26).

$t_2 = 0,05 + 0,05 = 0,1$ хв. – допоміжний час на зміну частоти обертів шпинделя і подачі.

$t_3 = 0,7$ хв – заміна різця.

Призначення режимів різання для точіння фаски пов.3, дотримуючись розмірів $2,5 \times 45^\circ$.

Оберти шпинделя залишаються такі ж, як і під час обточування на попередньому переході $n_B = 250 \text{ хв}^{-1}$ з тим, щоб не витратити час на перемикання швидкості. Затрачений час на точіння гантелей, зняття фасок визначається і приймається як основний час $t = 0,18$ хв.

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_{д} = 3 \cdot t_1 + 3 \cdot t_2 + 3 \cdot t_3 = 3 \cdot 0,13 + 3 \cdot 0,11 + 3 \cdot 0,13 = 1.11 \text{ хв}$$

$t_1 = 0,13$ хв – допоміжний час, пов'язаний безпосередньо з переходом для поперечного обточування з установленням різця по упору на верстаті з висотою центрів до 200 мм при автоматичній подачі.

$t_2 = 0,05 + 0,06 = 0,11$ хв – допоміжний час на зміну частоти обертів шпинделя і подачі.

$t_4 = 0.13$ хв – контрольні вимірювання.

Нормування токарної операції:

Основний операційний час на виконання всієї токарної операції становить:

$$T_o = \sum_1^i t_{oi} = 5.3 + 3.33 + 0.185 + 0.12 + 0.18 = 9.115$$

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
						9
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Допоміжний час

$$T\partial = 2t_y + \sum t_k = 0,65 + 0,59 + 0,91 + 0,75 + 1,11 = 4,01$$

Операційний час

$$T_{оп} = T_о + T\partial = 9,115 + 4,01 = 13,125 \text{ хв}$$

Підготовчо - завершувальний час на партію деталей:

На налагодження в патроні - 10 хв, на одержання та здавання інструментів та пристроїв - 7... 10 хв.

Отже, $T_{н.з} = 13,125 + 10 = 23,125$ хв;

n — кількість деталей у партії (серії).

Якщо виходити з річної програми 10 деталей на рік, то

$$T_k = 13,125 + 4,01 + 3,115 + (20/10) = 25,25 \text{ хв.}$$

Норма виробітку становить

$$N = 60/T_k = 60/25,25 = 2,23 \text{ деталі.}$$

Операція №30, токарна

Перехід 30.1 Торцювати пов.(1) $z=2,5$ мм.

1. Глибина різання 2,5мм
2. $S_{нозд} = 0,6 \dots 1,2$ мм/об, приймаємо $S_{нозд} = 0,9$ мм/об;
3. Визначаємо розрахункову швидкість різання, яка визначається по емпіричній формулі:

$$v = C_v (T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,45}),$$

де T -середнє значення періоду стійкості, дискретна величина і можна приймати в межах 60-90 хв. для різців зі швидкорізальної сталі і 90-120 хв. для різця із твёрдосплавною різальною пластинкою; $C_v = 153$ - постійна для даних режимів різання

$$v = 153 / (120^{0,2} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 0,9^{0,45}) = 58,3 \text{ м/хв.}$$

4. Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата:

$$n_g = 1000 \cdot v / \pi \cdot d_3 = 1000 \cdot 58,3 / 3,14 \cdot 378 = 49,77 \text{ об/хв,}$$

де d_3 - діаметр заготовки, мм;

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

5. Розрахункова кількість обертів n_p порівнюється з наявними на верстаті значеннями згідно його паспортних даних. Якщо розрахункова частота не збігається з одним із положень, то для подальших розрахунків приймається те положення коробки швидкостей верстата (n_p), що є найближчим меншим за n_p , тобто повинна витримуватися умова $n_e < n_p$

Із ряду обертів шпинделя верстату вибираємо ближче менше значення.

$$n_e = 40 \text{ об/хв.}$$

6. За прийнятим значенням n_e визначається фактична швидкість різання:

$$V_\delta = \pi \cdot d \cdot n_e / 1000 = 3,14 \cdot 378 \cdot 40 / 1000 = 46,8 \text{ м/хв.}$$

7. Визначаємо розрахункову довжину обробки:

$$L_p = L_\delta + L_1 + L_2 + L_3$$

$L_\delta = 186,5$ мм - довжина оброблювальної поверхні; $L_1 = 2$ мм - величина підводу різця; $L_2 = 1,5$ мм - величина врізання прохідного відігнутого правого різця; $L_3 = 2$ мм - величина перебігу різця.

$$L_p = 186,5 + 2 + 1,5 + 2 = 192 \text{ мм}$$

8. Основний час на виконання переходу

$$t_0 = L / n_e \cdot S = 192 / 40 \cdot 0,9 = 5,3 \text{ хв.}$$

9. Допоміжний час для устанавлення заготовки

$$t_{\delta, \text{уст}} = 0,25 \text{ хв.}$$

10. Допоміжний час для переходу

$$t_{\delta 1} = t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_n;$$

$t_1 = 0,11$ хв - комплексний час; $t_2 = 0,08$ хв - час на устанавлення частоти та подачі; $t_3 = 0,05$ хв - час на поворот різцетримача; $t_4 = 0,08$ хв - час на включення поперечної подачі; $t_5 = 0,08$ хв - час на контрольні виміри;

$$t_{\delta 1} = 0,25 + 0,4 = 0,65 \text{ хв.}$$

11. Оперативний час

$$T_{on} = t_{\delta 1} + t_\delta = 5,3 + 0,65 = 5,95 \text{ хв.}$$

Перехід 30.2 Точити пов.2 начорно до $\varnothing 365$ $l=10$ мм

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
						11
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Загальна глибина різання при обробці заданої поверхні $t = \frac{378 - 365}{2} = 13$ мм.

Точимо за 10 проходів, тоді глибина різання на один прохід $t = 1.3$ мм.

Подача $S = 0,6 \dots 1,2$ мм/об. Звіряємо з паспортними даними верстата і приймаємо $S = 1$ мм/об.

Визначаємо швидкість різання:

$$V = \frac{C_v}{T^{m \cdot t^x \cdot S^y}} \cdot K_v = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 1,3^{0,15} \cdot 1^{0,35}} \cdot 0,387 = 55,77 \text{ м/хв.}$$

де коефіцієнти $C_v = 340$; $m = 0,2$; $x = 0,15$; $y = 0,35$

T – середнє значення періоду стійкості різця (можна приймати в межах 60...90 хв.)

Знаходимо поправочний коефіцієнт для Сталі 12X18H10T

$$K_v = K_{MV} \times K_{PV} \times K_{UV} = 1,23 \times 0,9 \times 0,35 = 0,387;$$

де K_{MV} – коефіцієнт який враховує якість оброблення матеріалу;

$$K_{MV} = K_r \times \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v} = 1 \times \left(\frac{750}{610}\right)^1 = 1,23$$

де K_r – коефіцієнт, який враховує групу сталі по оброблюваності, $K_r = 1$;

n_v – показник степені, який враховує групу сталі по оброблюваності, $n_v = 1$;

K_{PV} – коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки на швидкість різання, $K_{PV} = 0,9$;

K_{UV} – коефіцієнт, який враховує вплив матеріалу інструмента на швидкість різання, $K_{UV} = 0,35$.

Потрібна частота обертів шпинделя верстата

$$n_B = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_3} = \frac{1000 \cdot 55,77}{3,14 \cdot 378} = 46,99 \text{ об/хв}$$

Приймаємо ближчу меншу частоту обертів шпинделя верстата $n_6 = 40$ об/хв.

Дійсна швидкість різання при таких обертах шпинделя

$$V_D = \frac{\pi \cdot d_3 \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 378 \cdot 40}{1000} = 47,48 \text{ м/хв}$$

Розрахункова довжина оброблення для переходу

$$L = l_0 + l_1 + l_2 + l_3 = 10 + 2 + 2 + 2 = 12 \text{ мм}$$

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

l_0 - довжина різання 67 мм

l_1 - підвід інструменту $l_1 = 2$ мм

l_2 - врізання інструменту $l_2 = 2$ мм.

l_3 - перебіг інструменту $l_3 = 2$

Основний час на виконання переходу

$$t_o = \frac{L}{n_B \cdot S} = \frac{12}{40 \cdot 1,0} \cdot 10 = 3 \text{ хв}$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_d = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 = 0,11 + 0,12 + 0,48 + 0,13 = 0,84 \text{ хв}$$

$t_1 = 0,11$ хв – допоміжний час, пов'язаний безпосередньо з переходом для поперечного обточування з установленням різця по упору на верстаті з висотою цен

трів до 200 мм при автоматичній подачі.

$t_2 = 0,06 + 0,06 = 0,12$ хв – допоміжний час на зміну частоти обертів шпинделя і подачі.

$t_3 = 0,48$ хв – час на встановлення, затискання та зняття деталі.

$t_4 = 0,13$ хв – контрольні вимірювання.

Перехід 30.3 Точити пов.2 начисто до $\text{Ø}364$ $l=10$ мм

Загальна глибина різання при обробці заданої поверхні $t = \frac{365 - 364}{2} = 0,5$ мм.

Подача $S=0,6 \dots 1,2$ мм/об. Звіряємо з паспортними даними верстата і приймаємо $S=0,6$ мм/об.

Визначаємо швидкість різання:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 0,5^{0,15} \cdot 0,6^{0,35}} \cdot 0,387 = 76,98 \text{ м/хв.}$$

де коефіцієнти $C_v=340$; $m=0,2$; $x=0,15$; $y=0,35$

T – середнє значення періоду стійкості різця (можна приймати в межах 60...90 хв.)

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
						13
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Знаходимо поправочний коефіцієнт для Сталі 12Х18Н10Т

$$K_v = K_{MV} \times K_{PV} \times K_{UV} = 1,23 \times 0,9 \times 0,35 = 0,387;$$

де K_{MV} – коефіцієнт який враховує якість оброблення матеріалу;

$$K_{MV} = K_r \times \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v} = 1 \times \left(\frac{750}{610}\right)^1 = 1,23$$

де K_r – коефіцієнт, який враховує групу сталі по оброблюваності, $K_r=1$;

n_v – показник степені, який враховує групу сталі по оброблюваності, $n_v=1$;

K_{PV} – коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки на швидкість різання, $K_{PV}=0,9$;

K_{UV} – коефіцієнт, який враховує вплив матеріалу інструмента на швидкість різання, $K_{UV}=0,35$.

Потрібна частота обертів шпинделя верстата

$$n_B = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_3} = \frac{1000 \cdot 76,98}{3,14 \cdot 365} = 67,16 \text{ об/хв}$$

Приймаємо ближчу меншу частоту обертів шпинделя верстата $n_6=63$ об/хв.

Дійсна швидкість різання при таких обертах шпинделя

$$V_D = \frac{\pi \cdot d_3 \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 365 \cdot 63}{1000} = 72,20 \text{ м/хв}$$

Розрахункова довжина оброблення для переходу

$$L = l_0 + l_1 + l_2 + l_3 = 10 + 2 + 2 + 2 = 12 \text{ мм}$$

l_0 - довжина різання 67 мм

l_1 - підвід інструменту $l_1 = 2$ мм

l_2 - врізання інструменту $l_2 = 2$ мм.

l_3 - перебіг інструменту $l_3=2$

Основний час на виконання переходу

$$t_{01} = \frac{L}{n_B \cdot S} = \frac{12}{63 \cdot 0,6} = 0,32 \text{ хв}$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_d = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 = 0,11 + 0,12 + 0,48 + 0,13 = 0,84 \text{ хв}$$

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

$t_1 = 0,11$ хв – допоміжний час, пов'язаний безпосередньо з переходом для поперечного обточування з установленням різця по упору на верстаті з висотою центрів до 200 мм при автоматичній подачі.

$t_2 = 0,06 + 0,06 = 0,12$ хв – допоміжний час на зміну частоти обертів шпинделя і подачі.

$t_3 = 0,48$ хв – час на встановлення, затискання та зняття деталі.

$t_4 = 0,13$ хв – контрольні вимірювання.

Призначення режимів різання для точіння фаски пов.З, дотримуючись розмірів $1,6 \times 45^\circ$.

Оберти шпинделя залишаються такі ж, як і під час обточування на попередньому переході $n_b = 63 \text{ хв}^{-1}$ з тим, щоб не витратити час на перемикання швидкості. Затрачений час на точіння гантелей, зняття фасок визначається за і приймається як основний час $t = 0,18$ хв.

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_d = 3 \cdot t_1 + 3 \cdot t_2 + 3 \cdot t_3 = 3 \cdot 0,13 + 3 \cdot 0,11 + 3 \cdot 0,13 = 1,11 \text{ хв}$$

$t_1 = 0,13$ хв – допоміжний час, пов'язаний безпосередньо з переходом для поперечного обточування з установленням різця по упору на верстаті з висотою центрів до 200 мм при автоматичній подачі.

$t_2 = 0,05 + 0,06 = 0,11$ хв – допоміжний час на зміну частоти обертів шпинделя і подачі.

$t_4 = 0,13$ хв – контрольні вимірювання.

Нормування токарної операції:

Основний операційний час на виконання всієї токарної операції становить:

$$T_o = \sum_1^i t_{oi} = 5,95 + 3 + 0,32 + 0,18 = 9,45$$

Допоміжний час

$$T_d = 2t_y + \sum t_a = 0,65 + 0,84 + 0,84 + 1,11 = 3,44$$

Операційний час

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

$$T_{оп} = T_0 + T_d = 9,45 + 3,44 = 12,89 \text{ хв}$$

Підготовчо - завершувальний час на партію деталей:

На налагодження в патроні - 10 хв, на одержання та здавання інструментів та пристроїв - 7... 10 хв.

$$\text{Отже, } T_{n.з} = 12,89 + 10 = 22,89 \text{ хв;}$$

n — кількість деталей у партії (серії).

Якщо виходити з річної програми 10 деталей на рік, то

$$T_k = 12,89 + 3,44 + 3,115 + (20/10) = 24,45 \text{ хв.}$$

Норма виробітку становить

$$N = 60/T_k = 60/24,45 = 2,45 \text{ деталі.}$$

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

7. ВИМОГИ ДО МОНТАЖУ, ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА РЕМОНТУ

7.1. Технологія монтажу сусловарильного апарата

Виробничий процес монтажу обладнання - це комплексні операції, спрямовані на перетворення вихідних виробів машинобудування в готовий агрегат, промислову лінію або технологічну установку. Цей процес призначений для створення засобів виробництва, які здатні виготовляти конкретну продукцію або виконувати певний технологічний процес. Важливим етапом є випробування змонтованого обладнання для перевірки його працездатності та відповідності встановленим стандартам і вимогам.

Монтаж обладнання включає такі етапи: підготовчі монтажні роботи та випробування змонтованого обладнання, тому технологічні процеси монтажу поділяються на основні, підготовчі та пусконаладжувальні.

Порядок проведення монтажу:

1) *Транспортування зі складу до місця монтажу.* Для перевезення апарата до місця монтажу можна використовувати залізничний або річковий транспорт, якщо існують відповідні шляхи сполучення. Для цього використовується спеціальний причеп-тягач, і проводиться узгодження схеми вантаження, розвантаження, кріплення та маршруту руху. На території підприємства також може бути використаний спеціальний внутрішній транспорт для транспортування апарата. Важливо дотримуватися всіх необхідних заходів з безпеки та координації для успішного та безпечного транспортування обладнання.

2) *Розпаковка та розконсервація.* Після зняття упаковки апарату проводиться процедура очищення від захисного покриття. Також виконується розгортання від захисного покриття вузлів та деталей апарату.

3) *Крупна зборка.* Після розгортання від захисного покриття апарата проводиться приєднання оглядового люка та контрольно-вимірювального інструменту. У випадку, коли апарат має велику потужність і перевезення його на

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Ярмола Р.О.			Вимоги до монтажу, експлуатації та ремонту	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		Марцинкевич Л.В					1	7
<i>Реценз.</i>						ПФ НУХТ гр. 5-МАЗ		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		Гавва О.М.						

великі відстані становить труднощі, можна використовувати альтернативний метод. Апарат може бути зварений із листів нержавіючої сталі безпосередньо на монтажному майданчику за допомогою електродугового зварювання. Це дозволяє уникнути проблем транспортування та спростити процес монтажу, забезпечуючи ефективність та зручність у великих відстанях.

4) *Такелажні роботи.* Переміщення апарату здійснюється за допомогою підйомного крану, який забезпечує можливість переміщення апарату як у вертикальному, так і у горизонтальному положенні.

5) *Розміточні роботи.* Для вірної орієнтації апарату, розміточні роботи виконують за робочими кресленнями технологічної частини проекту. В якості технічних засобів для виконання розміточних робіт використовують сталі рулетки, складальні метри, кутники, струни. До спеціальних засобів відносять геодезичні та лазерні прилади, гідростатичні рівні, універсальні пристрої для розмітки осьових ліній. Основними розміточними операціями є паралельне перенесення головних осей апарату, розмітка взаємно перпендикулярних осей та перенесення осей по вертикалі на різні поверхи будівлі.

6) Процес монтажу суловарильного апарата включає такі етапи. Збір опорного кільця із підвісками та планками та їх кріплення болтами. Вмонтовування апарата на опорне кільце за допомогою крана, кріплення підвісок до нього, вивірювання та закріплення опорного кільця із апаратом. Розмітка місць та встановлення, вивірювання та кріплення колонок і розвантажувального пристрою. Вмонтовування перколятора, трубопроводів конденсату і стислого повітря. Установка та кріплення сферичної кришки, термометра з оправою, манометра з трубкою та краника на апараті.

7) *Наладка.* Підключення до апарату трубопроводів та інших допоміжних засобів і пристроїв проводиться з дотриманням необхідних вимог технічної безпеки та експлуатаційних стандартів.

8) *Гідравлічне випробування* проводять тиском 0,4 Мпа.

9) *Випробування холостою ходою та під навантаженням.* Після перевірки правильності монтажу апарату важливо виконати випробування холостою ходою,

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
						2
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

що полягає в його роботі без навантаження, на протязі однієї або двох годин. Це дозволяє виявити можливі дефекти, перевірити ефективність роботи апарату та його компонентів у реальних умовах

10) *Прийом в експлуатацію.* Процедура здачі апарату в експлуатацію включає в себе підписання акту здачі в експлуатацію посадовою особою, яка відповідає за проведення всіх монтажних робіт та випробувань. Цей акт є документом, що фіксує факт завершення всіх етапів монтажу, перевірок і випробувань, підтверджуючи готовність апарату до експлуатації.

7.2. Експлуатація

Експлуатацію апарату необхідно проводити відповідно до робочої інструкції з експлуатації. Ця інструкція повинна бути розроблена споживачем, з урахуванням конкретних умов роботи та характеристик самого апарату. Підготовку апарату до пуску проводити за розпорядженням відповідальної особи. Після проведеного технічного огляду:

- Перевірити роботу систему сигналізації;
- Переконатися в наявності на робочому місці засобів пожежогасіння;
- Перевірити освітленість робочих місць.

При виявленні несправностей пуск установки дозволяється лише після усунення неполадок і перевірки надійності роботи обладнання і приладів. Це забезпечує безпеку та ефективність роботи апарату.

Пуск апарату в роботу повинен проводитися відповідно до технологічного регламенту на ведення процесу. Цей регламент визначає послідовність та умови запуску апарату, а також процедури контролю і моніторингу під час його роботи. Важливо також враховувати всі вимоги "Регламенту" при складанні технологічного регламенту, якщо апарат встановлено на відкритому майданчику або в неопалюваному приміщенні. Такий підхід допомагає ефективно управляти процесом та забезпечує дотримання стандартів безпеки.

Під час роботи апарата необхідно підтримувати заданий технологічний режим відповідно до технологічного регламенту. У цьому контексті важливо, щоб робочі параметри, такі як температура, тиск, об'єм і інші, не перевищували тих,

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

що передбачені технічною характеристикою апарату (записаними в паспорті апарату) і технологічним регламентом на ведення процесу.

Апарат повинен бути зупинений у наступних аварійних випадках:

- При підвищенні тиску та температури вище показників, зазначених в технічній характеристиці;
- При виявленні в основних елементах апарата тріщин, пропусків або потіння у зварних швах, течі у фланцевих з'єднаннях, розриву прокладок;
- При несправності або неповну кількості кріпильних деталей фланцевих з'єднань;
- При виникненні пожежі, безпосередньо загрозливого апарату;
- При несправності (відсутності) передбачених проектом контрольно-вимірювальних приладів і засобів автоматики;
- При несправності запобіжних блокувальних пристроїв;
- При виникненні стуку, шуму всередині апарату, підвищеної вібрації.

При виявленні несправностей апарату потрібно діяти відповідно до вказівок регламенту на ведення технологічного процесу, затверджених керівництвом підприємства.

Технічне обслуговування апарата повинно виконуватися експлуатаційним і обслуговуючим персоналом відповідно до вимог інструкцій для експлуатації, техніки безпеки та інших нормативних документів. Особа, відповідальна за справний стан і безпечну роботу апарата, призначається наказом і відповідає за керівництво обслуговуючим персоналом.

Обслуговуючий персонал має за обов'язок вести спостереження за роботою арматур та підтримувати апарат у справному стані. Це включає в себе проведення регулярних оглядів згідно з графіком, складеним заводом, що експлуатує апарат. Важливо дотримуватися встановлених процедур технічного обслуговування для забезпечення надійності та довговічності роботи апарата.

При огляді апарата необхідно:

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
						4
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- перевіряти герметичність рознімних з'єднань;
- стежити за станом зварених швів;
- стежити за станом люка-лазу;
- по мірі нагромадження конденсату видаляти його з апарата;
- очищати запобіжний клапан у зимовий час від снігу, інію й льоду.

Результати огляду й перевірки записувати в змінний журнал.

7.3 Ремонт

Ремонт – це сукупність заходів по відновленню працездатності обладнання до рівня надійної експлуатації.

Для організації ремонтних робіт перед їх початком проводиться комплексна організаційно-технічна та матеріально-технічна підготовка. Головний механік підприємства має взаємодіяти з різними службами, такими як бюро планування профілактичних оглядів та ремонтів (ППР), конструкторське бюро та інші, для забезпечення належного ходу цього процесу. Завдання головного механіка включає в себе: розроблення річних та місячних планів-графіків профілактичних оглядів і ремонтів; облік і паспортизацію всього обладнання з присвоєнням кожній машині (агрегату) інвентарного номеру та заведення „формуляру” машини (агрегату); облік технологічного стану обладнання у виробничих цехах із заповненням змінним персоналом журналу прийому-здачі змін; технічні вказівки на капітальний та середній ремонт з комплектом ремонтних креслень, а також каталог деталей та складальних одиниць; наявність норм витрат запасних деталей і матеріалів.

Перед початком ремонтних робіт необхідно провести організаційно-технічну та матеріально-технічну підготовку. Головний механік підприємства повинен через свої служби (бюро ППР, конструкторське бюро та ін.) забезпечити розроблення річних та місячних планів-графіків профілактичних оглядів і ремонтів. Також важливо провести облік і паспортизацію всього обладнання,

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
						5
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

присвоївши кожній машині (агрегату) інвентарний номер та заповнивши "формуляр" машини (агрегату).

Облік технічного стану обладнання у виробничих цехах також важливий, і його слід вести за допомогою журналу прийому-здачі змін. Технічні вказівки на капітальний та середній ремонт повинні бути підготовлені з комплектом ремонтних креслень, а також каталогом деталей та складальних одиниць. Важливо мати наявність норм витрат запасних деталей і матеріалів.

Річний план-графік ремонту повинен бути складений для кожної одиниці обладнання на основі даних обліку роботи, відображених у "формулярі" машини, структури і тривалості міжремонтного циклу та відпрацьованого часу за період від останнього планового ремонту обладнання.

Під час ремонтних робіт важливо виконувати операції, такі як чищення і миття обладнання, розбирання машини на вузли та деталі, чищення та миття вузлів і деталей, дефектація та сортування деталей, відновлення або заміна зношених деталей, балансування роторів, збирання машини та проведення індивідуальних випробувань перед здачею в наладку.

Перед початком ремонту обладнання досконало миють та очищують від залишків продукту, змащення та інших забруднень. Поверхні, які контактують із продуктами, чистять щітками та йоржами, миють гарячими розчинами кальційованої або каустичної соди, гарячою водою та обробляють парою. Для чищення картерів обладнання їх промивають гарячим маслом, гасом і гарячою водою.

Перед початком розбирання обладнання критично важливо визначити особливості його конструкції та розробити детальний порядок розбирання. Особливу увагу слід приділити встановленню призначення та взаємодії окремих вузлів та деталей. Першочерговою задачею є зняття тих деталей та збіральних одиниць, які можуть перешкоджати подальшому розбиранню. У випадку складного за конструкцією обладнання, розбирання виконується за наступним порядком: спочатку демонтується на групи складальних одиниць, групи розбираються на окремі збірні одиниці, а збірні одиниці розкладаються на окремі

						Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			6

деталі. При складанні деталей важливо дотримуватися тієї самої послідовності, яку вони були зняті з машини.

Збирання деталей виконують у порядку, оберненому розбиранню. При цьому керуються допусками, приведеними в інструкціях заводу-виготовлювача, та технічним умовам на виготовлення, комплектування та поставку.

Проведення ремонту обладнання проводять у такій послідовності:

- 1) Основні можливі несправності та заходи для їх усунення.
- 2) Застосовувані пристрої, інструменти, матеріали.
- 3) Здача в експлуатацію після ремонту.

Експлуатація апарату повинна проходити у такій послідовності:

- 1) Підготовка обладнання до запуску.
- 2) Запуск обладнання.
- 3) Управління обладнанням.
- 4) Зупинка обладнання.

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
						7
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8. СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ

При виборі системи контролю і автоматичного регулювання особливу увагу приділяємо вибору шкали приладів і закону регулювання, а також вибору комплектності пристроїв. При виборі апаратури враховується клас точності вимірювальної схеми, надійність роботи всієї системи, а також її ціну.

На основі всього вищесказаного і розробленої схеми автоматизації, вибираємо прилади і засоби автоматизації і заносимо їх в задану специфікацію на прилади і засоби автоматизації.

Метою кип'ятіння сусла з хмелем є стабілізація його складу і ароматизація його хмелем. При кип'ятінні сусла з хмелем протікає ряд важливих процесів: розчинення та перетворення компонентів хмелю; утворення та коагуляція білкових та дубильних речовин; випарювання води; стерилізація сусла; руйнування всіх ферментів; підвищення колірності та кислотності сусла; утворення редукуючих речовин; зменшення вмісту ДМС та інших летких речовин. Процес кип'ятіння триває 1,5 – 2 год.

В сусловарильному апараті необхідно забезпечити заданий температурний режим. З цією метою використовується термоелектричний перетворювач 1а, який реагує на зміну температури і передає сигнал на вторинний прилад, автоматичний міст 1б, який в свою чергу показує і реєструє вимірювальну температуру.

Ключ керування SA4 дає змогу керувати процес підтримання температури в ручному режимі і автоматичному. Для керування в автоматичному режимі використовують регулятор 1в, який подає регулюючий сигнал на виконавчий механізм 1г. В ручному режимі регулювання ведеться з станції ручного керування SB4, з якої також впливають на електричний виконавчий механізм 1г.

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Ярмола Р.О.			Система управління	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		Марцинкевич Л.В					1	2
<i>Реценз.</i>						ПФ НУХТ гр. 5-МАЗ		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		Гавва О.М.						

Для спостереження за тиском в середині сушварильного апарату використовуємо манометр технічний загального призначення 2а.

Для контролю за рівнем сусли в апараті встановлюємо датчик рівня 3а, який реагує при досягненні сусли необхідного рівня і електричний сигнал від нього поступає на перетворювач 3б, де відбувається перетворення електричного сигналу у пневматичний, а потім поступає на вторинний прилад системи «Старт» 3в з вбудованою станцією керування і ПІ-регулятором 3г. Байпасная панель 3д дає змогу керувати процесом як в ручному режимі так і в автоматичному. Для керування в автоматичному режимі використовують регулятор 3г. В ручному режимі регулювання ведеться з байпасної панелі, з якої також впливають на виконавчий механізм 3е. В автоматичному режимі керування прилад 3в виробляє регульовальний сигнал і передає його на мембранний виконавчий механізм 3е.

Кількість введеного хмелю дозволяє визначити індукційний витратомір 4а з пневматичною дистанційною передачею 4б, і вторинний прилад системи «Старт» 4в з вбудованою станцією керування і ПІ-регулятором 4г. Байпасна панель 4д дає змогу керувати процес як в ручному режимі так і в автоматичному. Для керування в автоматичному режимі використовують регулятор 4г. В ручному режимі регулювання ведеться з байпасної панелі, з якої також впливають на мембранний виконавчий механізм 4е.

Для того, щоб визначити кількість пари, на паропроводі встановлюємо індукційний витратомір 5а з пневматичною дистанційною передачею 5б, і вторинним приладом системи «Старт» 5в з вбудованою станцією керування і ПІ-регулятором 5г. Байпасна панель 5д дає змогу керувати процес як в ручному режимі так і в автоматичному. Для керування в автоматичному режимі використовують регулятор 6г. В ручному режимі регулювання ведеться з байпасної панелі, з якої також впливають на виконавчий механізм 6е.

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
						2
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ

Загальні вимоги з охорони праці визначають стандартні принципи та правила, спрямовані на забезпечення безпеки та здоров'я працівників під час трудової діяльності. Основні положення можуть включати такі елементи:

- загальна політика охорони праці: розробка та впровадження системи управління охороною праці, запровадження принципів узгодження безпеки та виробництва.
- відповідальність та обов'язки: чітке визначення відповідальності керівництва та працівників за безпеку та здоров'я на роботі.
- оцінка ризиків: проведення оцінки ризиків для ідентифікації можливих небезпек та прийняття заходів з їх усунення.
- планування та організація робіт: розробка та впровадження процедур та інструкцій безпеки для різних видів робіт, забезпечення відповідних умов праці та необхідного обладнання.
- навчання та інформація: забезпечення навчання працівників щодо правил та процедур безпеки, забезпечення доступу до інформації про безпеку на роботі;
- контроль та вимірювання: встановлення системи контролю за виконанням норм та стандартів безпеки, проведення періодичних аудитів та інспекцій.
- надання персональних засобів захисту: забезпечення працівників необхідними засобами індивідуального та колективного захисту.
- медичне обслуговування та допомога: забезпечення доступу до медичних обстежень та допомоги. ведення документації щодо травм та захворювань, пов'язаних з роботою.
- екстрені заходи: розробка та впровадження плану дій у випадку аварій та надзвичайних ситуацій.

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Ярмола Р.О.			Охорона праці та техніка безпеки	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		Марцинкевич Л.В.					1	7
<i>Реценз.</i>						ПФ НУХТ гр. 5-МАз		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		Гавва О.М.						

Ці загальні вимоги з охорони праці мають на меті створення безпечного та здорового робочого середовища для всіх працівників та максимальне зниження ризиків, пов'язаних із трудовою діяльністю.

З метою створення безпечних і нешкідливих умов праці у кожному структурному підрозділі та на кожному робочому місці керівник підприємства (власник) повинен створити систему управління охороною праці і забезпечити її ефективне функціонування.

Система управління охороною праці (СУОП) є складовою частиною управління підприємствами, яка включає прогнозування і планування, організацію роботи, координацію і регулювання, активацію і стимулювання, контроль, облік і аналіз.

Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів у варильному цеху.

Перелік шкідливих і небезпечних виробничих чинників надано в формі таблиці 9.1.

Таблиця .91. Перелік шкідливих і небезпечних виробничих чинників

Шкідливі і небезпечні виробничі чинники	Джерела їх виникнення
Шум	Вентиляційна система, технологічне обладнання
Електрична напруга (380, 220 В)	Щит управління, електроприводи
Вибухо-пожежонебезпека -категорія В	Цех по виробленню пива
Запиленість зернопродуктами	Ділянка дроблення

Шум, вібрація

До джерел шуму у варильному цеху відносяться вентиляційні установки, електродвигуни, насоси, технологічне обладнання.

Для боротьби з виробничим шумом і вібрацією використовують звуко- і віброізоляцію, застосовують поліпшене будівельне оснащення, для заходів по зниженню цих показників.

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

Найбільш простим і ефективним способом зниженню шуму є оснащення виробничих приміщень звукоізолюючими кожухами, дія яких базується на здатності матеріалів і конструкцій поглинати звук. По структурним ознакам ці матеріали поділяються на пористо-волокнисті, пористо-щільникові.

Повітря робочої зони

Категорія робіт, що виконується, за енергетичними витратами відноситься до II б. Оптимальні та допустимі параметри мікроклімату виробничого приміщення надані в таблиці 9.2.

Значення оптимальних та допустимих параметрів мікроклімату.

Період року	Категорія робіт по енерговитратах	Температура, ОС	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодний	II б	допустимі		
		15 ... 21	Не більш 75	0,4
		оптимальні		
		17...19	40...60	0,2
Теплий	II б	допустимі		
		16...27	Не більш 65	0,2 ... 0,5
		оптимальні		
		20...22	40 ...60	0,4

Вентиляція

В приміщенні цеху передбачена система вентиляції і опалювання. Вентиляція – природна і штучна. Механічна вентиляція - загальнообмінна, припливно-витяжна, місцева і аварійна. Вид опалювання - центральний.

Освітлення: природне та штучне

У варильному цеху, де і розташований сушварильний апарат, застосовується природне і штучне освітлення, тобто передбачено робоче і аварійне освітлення. У денний час застосовується комбінована система природного освітлення, тобто поєднання, яке передбачає проникнення денного світла в приміщення через світлові прорізи в зовнішніх стінах будівлі.

Штучне освітлення - загальне рівномірне. Як джерела світла використовуємо люмінесцентні лампи типу ЛБ 80-2. Тип світильника Н4Т4Л.

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

Загальне освітлення виконано у вигляді ліній, що перериваються, світильників прямого світла (П) з дзеркальними екранними сітками і відбивачами.

Норма освітленості у варильному цеху.

Розряд зорової роботи	Характеристика	Підрозряд	Освітленість (комбінована система), Лк	Освітленість (загальна систем), Лк
7	Загальний нагляд за ходом виробничого процесу	а		200
		б		75
		в		50
		г		20

Випромінювання

У варильній зоні має місце теплове випромінювання.

Для захисту від теплового випромінювання застосовуються засоби колективного та індивідуального захисту.

Основними методами колективного захисту є: теплоізоляція робочої поверхні джерел випромінювання теплоти, екранування джерел або робочих місць, повітряне душення робочих місць, загальнообмінна вентиляція, кондиціонування.

Засоби захисту від теплового випромінювання повинні забезпечувати:

- теплове опромінення на робочих місцях не більше $0,14 \text{ Вт/м}^2$, температуру
- поверхні обладнання не більше 35°C при температурі всередині джерела теплоти до 100°C і 45°C при температурі всередині джерела теплоти більше 100°C .

Електробезпека

Варильний цех характеризується як приміщення з підвищеною небезпекою. Через наявність високої вологості (відносна вологість перевищує 75%); струмопровідних підлог (металевих, земляних, залізобетонних, цегляних і т. д.); високої температури (тривалий час перевищує 30°C); можливості одночасного

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

дотику людини до яких з'єднання з землею металокопструкцій будинків, технологічним апаратам ,механізмам і т. д. і до металевих корпусів електрообладнання.

Параметри електричної мережі: рід струму - змінний, напруга в мережі – 220/380 В; частота - 50 Гц. Клас приміщення по ступеню небезпеки ураження електричним струмом - II. Режим нейтралі живлячої мережі - трифазна чотирьох провідна мережа із заземленою нейтраллю .

Для захисту від ураження електричним струмом використовують захисні засоби. До них відносяться стаціонарні в переносні заземлення й огороження, переносні показники напруги, переносні пристосування й пристрої, що забезпечують захист людей від падіння з висоти, протигази, захисні окуляри, гумові діелектричні рукавички, боти, калоші, килимки і т. д.

Пожежна безпека

Пожежна безпека варильного цеху повинна відповідати вимогам Закону України Про пожежну безпеку, Правил пожежної безпеки в Україні, та вимогам відповідних нормативних актів.

По вибухо-пожежонебезпеці варильний цех відноситься до категорії D.

Ступінь вогнестійкості II. Зона класу приміщення - II Па. Допустимий рівень вибухозахисту і мінімальний ступінь захисту оболонки електричних машин - IP44. Обов'язкові засоби пожежогасіння є вогнегасники, які наведені у табл. 9.5.

Таблиця.9.5. Первинні засоби пожежогасіння

Приміщення	Первинні засоби (найменування, тип)	Кількість шт.	Вогнегасна дія
Виробничі приміщення, які належать до категорії D	Вуглекислоті вогнегасники ручні ВВК - 5	4	Ізоляція та охолодження

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

Для захисту від атмосферної електрики визначена категорія блискавкозахисту - II. Як захист від прямих ударів блискавки та її вторинних проявів передбачене захисне заземлення по контуру.

Правила техніки безпеки при роботі із сусловарильним апаратом.

1. До роботи з сусло варильним апаратом не допускаються особи, які не вивчили будову, принцип роботи та правила експлуатації обладнання, а також не прослухали інструктажі з техніки безпеки.

2. Забороняється експлуатувати апарат, що має несправності, які можуть призвести до порушення нормальної роботи або аварії.

3. Ділянки обслуговування апарата і всіх його систем повинні бути достатньо освітлені, вільні від сторонніх предметів і забезпечувати вільний доступ до місць обслуговування.

4. Забороняється під час роботи апарата проводити демонтажні та ремонтні роботи, а також будь-які інші операції, які можуть призвести до травмування обслуговуючого персоналу або до аварії.

5. Забороняється торкатись не ізольованих частин апарата без спецодягу.

6. Так як апарат працює під надлишковим тиском та при підвищеній температурі, необхідно стежити за показами контрольно – вимірювальної апаратури.

7. Перед початком роботи необхідно:

а) провести ретельний зовнішній огляд апарата і видалити сторонні предмети з місць обслуговування;

б) перевірити надійність з'єднань всіх видів комунікацій, відсутність протікання пари, рідини і мастила;

в) перевірити справність контрольно-вимірювальних приладів;

г) перевірити наявність води в магістралі;

д) всі несправності, що виявлено у процесі підготовки, до роботи, повинні бути ліквідовані.

Висновок і рекомендації щодо покращенню умов праці

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
						6
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Під час трудової діяльності людину впливають різноманітні параметри виробничого середовища, такі як температура, вологість, рух повітря, шум, вібрація, наявність шкідливих речовин, випромінювання та інші. Усі ці фактори узагальнюються в понятті "умови праці". Фізіологічне забезпечення трудової діяльності, тобто здатність людини витримувати відповідне навантаження на енергетичному, фізичному, біохімічному, нервово-психічному та емоційному рівнях, визначає рівень дієздатності. Це важливий аспект, що впливає на продуктивність праці.

Отже, ефективність праці залежить від того, наскільки ефективно використовується енергія та ресурси людського організму протягом робочого часу. Збільшення працездатності сприяє підвищенню продуктивності праці, оскільки людина може більш ефективно виконувати свої трудові обов'язки.

Даний цех відповідає вимогам, які встановлюються охороною праці, висока температура, зумовлена використанням теплообмінних апаратів, ефективно знижується завдяки вентиляції, рівень шуму зменшується завдяки використанню амортизаторів. Працівники добре захищені від можливих травм, та впливу інших небезпечних чинників, які зменшують працездатність людини.

Поліпшення умов і охорони праці дуже вагомо впливають як на економічні так і на соціальні результати виробництва. Комфортні умови праці сприяють високій працездатності. Механізація і автоматизація виробничих процесів, удосконалення технології, скорочення і ліквідація важкої ручної праці є важливим фактором високої працездатності і продуктивності праці.

Рекомендації щодо організації на підприємстві:

- вдосконалення управління охороною і безпекою праці в організаціях;
- застосування сучасних засобів індивідуального і колективного захисту приладів контролю шкідливих небезпечних речовин у робочій зоні;
- провадження системи сертифікації організації робіт з охорони праці.

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
						7
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10. ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ

Так, при виробництві пива формуються різні види відходів та вторинних продуктів, які потребують відповідного управління та утилізації для забезпечення екологічності та відповідності стандартам видалення відходів. Деякі з них включають:

- забруднені стічні води: вода, використувувана у процесі виробництва пива, може стати забрудненою різними хімічними речовинами та органічними компонентами, і потребує обробки перед виливанням в систему каналізації або повернення в навколишнє середовище.
- пивна та хмелева дробина: залишки сировини, такі як використана пивна та хмелева дробина, можуть бути використані як корм для тварин або в процесах виробництва біогазу.
- осад висівок гарячого суслу (білковий відстій): цей відстій може бути використаний у виробництві комбікормів або в якості добрива.
- залишкові пивні дріжджі: застосовуються у виробництві дріжджових продуктів, як корм для тварин або у виробництві етилового спирту.
- залишки етикеток: використовуються для переробки в сировину або вторинний використання.
- продукти згоряння з парової котельні: вироблені відпрацьовані гази можуть піддаватися очищенню перед викиданням у повітря.
- шум: звуковий відпрацювання на певних ділянках виробництва може вимагати дотримання норм та стандартів щодо шумового забруднення.

Коректне управління та утилізація цих відходів є важливою частиною сталого виробництва в галузі пивоваріння.

Так, ефективне управління та мінімізація водних втрат та забруднення важливі для сталого виробництва в пивоварінні. Виробництво пива потребує

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Ярмола Р.О.			Охорона довкілля	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		Марцинкевич Л.В					1	5
<i>Реценз.</i>						ПФ НУХТ гр. 5-МАЗ		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		Гавва О.М.						

значних об'ємів води, і управління цим ресурсом є ключовим аспектом сталості в галузі. Виходячи з практики можна припустити, що для приготування 1 гл готового пива витрати води без урахування стічних вод складуть близько 1,8 - 2,5 гл. Це означає, що при загальному споживанні води 6 гл на 1 гл пива утворюється близько 3,5 - 4,2 гл стічних вод/гл пива, а при більш низькому споживанні утворюється відповідно менше стічних вод.

В ході технологічного процесу в воду потрапляють різні речовини в розчиненому або не розчиненому стані. В стічних водах пивоварних підприємств знаходяться: залишки сусла та пива, промивні води із залишками помелу та хмелю, стічні води зі станцій СП, стічні води із вмістом кізельгуру тощо.

Ці речовини поступово збільшують концентрацію забруднень у стічних водах. Перемноживши середньозважену концентрацію забруднень на об'єм стічних вод, отримаємо загальну кількість забруднень, які потрапляють до стічних вод. Ці забруднення у стічних водах вимагають значних потужностей очисних споруд і визначають поточну вартість очистки у вигляді підвищення податку за викиди промислових стоків. З метою зекономлення ресурсів необхідно вживати заходи щодо зменшення кількості цих забруднень, зокрема заходи щодо утримання забруднень, які містяться у стічних водах, і переходу на оборотне водопостачання.

Очищення стічних вод.

У стічних водах міститься розмаїття речовин, які здатні розкладатися за участю мікроорганізмів. Ці мікроорганізми залежать від кисню, і, отже, ефективно можна очищувати стічні води, подаючи повітря в значній кількості. Цей процес призводить до утворення активного мулу, насиченого аеробними мікроорганізмами. Такий метод відомий як аеробна очистка води. Оскільки повітря не проникає в стічні води самостійно, для його введення потрібна додаткова енергія.

Якщо здійснювати очистку без подачі повітря, стічні води будуть повільно очищатися завдяки дії гнилisних бактерій. У цьому процесі спочатку відбувається гідроліз, що призводить до утворення органічних кислот, а наступно, в ході

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
						2
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

метанового бродиння, утворюється метан. Такий метод відомий як анаеробна очистка води. Порівняно з аеробною очисткою, ефективність очищення стічних вод від забруднень у цьому випадку менше, а відповідно кількість осаду більша. При цьому виникає метан, який можна використовувати для отримання енергії при його спалюванні.

І аеробний і анаеробний способи використовується на практиці, причому більш сучасні установки зазвичай є анаеробними, з наступним підключенням аеробної ступені.

Пристрої та установки для аеробної очистки.

Існує дуже багато різноманітних пристроїв та установок для аеробного очищення стічних вод, котрі можна розділити на три групи.

1. Басейни та озера з активним мулом.

Ці споруди представляють собою великі басейни довжиною до 50 м та глибиною більше 3 м, в яких стічні води за допомогою аеруючих пристроїв насичується киснем. Одночасно ці аератори забезпечують однорідність стоків і запобігають осадження мулу.

2. Спеціальні реактори

Ці установки, в яких стічні води піддають інтенсивній аерації; виникаючий при цьому мул видаляється за допомогою відповідних пристроїв.

Пристрої для анаеробної очистки складаються більшою частиною з великих циліндричних або циліндроконічних біореакторів, в котрих при постійній температурі протікає процес гниття. При цьому процесі розпадається на декілька фаз, в кінці котрих головним чином отримується метан (біогаз).

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
						3
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис 10.1



Рис 10.2

При використанні даного методу очищення стічних вод важливе рівномірне завантаження обладнання, і висувуються високі вимоги до кваліфікації та доброзичливості персоналу, оскільки анаеробні бактерії є вкрай вимогливими до свого харчування.

Вуглеводний баланс при анаеробному методі відрізняється від аеробного: якщо при аеробному способі близько 50% вуглеводів може бути збережено, то при анаеробному методі можна отримати більше 90% у вигляді метану, що може бути використано в енергетичних цілях.

На пивоварних підприємствах для очищення стічних вод все більше поширюється використання анаеробних установок з подальшим підключенням аеробної ступені для оптимізації процесу.

Очищення стоков із використанням змішувачів і розподільчих басейнів

Змішувальний та розподільчий басейн складається з:

- Круглого басейну по типу силосної ємкості;
- Завантажувального аератора для аерації та перемішування;
- Системи керування для проведення аерації та очистки;
- Пристрій для регулювання зливу.

При цьому розрізняють два основних типи установок:

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

Тип А – установки без повернення біомаси, котра в цьому разі змивається стічною водою. На підприємстві з не дуже сильно забрудненими стоками при цьому монтуються:

- Невеликий басейн з ємкістю, розрахованою на добовий стік;
- Великий басейн з ємкістю, розрахованою на недільний стік.

Тип В – установки із затримкою біомаси, монтуються у вигляді:

- Басейна, розрахованого на добовий стік;
- Басейна, розрахованого на недільний стік.

Наведені приклади наводять коротку характеристику серйозності проблем, що виникають перед пивоварними підприємствами, і вказують на шляхи їх вирішення. Зокрема, проблеми захисту навколишнього середовища та видалення відходів стають все більш актуальними. Прогнозується, що більшість сміттєзвалищ в Україні буде переповнена, і підприємства будуть зобов'язані самостійно вирішувати питання видалення своїх відходів або запобігання їх утворенню.

У цьому контексті кожен виробник пива бере на себе відповідальність за максимальне зниження відходів у виробництві.

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
						5
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В ході виконання кваліфікаційної роботи на ОС Бакалавр було проведено огляд пивоварної галузі, проведено аналіз конструкцій різноманітних сусліварильних апаратів та технологічних рішень процесу сусліваріння, що дозволило визначити напрямок подальшої модернізації апарата. Проведена модернізація дає можливість суттєво вдосконалити роботу сусліварильного апарату та покращити якість готового продукту. При цьому:

- зменшується тривалість кип'ятіння сусла, а отже і зменшення затрат на проведення даного процесу;
- суттєво збільшилась проща розпилення сусла;
- забезпечується ефективно видалення небажаних ароматичних з'єднань, зокрема диметилсульфіду.

Були проведені розрахунки основних параметрів апарата, вибрані конструкційні матеріали, виконаний технологічний маршрут деталі «Трубчаста решітка» із розрахунками основних технологічних операцій, висвітлені питання монтажу, ремонту та експлуатації, а також заходів з охорони праці та охорони довкілля.

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Висновки	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Розроб.</i>		Ярмола Р.О.					1	1
<i>Перевір.</i>		Марцинкевич Л.В						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		Гавва О.М.						
						ПФ НУХТ гр. 5-МАЗ		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Методичні рекомендації до виконання випускової кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування» освітньо-професійної програми «Інжиніринг харчових та біотехнологічних виробництв» денної та заочної форм навчання [Електронний ресурс] / укладачі : В. Г. Мирончук, М. В. Якимчук, О. М. Гавва, Р. Л. Якобчук, Є. М. Бабко ; Національний університет харчових технологій. – Київ : НУХТ, 2022. – 48 с.
2. Яцун М. А. Експлуатація та діагностування електричних машин і апаратів : навч. посібник / М. А. Яцун, А. М. Яцун. – Львів : Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2010. – 28 с.
3. Заплетніков, І.М. Експлуатація і обслуговування технологічного обладнання харчових виробництв (текст): навч.посіб. / І.М. Заплетніков, В.Г.Мирончук, В.М. Кудрявцев. – К.: «Кафедра», «Центр учбової літератури», 2012. –344 с.
4. Мирончук, В.Г. Монтаж та технічний сервіс обладнання: навч.посіб. / В.Г.Мирончук, Д.М.Люлька, О.А.Єщенко, О.І.Свідерська. За ред. В.Г. Мирончука – К:НУХТ, 2017. – 162 с.
5. Сухенко Ю. Г. Технологічні основи машинобудування. Лабораторний практикум: навч. посіб. / Ю. Г. Сухенка, Ю. І. Бойко – К.: НУХТ, 2009. – 262 с.
6. Бойко Ю.І., Литвиненко О.А. Технологія машинобудування. Курсове проектування: навч. посіб. – К.: НУХТ, 2018. – 285 с.
7. Kunze W. Technology Brewing And Malting. 5th English Edition / W. Kunze. - VLB Berlin. - 935 pages.

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Список використаної літератури	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Розроб.</i>		Ярмола Р.О.					1	2
<i>Перевір.</i>		Марцинкевич Л.В						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		Гавва О.М.						
						ПФ НУХТ гр. 5-МАЗ		

8. Чепелюк О.М. Інноваційне обладнання харчових виробництв [Електронний ресурс]: конспект лекцій для здобувачів освітнього ступеня «Магістр» спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» освітньо-Професійної програми «Інжиніринг харчових виробництв» денної і заочної форм навчання / уклад. О.М.Чепелюк, В.І.Теличкун, С.О.Удодов - К.: НУХТ, 2022. - 438 с.

9. Домарецький В.А. Технологія солода та пива: Підруч. / В.А. Домарецький. - Київ: Інкос, 2004. - 426 с.

10. Тепломасообмінні процеси та обладнання переробного та харчового виробництва: навчальний посібник / І.П. Паламарчук, П.С. Берник, З.А. Стоцько та ін. - Львів: Видавництво "Бескид Біт", 2006. - 368 с.

11. Соколенко, А. І. Транспортно-технологічні системи пивзаводів / А. І. Соколенко, А. І. Українець, В. А. Піддубний ; за ред. А. І. Соколенка. - Київ : АртЕк, 2002. - 304 с.

12. Handbook of Food Processing Equipment. Second Edition / George Saravacos, Athanasios E. Kostaropoulos. - Springer International Publishing Switzerland, 2016 - 775 p.

13. Food Process Engineering and Technology, Third Edition / Zeki Berk. - Academic Press, 2018. - 744 p.

14. Куц А.М., Кошова В.М. Технологія бродильних виробництв: Конспект лекцій з дисц. «Загальні технології харчової промисловості» для студ. ден. та заоч. форм навчання напряму підготовки 6.051701 “Харчові технології та ін-женерія”. – К.: НУХТ, 2011. — 156 с.

15. Загальні технології харчових виробництв: підруч. / В. А. Домарецький, П. Л. Шиян, М. М. Калакура, Л. Ф. Романенко, Л. М. Хомічак, О. О. Василенко, І. В. Мельник, Л. М. Мельник. — К.: Університет «Україна», 2010. — 814 с.

					Кв.Р.133. Б61АОХз9018.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2